«ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ»

«ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ»

«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Χρήση εργαλείων οπτικοποίησης και τρισδιάστατης απεικόνισης στη διδασκαλία της Βιολογίας»

Ζαφειροπούλου Αργυρούλα

Βιολόγος

Α.Μ. 7113122000013

κ. Ισιδώρα Παπασιδέρη

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Αθήνα 2022

«ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ»

«ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ»

«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Χρήση εργαλείων οπτικοποίησης και τρισδιάστατης απεικόνισης στη διδασκαλία της Βιολογίας»

Ζαφειροπούλου Αργυρούλα

Βιολόγος

Α.Μ. 7113122000013

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

κ. Ισιδώρα Παπασιδέρη, Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

κ. Παναγούλα Κόλλια, Καθηγήτρια

κ. Παναγιώτης Στασινάκης, Δρ. Βιολογίας

Αθήνα 2022

Περίληψη

Η εκπαίδευση στη Νέα Βιολογία καλείται να ανταποκριθεί στην πρόκληση του 21ου αιώνα για προσφορά υψηλής ποιότητας εκπαίδευσης και ουσιαστικής μάθησης. Επομένως, κρίνεται αναγκαία η ενίσχυση του επιστημονικού γραμματισμού των μαθητών/-τριών μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων εκπαιδευτικών προσεγγίσεων. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας οδήγησε στην ανάπτυξη πολύτιμων εκπαιδευτικών εργαλείων και βιοπληροφορικών πόρων που η αξιοποίηση τους στη διδακτική πράξη συμβάλλει στην επίτευξη βελτιωμένων μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη της συμβολής της μοριακής οπτικοποίησης των πρωτεϊνών στη διδασκαλία της Βιολογίας Β' τάξης Γενικού Λυκείου, στα πλαίσια των ενοτήτων που αφορούν στην υγεία του ανθρώπου, χρησιμοποιώντας τη διερευνητική μάθηση. Η διδακτική παρέμβαση έγινε με τη χρήση του εργαλείου iCn3D και το πλαίσιο μελέτης αποτέλεσε η γλυκοπρωτεΐνη S του ιού *Sars Cov-2*, εξαιτίας του ενδιαφέροντος που έχουν επιδείξει οι μαθητές/-τριες για την πανδημία Covid-19. Επίσης, εξετάστηκε η σχέση της μαθησιακής αποτελεσματικότητας με το φύλο των μαθητών/-τριών και τη συνεργασία τους στην ομάδα. Τέλος, διερευνήθηκαν οι απόψεις τους σχετικά με τον τρόπο ενημέρωσης τους για την εξέλιξη της πανδημίας Covid-19 και σχετικά με το μάθημα της Βιολογίας, τη διδακτική παρέμβαση και τη χρήση του λογισμικού iCn3D.

Στην έρευνα συμμετείχαν ογδόντα τρεις μαθητές/-τριες της Β' τάξης Γενικού Λυκείου των νοτίων προαστίων του νομού Αττικής κατά το σχολικό έτος 2021-22. Ο ερευνητικός σχεδιασμός που χρησιμοποιήθηκε είναι ένας οιονεί πειραματικός σχεδιασμός προελέγχου - μεταελέγχου. Τα ευρήματα της έρευνας είναι αρκετά ενθαρρυντικά καθώς έδειξαν σημαντική βελτίωση της κατανόησης των σχετικών βιολογικών εννοιών. Δεν εντοπίστηκε σχέση μεταξύ της μαθητικής επίδοσης και του φύλου ή/και της συνεργατικότητας. Οι απόψεις των μαθητών/-τριών ήταν θετικές, καθώς θεώρησαν τη διδακτική παρέμβαση ενδιαφέρουσα, τη συνεργασία τους πολύ αποτελεσματική και το λογισμικό ενδιαφέρον και με θετική συμβολή στην κατανόηση των εννοιών της σχετικής θεωρίας και στη γνώμη τους για το μάθημα της Βιολογίας.

Η ανάπτυξη διαδραστικών εργαλείων οπτικοποίησης των βιομορίων, παρέχουν νέα μαθησιακά περιβάλλοντα αυθεντικής εμπειρίας και υψηλού βαθμού εννοιολογική κατανόηση. Η διδασκαλία των μοριακών δομών προϋποθέτει την εκμάθηση του βέλτιστου τρόπου χρήσης τους και καθώς το ενδιαφέρον της έρευνας μετατοπίζεται προς ένα δυναμικό μοντέλο διδασκαλίας, θα πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά ο τρόπος εφαρμογής τους. Αν τα ευρήματα των σχετικών ερευνών αξιοποιηθούν κατάλληλα, η συνεισφορά τους μπορεί να κάνει τη διδασκαλία του οπτικού γραμματισμού ουσιαστική, μεγιστοποιώντας τη μάθηση και την επικοινωνία στη διδασκαλία της Βιολογίας.

Λέξεις - Κλειδιά: Νέα Βιολογία, Βιολογία Β' Λυκείου, μοριακή οπτικοποίηση, διερευνητική μάθηση, λογισμικό iCn3D, πρωτεΐνη.

Abstract

New Biology education is called upon to meet the 21st century challenge of offering high quality education and meaningful learning. Therefore, it is necessary to strengthen the scientific literacy of students through appropriately designed educational approaches. The rapid development of technology has led to the development of valuable educational tools and bioinformatics resources whose utilization in teaching practice contributes to the achievement of improved learning outcomes. The aim of this research is to study the contribution of the molecular visualization of proteins to the teaching of Biology in the 2nd grade of General Lyceum, in the context of the units related to human health, using exploratory learning. The iCn3D tool was used in the teaching intervention and the study framework was the glycoprotein S of the Sars Cov-2 virus, due to the interest shown by the students in the Covid-19 pandemic. Also, the association between learning effectiveness and gender as well as working in groups was examined. Finally, students' opinions were explored regarding how they were informed about the evolution of the Covid-19 pandemic as well as the Biology course, teaching intervention and the use of the iCn3D software. Eighty-three students of the 2nd grade of a General Lyceum of the southern suburbs of the prefecture of Attica during the 2021-22 school year participated in the research. A pretest-posttest quasi-experimental design was implemented for the purposes of the current study. The findings of the current research are quite encouraging as it was demonstrated a significant improvement in the understanding of relevant biological concepts. Nevertheless, there was no correlation regarding student performance and gender or working in groups. On the other hand, students' opinions were considered positive since it was suggested that the teaching intervention was interesting; and working in groups was efficient. Moreover, it was proposed that software use contributed in their understanding of the relevant theoretical concepts as well as in their opinion regarding the module of Biology. The development of interactive visualization tools of biomolecules provides new learning environments of authentic experience and a high degree of conceptual understanding. Teaching molecular structures requires learning regarding efficient use since research interest shifts to a dynamic teaching model. Therefore, the way teaching molecular structures may be applied should be considered carefully. If the findings of relevant research are properly applied, their contribution can make the teaching of visual literacy essential, maximizing learning and communication in teaching Biology.

Key words: New Biology, 2nd Grade Biology, molecular visualization, exploratory learning, iCn3D software, protein.

Πρόλογος

Η επανάσταση στο χώρο των ΤΠΕ διαμορφώνει για το σύγχρονο άνθρωπο ένα νέο διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Στην αναδυόμενη Κοινωνία της Πληροφορίας, κύριο γνώρισμα αποτελεί η μεγάλη προστιθέμενη αξία της πληροφορίας, η οποία διαχέεται με τη χρήση των τεχνολογικών μέσων, αναβαθμίζοντας όλους τους τομείς της ζωής μας. Ταυτόχρονα διαμορφώνεται ένα νέο περιβάλλον επικοινωνίας, καθώς μέσω των υπηρεσιών του διαδικτύου οι αποστάσεις εκμηδενίζονται και τα τεχνολογικά μέσα γίνονται παράθυρα σε ένα παγκόσμιο χωριό (Αναστασιάδης κ. συν., 2002).

Οι αλλαγές στην κοινωνία και οι νέες τάσεις που διαμορφώνονται εξαιτίας της εξέλιξης της τεχνολογίας οδηγούν και στον μετασχηματισμό του τοπίου της εκπαίδευσης (Μπράτιτσης, 2013). Το νέο όραμα του εκπαιδευτικού σχεδιασμού είναι η ενίσχυση της εκπαίδευσης και της δια βίου μάθησης και ο εκσυγχρονισμός της επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης. Αυτό είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί μέσω της Ψηφιακής Κουλτούρας Μάθησης, με επίκεντρο το/-η μαθητή/-τρια και βασικούς άξονες την παροχή γενικής παιδείας και την ανάπτυξη μαθησιακών δεξιοτήτων και στάσεων που απαιτούν οι προκλήσεις του 21^{ου} αιώνα (Υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης, 2020).

Στα πλαίσια της αναγκαιότητας δημιουργίας ενός δυναμικού μαθησιακού περιβάλλοντος ώστε η εκπαίδευση να παρακολουθεί την εξέλιξη της κοινωνίας, οι εκπαιδευτικοί στόχοι προσδιορίζονται εκ νέου και το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών στρέφεται σε καινοτόμες μεθόδους διδασκαλίας, ώστε να επιτευχθεί η αυτονομία της μάθησης και η σύνδεση της με τις σύγχρονες ανάγκες της αγοράς εργασίας και την ψηφιακή εποχή (Υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης, 2020). Με την υπολογιστική υποστήριξη της μάθησης εκσυγχρονίζεται το σύστημα ανάπτυξης δεξιοτήτων των μαθητών/-τριών μέσω της ενσωμάτωσης νέων μεθοδολογιών, ψηφιακών εργαλείων και υποστηρικτικών περιβαλλόντων. Η μάθηση δεν αποσκοπεί απλώς στην κατάκτηση της γνώσης αλλά στην ενίσχυση των μαθητών/-τριών, ώστε να έχουν την ικανότητα να αντεπεξέλθουν στις απαιτήσεις ενός τεχνολογικού κόσμου που μεταβάλλεται διαρκώς (Πολύδωρος, 2015).

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Ισιδώρα Παπασιδέρη, καθηγήτρια του Τμήματος Βιολογίας και Διευθύντρια επί σειρά ετών του ΔΠΜΣ «Διδακτική της Βιολογίας», για την τιμή που μου έκανε να αναλάβει την επίβλεψη της παρούσας μελέτης. Οι παιδαγωγικές της αρχές αποτέλεσαν κίνητρο για εμένα ώστε να επιλέξω το συγκεκριμένο πρόγραμμα και να εργασθώ μεθοδικά για την ολοκλήρωση του.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά την κ. Παναγούλα Κόλλια, καθηγήτρια του Τμήματος Βιολογίας, για τη συμμετοχή της στην τριμελή επιτροπή.

Απέραντη ευγνωμοσύνη οφείλω στον κ. Παναγιώτη Στασινάκη, Δρ. Βιολογίας, για την άριστη συνεργασία, την επιστημονική καθοδήγηση και την άμεση ανταπόκριση του στις δυσκολίες που συνάντησα κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της μελέτης.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στο διευθυντή και τους συνάδελφους της σχολικής μονάδας που ανήκω, οι οποίοι μου δημιούργησαν τις πιο ευνοϊκές συνθήκες για τη διεξαγωγή του ερευνητικού μέρους της μελέτης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους βασικούς συντελεστές αυτής της έρευνας, τους μαθητές και τις μαθήτριες, για την ενθουσιώδη συμμετοχή τους καθώς αποτελούν την πηγή της δύναμης που χρειάζομαι για να διαπραγματεύομαι στο δύσκολο και παράλληλα προκλητικό χώρο της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη 3

Abstract 4

Πρόλογος 5

Ευχαριστίες 6

Πίνακας Περιεχομένων 7

Κατάλογος Συντομογραφιών 11

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 13

ΚΕΦ.1 ΟΙ ΤΠΕ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ 15

1.1 Ορισμός των ΤΠΕ 15

1.2 Χρονολογικές φάσεις ένταξης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση 16

1.3 Μοντέλα εισαγωγής και ένταξης των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση 18

1.3.1 Το τεχνοκεντρικό μοντέλο 18

1.3.2 Το ολοκληρωμένο ή ολιστικό μοντέλο 18

1.3.3 Το πραγματολογικό μοντέλο 18

1.4 Θεωρίες μάθησης και νέες τεχνολογίες 19

1.4.1 Συμπεριφοριστικές- συνειρμικές θεωρίες 19

1.4.2 Γνωστικές θεωρίες μάθησης – Εποικοδομισμός 20

1.4.3 Κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις 22

1.4.4 Κοινωνικοκριτική – Μετασχηματιστική προσέγγιση 23

1.4.5 Κονεκτιβισμός 24

1.5 Η Επίδραση των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση 24

1.5.1 Πλεονεκτήματα της χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση 25

1.5.2 Μειονεκτήματα της χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση 26

1.6 Οι ΤΠΕ στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα 27

1.6.1 Η ένταξη των ΤΠΕ 27
1.6.2 Η επιμόρφωση εκπαιδευτικών 28
1.6.3 Το Ψηφιακό Σχολείο 29
1.7 Η χρήση των ΤΠΕ στις Επιστήμες της Φύσης (ΕτΦ) 30
1.8 ΤΠΕ και συνεργατική μάθηση (ΣΜ) 31
1.8.1 Πλεονεκτήματα της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας 32
1.8.2 Μειονεκτήματα της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας 33
1.8.3 Η συμβολή των ΤΠΕ στην ομαδοσυνεργατική διδασκαλία 34
ΚΕΦ.2 Η ΝΕΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΣΤΟΝ 21ο ΑΙΩΝΑ 35
2.1 Η αλλαγή Παραδείγματος 35
2.2 Το σύγχρονο μοντέλο διδασκαλίας και εκπαίδευσης της Βιολογίας 36
2.3 Οι προκλήσεις στη διδασκαλία της Βιολογίας 39
2.4 Η αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδασκαλία της Βιολογίας 41
ΚΕΦ.3 ΒΙΟΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ 42
3.1 Ορισμός Βιοπληροφορικής και διεπιστημονικότητα 42
3.2 Δομική Βιοπληροφορική 44
3.3 Βάσεις βιολογικών δεδομένων 45
3.4 Η Βιοπληροφορική στην ελληνική εκπαίδευση 45
ΚΕΦ.4 Η ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ 48
4.1 Ιστορική εξέλιξη 48
4.2 Ο ρόλος της οπτικοποίησης στη μάθηση 49
4.3 Τα μοντέλα ως διδακτικά εργαλεία στις ΕτΦ 50
4.4 Η συμβολή των μοντέλων στη διδασκαλία της Βιολογίας 51
4.4.1 3D εκτύπωση 51
4.4.2 Εικονική και Επαυξημένη πραγματικότητα 52
4.4.3 Κινούμενα σχέδια 52
4.4.4 Εικονικά εργαστήρια 53

4.4.5 Μοριακή Οπτικοποίηση 53
ΚΕΦ.5 Η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ 61
5.1 Η οριοθέτηση της έρευνας 61
5.2 Η σημασία της έρευνας 63
5.3 Ο σκοπός και τα ερευνητικά ερωτήματα 64
ΚΕΦ.6 Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ 66
6.1 Η ερευνητική προσέγγιση 66
6.2. Η ερευνητική μέθοδος 66
6.3 Ο σχεδιασμός της έρευνας 67
6.3.1 Τύπος δειγματοληψίας και δείγμα 67
6.3.2. Ο πειραματικός σχεδιασμός 68
6.3.3 Η διδακτική μέθοδος 69
6.4. Μεθοδολογικό υλικό και εργαλεία 71
6.4.1 Τα ερευνητικά εργαλεία συλλογής δεδομένων 71
6.4.2 Το λογισμικό iCn3D 79
6.4.3 Η ανάλυση του φύλλου εργασίας 86
6.5 Η εγκυρότητα και αξιοπιστία των ερευνητικών εργαλείων 109
6.6 Η ερευνητική διαδικασία 111
6.7 Η τεχνική ανάλυσης των δεδομένων 114
6.8 Ζητήματα Δεοντολογίας και Ηθικής 117
ΚΕΦ.7 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 119
7.1 Περιγραφική ανάλυση 119
7.2 Στατιστική ανάλυση 122
7.3 Συζήτηση αποτελεσμάτων 134
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 149
Ξενόγλωσσες 149
Ελληνόγλωσσες 164

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ..... 171

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Ερωτηματολόγιο Προελέγχου (Pre-test) 171

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Ερωτηματολόγιο Μεταελέγχου (Post-test)..... 176

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Φύλλο Εργασίας 182

Κατάλογος Συντομογραφιών

Εκπαίδευση		**Οργανισμοί/ Υπηρεσίες / Προγράμματα**	
ΠΕ	**Π**ρωτοβάθμια **Ε**κπαίδευση	**ΥΠΑΙΘ**	**Υ**πουργείο **Παι**δείας και **Θ**ρησκευμάτων
ΔΕ	**Δ**ευτεροβάθμια **Ε**κπαίδευση	**ΥΨΔ**	**Υ**πουργείο **Ψ**ηφιακής **Δ**ιακυβέρνησης
ΤΕ	**Τ**ριτοβάθμια **Ε**κπαίδευση	**ΠΙ**	**Π**αιδαγωγικό **Ι**νστιτούτο
ΠΣΔ	**Π**ανελλήνιο **Σ**χολικό **Δ**ίκτυο	**ΙΕΠ**	**Ι**νστιτούτο **Ε**κπαιδευτικής **Π**ολιτικής
ΑΠΣ	**Α**ναλυτικό **Π**ρόγραμμα **Σ**πουδών	**ΙΤΥΕ**	**Ι**νστιτούτο **Τ**εχνολογίας **Υ**πολογιστών και **Ε**κδόσεων
ΕτΦ	**Ε**πιστήμες **τ**ης **Φ**ύσης	**ΚτΠ**	**Κ**οινωνία **τ**ης **Π**ληροφορίας
ΘΜ	**Θ**εωρίες **Μ**άθησης	**ΕΣΠΑ**	**Ε**ταιρικό **Σ**ύμφωνο για το **Π**λαίσιο **Α**νάπτυξης
ΖΕΑ	**Ζ**ώνη **Ε**πικείμενης **Α**νάπτυξης		
ΠΜΑ	**Π**ροσδοκώμενο **Μ**αθησιακό **Α**ποτέλεσμα		
Επιστήμη και Τεχνολογία			
ΤΠΕ	**Τ**εχνολογία **Π**ληροφοριών και **Ε**πικοινωνιών	**UNESCO**	**U**nited **N**ations **E**ducational **S**cientific and **C**ultural **O**rganization - Εκπαιδευτική Επιστημονική και Πολιτιστική Οργάνωση των Ηνωμένων Εθνών
2D/3D	**Δι**-σδιάστατη και **τρι**-σδιάστατη Απεικόνιση	**NRC**	**N**ational **R**esearch **C**ouncil – Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας ΗΠΑ
NCBI	**N**ational **C**enter for **B**iotechnology **I**nformation- Εθνικό Κέντρο Πληροφοριών Βιοτεχνολογίας	**NSES**	**N**ational **S**cience **E**ducational **S**tandards – Εθνικά Πρότυπα Εκπαίδευσης Επιστημών ΗΠΑ
NMR	**N**uclear **M**agnetic **R**esonance- Πυρηνικός Μαγνητικός Συντονισμός	**SDGs**	**S**ustainable **D**evelopment **G**oals – Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης ΟΗΕ
Cryo-EM	**Cryo-**genic **e**lectron **m**icroscopy- Κρυογονική ηλεκτρονική μικροσκοπία	**STEM**	**S**cience, **T**echnology, **E**ngineering, **M**athematics Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική, Μαθηματικά
PDB	**P**rotein **D**ata **B**ank Τράπεζα πρωτεϊνικών δομών		

RBD	**R**eceptor **B**inding **D**omain- Τομέας δέσμευσης υποδοχέα		
ACE 2	**A**ngiotensin **C**onverting **E**nzyme 2 - υποδοχέας του μετατρεπτικού ενζύμου-2 της αγγειοτενσίνης		
hACE2	Ο υποδοχέας ACE2 των ανθρώπινων κυττάρων		
bACE2	Ο υποδοχέας ACE2 των κυττάρων της νυχτερίδας		
WebGL	**Web G**raphics **L**ibrary- Βιβλιοθήκη γραφικών ιστού		
VR	**V**irtual **R**eality Εικονική πραγματικότητα		
AR	**A**ugmented **R**eality Επαυξημένη πραγματικότητα		

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δομή της εργασίας

Η παρούσα μελέτη διαρθρώνεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελεί το θεωρητικό πλαίσιο της μελέτης και περιλαμβάνει τα τέσσερα πρώτα κεφάλαια, ενώ το δεύτερο μέρος αποτελεί το ερευνητικό και περιλαμβάνει τα τρία επόμενα κεφάλαια της εργασίας.

Α' μέρος: Θεωρητικό μέρος

Στο πρώτο Κεφάλαιο αρχικά παρουσιάζονται ο ορισμός των ΤΠΕ και η αναγκαιότητα της ενσωμάτωσης τους στην εκπαίδευση. Στη συνέχεια, η επισκόπηση των βασικών θεωρητικών μοντέλων μάθησης και η αντιστοίχιση τους με τα εκπαιδευτικά τεχνολογικά εργαλεία. Τέλος, αναλύονται η γενικότερη επίδραση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση, η εισαγωγή τους στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα και η συμβολή τους στη διδασκαλία των Επιστημών της Φύσης (ΕτΦ) και τη συνεργατική μάθηση (ΣΜ).

Στο δεύτερο Κεφάλαιο επιχειρείται η αποτύπωση της στροφής της επιστήμης της Βιολογίας από την αναγωγική στην ολιστική θεώρηση του έμβιου κόσμου, οι διαστάσεις και οι προοπτικές του σύγχρονου μοντέλου διδασκαλίας της καθώς και η συμβολή των ΤΠΕ στην αντιμετώπιση των σύγχρονων προκλήσεων της διδασκαλίας της Βιολογίας με σκοπό την ουσιαστική μάθηση.

Στο τρίτο Κεφάλαιο καταβάλλεται μια προσπάθεια προσδιορισμού του διεπιστημονικού πεδίου της Βιοπληροφορικής και παρουσιάζεται το αντικείμενο του κλάδου της Δομικής Βιοπληροφορικής, οι κατηγορίες των βάσεων βιολογικών δεδομένων καθώς και η θέση του γνωστικού αντικειμένου της Βιοπληροφορικής στην ελληνική εκπαίδευση.

Στο τέταρτο Κεφάλαιο γίνεται μια μικρή ιστορική αναδρομή σχετικά με τη μοριακή μοντελοποίηση, παρουσιάζεται ο ρόλος της οπτικοποίησης στη μάθηση, οι διαφορετικές κατηγορίες μοντέλων και η αξιοποίηση της χρήσης τους στη διδασκαλία των ΕτΦ. Επίσης, παρατίθεται η βιβλιογραφική επισκόπηση της χρήσης της μοριακής οπτικοποίησης στη διδασκαλία της Βιολογίας.

Β' μέρος: Ερευνητικό μέρος

Στο πέμπτο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η σύνδεση της παρούσας έρευνας με προηγούμενες, ο σκοπός διεξαγωγής της, τα ερευνητικά ερωτήματα και οι υποθέσεις της. Επίσης, τεκμηριώνεται η αναγκαιότητα της για την εκπαίδευση στη Βιολογία.

Στο έκτο Κεφάλαιο αναλύεται διεξοδικά η μεθοδολογία της παρούσας έρευνας, δηλαδή η ερευνητική μέθοδος και ο σχεδιασμός της καθώς και τα μεθοδολογικά υλικά και εργαλεία που επιλέχτηκαν. Επίσης, περιγράφεται η εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας, η τεχνική ανάλυσης των δεδομένων και η δεοντολογία και ηθική σχετικά με αυτήν.

Στο έβδομο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η επεξεργασία των δεδομένων, η περιγραφή και η ανάλυση τους προκειμένου να ελεγχθούν οι ερευνητικές υποθέσεις που διατυπώθηκαν και αφορούν στη μαθησιακή αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης που εφαρμόστηκε κατά τον πειραματικό

έλεγχο καθώς και τη σχέση της με το φύλο των μαθητών/-τριών και την ομάδα στην οποία αποτέλεσαν μέλη. Επίσης, παρουσιάζεται η επεξεργασία των δεδομένων των απόψεων των μαθητών/-τριών για τη διερευνητική διδακτική παρέμβαση καθώς και για το λογισμικό iCn3D που χρησιμοποιήθηκε ως διδακτικό εργαλείο. Στη συνέχεια, ακολουθεί η συζήτηση των ευρημάτων της έρευνας, οι περιορισμοί της καθώς και ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα στο συγκεκριμένο πεδίο.

ΚΕΦ.1 ΟΙ ΤΠΕ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Στο Κεφάλαιο αυτό αρχικά παρουσιάζονται ο ορισμός των ΤΠΕ, η αναγκαιότητα της ενσωμάτωσης τους στην εκπαίδευση και οι χρονολογικές φάσεις και τα μοντέλα ένταξης τους σε αυτήν. Στη συνέχεια, περιγράφεται η επισκόπηση των βασικών θεωρητικών μοντέλων μάθησης και η αντιστοίχιση τους με τα εκπαιδευτικά τεχνολογικά εργαλεία. Τέλος, παρουσιάζονται η γενικότερη επίδραση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης τους, η εισαγωγή τους στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα και η συμβολή τους στη διδασκαλία των ΕτΦ και τη ΣΜ.

1.1 Ορισμός των ΤΠΕ

Στα πλαίσια της προσπάθειας δημιουργίας ενός σύγχρονου μαθησιακού περιβάλλοντος η χρήση των ΤΠΕ διαδραματίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο, δίνοντας σε όλους το δικαίωμα της ίσης συμμετοχής στη μαθησιακή εμπειρία. Στον επαναπροσδιορισμό των εκπαιδευτικών στόχων το ενδιαφέρον μετατοπίζεται από τη διδασκαλία στη μάθηση και στην αυτονομία της. Η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στο πλαίσιο της μάθησης μπορεί να διευκολύνει την μετατόπιση αυτή, με την παροχή κατάλληλων εργαλείων και υποστηρικτικών περιβαλλόντων. Θα πρέπει λοιπόν, να εξεταστεί η λεγόμενη «*υπολογιστική υποστήριξη*» της μάθησης (Ράπτης & Ράπτη, 2007, όπως αναφέρεται στο Πολύδωρος, 2015), η οποία δεν περιορίζεται στην κατάκτηση της ύλης από το/-η μαθητή/-τρια, αλλά στην ενίσχυση του/-ης να γίνει ικανός/-η να μπορεί να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις ενός τεχνολογικού κόσμου που μεταβάλλεται διαρκώς (Μακράκης, 2000, όπως αναφέρεται στο Πολύδωρος, 2015).

Σύμφωνα με την *UNESCO* (2009), ο όρος «*ICT*» (*Informations and Communications Technologies*) που είναι αντίστοιχος του ελληνικού «*ΤΠΕ*» (Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίας), περιλαμβάνει ένα ποικίλο σύνολο ψηφιακών μέσων και πόρων που η χρήση τους παρέχει τη δυνατότητα για τη δημιουργία πληροφοριών και τη μετάδοση, αποθήκευση και κοινή χρήση τους. Σε αυτά τα μέσα περιλαμβάνονται οι υπολογιστές, το διαδίκτυο, οι τεχνολογίες ζωντανής και ηχογραφημένης μετάδοσης και η τηλεφωνία (UNESCO, 2009).

Η UNESCO (2017) στην πόλη Qingdao της Κίνας, διοργάνωσε το «*Διεθνές Φόρουμ για τις ΤΠΕ και την Εκπαίδευση 2030*», με κύριο στόχο την εκ νέου επιβεβαίωση της δέσμευσης των ογδόντα χωρών που συμμετείχαν, απέναντι στη «*Διακήρυξη του Qingdao*» της «*Διεθνούς Διάσκεψης για τις ΤΠΕ και την Εκπαίδευση μετά το 2015*» (2015), στην οποία εγκρίθηκε η αξιοποίηση των ΤΠΕ για την επίτευξη της Ατζέντας «*Εκπαίδευση 2030*» που αποτελεί την απάντηση στην πρόκληση της επίτευξης των Στόχων της Βιώσιμης Ανάπτυξης (SDGs) (UNESCO, 2017). Ο *Στόχος 4* (SDG4), είναι αφιερωμένος αποκλειστικά στην εκπαίδευση και υπογραμμίζει τη συλλογική δέσμευση για διασφάλιση της ισότιμης και ισόνομης πρόσβασης στην εκπαίδευση χωρίς αποκλεισμούς, της ποιοτικής εκπαίδευσης και της προώθησης της δια βίου μάθησης για όλους. Η «*Διακήρυξη του Qingdao*» (2015), διατυπώνει συγκεκριμένες αποστολές σχετικά με το ρόλο των ΤΠΕ στην εκπαίδευση για την επίτευξη του Στόχου 4 έως το 2030, αναφέροντας ότι: «*οι ΤΠΕ πρέπει να αξιοποιηθούν για την ενίσχυση των εκπαιδευτικών συστημάτων, τη διάδοση της*

γνώσης, την πρόσβαση στις πληροφορίες, την ποιοτική και αποτελεσματική μάθηση και την παροχή πιο αποτελεσματικών υπηρεσιών» (UNESCO, 2017). Το Φόρουμ αυτό με τίτλο «*Αξιοποίηση των ΤΠΕ για την επιτάχυνση της επίτευξης του Στόχου 4*», διοργανώθηκε για την προώθηση μελλοντικών συζητήσεων για στρατηγικές σχετικά με:

- ψηφιακές καινοτομίες για την επίτευξη του Στόχου 4
- εκπαιδευτικές πολιτικές σχετικά με τις ΤΠΕ και υλοποίηση προγραμμάτων μεγάλης κλίμακας σε εθνικό επίπεδο
- βέλτιστες πρακτικές για το ηλεκτρονικό σχολείο και τη μάθηση του μέλλοντος
- διαχείριση εκπαίδευσης και μάθησης

Ο Διεθνής Οργανισμός *ΟΟΣΑ* (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης -Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD), έχει εκπονήσει σχέδιο δράσης σύμφωνα με το οποίο θα υποστηρίξει τις χώρες στην προσπάθεια επίτευξης των SDGs. Ως κύριος εμπειρογνώμων, στο πλαίσιο δεικτών παρακολούθησης για τον SDG4 αξιοποιώντας σημαντικά εργαλεία όπως τα *PISA* και *TALIS*, ενθαρρύνει τη χάραξη εθνικών στρατηγικών για την Εκπαίδευση 2030. Για το σκοπό αυτό σε συνεργασία με την *UNESCO* και το «*Ινστιτούτο Στατιστικής της UNESCO*» συνεισφέρει στην περαιτέρω ανάπτυξη αυτών των δεικτών και στη συλλογή συγκριτικών στοιχείων για τις χώρες με τον καλύτερο δυνατόν τρόπο (OECD, 2016).

1.2 Χρονολογικές φάσεις ένταξης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και των επιστημών που σημειώθηκε κατά τις προηγούμενες δεκαετίες ήταν αναμενόμενο να επηρεάσει και το χώρο της εκπαίδευσης ο οποίος οδηγήθηκε στη χάραξη νέων εκπαιδευτικών στρατηγικών που περιλάμβαναν τη χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση. Σε όλα τα εκπαιδευτικά συστήματα, ανεξαρτήτως του βαθμού ανάπτυξης της κάθε χώρας, διακρίνουμε τις παρακάτω τέσσερις περιόδους εισαγωγής και ένταξης των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πρακτική:

- η περίοδος της *εκπαιδευτικής τεχνολογίας* και των *διδακτικών μηχανών* (πριν το 1970)
- η *πληροφορική προσέγγιση* (1970-1980)
- η *πληροφορική ως μέσο και ως αντικείμενο εκπαίδευσης* (1980-1990)
- οι *ΤΠΕ ως μέσο διδασκαλίας και μάθησης* (1990-2000)

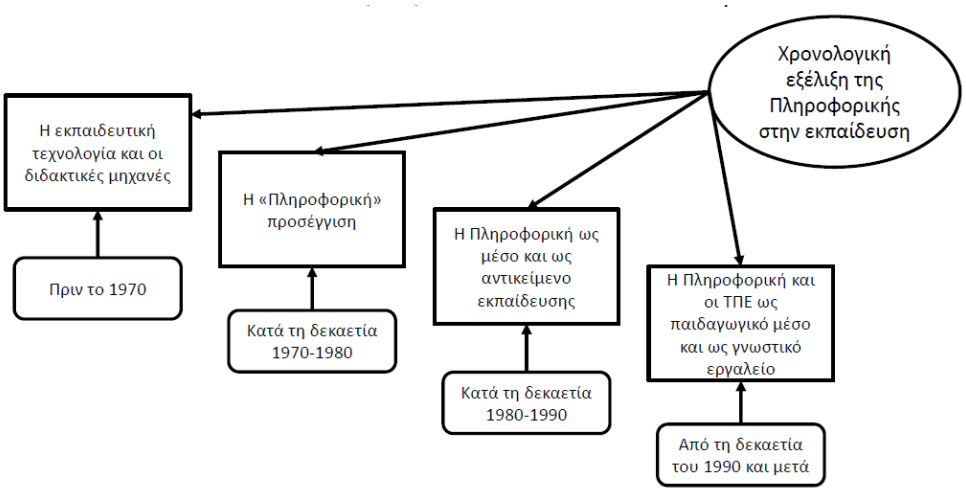
(Κόμης, 2004)

Ως *πρώτη ή εισαγωγική περίοδος* αποκαλείται μία μεγάλη περίοδος (έως το 1970) η οποία χαρακτηρίζεται από την προσπάθεια εισαγωγής και ένταξης των διάφορων τεχνολογικών μέσων στην εκπαίδευση. Οι διδακτικές μηχανές βασισμένες στην προγραμματισμένη διδασκαλία του Skinner αποτέλεσαν την πρώτη εφαρμογή εκπαιδευτικής τεχνολογίας για την ενίσχυση των επιδόσεων των μαθητών/-τριών στη γλώσσα και τα μαθηματικά (Δημητριάδης, 2014). Η χρήση των υπολογιστών στην εκπαιδευτική διαδικασία αξιοποιήθηκε μέσω αλληλεπιδραστικών ηλεκτρονικών βιβλίων και σε αρκετά σχολεία εφαρμόσθηκε το παιδαγωγικό σύστημα της γλώσσας Logo (Κόμης, 2004).

Η *δεύτερη περίοδος* (δεκαετία του 1970) σηματοδοτεί την εισαγωγή της Πληροφορικής στην εκπαίδευση ως αυτοτελούς γνωστικού αντικειμένου (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009). Είναι η περίοδος της μείωσης του κόστους κατασκευής των προσωπικών υπολογιστών (*PCs*) και του οράματος της πληροφορικής επανάστασης (Κόμης, 2004). Ο κύριος προσανατολισμός αυτού του σταδίου της «*πληροφορικής προσέγγισης*» ήταν η διδασκαλία του προγραμματισμού στη ΔΕ (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009) και η ανάπτυξη συστημάτων *Μάθησης με τη Βοήθεια Υπολογιστή (Computer Assisted Learning, CAL).* Κατά την περίοδο αυτή της πιλοτικής εφαρμογής συντελείται «*μάθηση για τους υπολογιστές*» και όχι «*με τους υπολογιστές*» (Κόμης, 2004).

Η *τρίτη περίοδος* (δεκαετία του 1980) εντός ενός πλαισίου οικονομικών και βιομηχανικών εξελίξεων αποτελεί την περίοδο της μαζικής εισαγωγής του υπολογιστή στις σχολικές μονάδες όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων. Η εισαγωγή της Πληροφορικής δεν πραγματοποιήθηκε απλώς ως γνωστικό αντικείμενο αλλά και ως εκπαιδευτικό μέσο για τη διδασκαλία των άλλων γνωστικών αντικειμένων (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009). Σε πολλές αναπτυγμένες χώρες εφαρμόσθηκαν προγράμματα εισαγωγής των υπολογιστών στο εκπαιδευτικό σύστημα, δημιουργία εργαστηρίων πληροφορικής και εφαρμογή εκπαιδευτικών προγραμμάτων (Δημητριάδης, 2014).

Η *τέταρτη περίοδος* (δεκαετία του 1990 έως σήμερα) έχει ως βασικό χαρακτηριστικό τη γενικευμένη ενσωμάτωση των ΤΠΕ στις διάφορες εκφάνσεις της εκπαιδευτικής πράξης. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού το ενδιαφέρον εστιάζεται στην ενσωμάτωση των ΤΠΕ σε όλο το εύρος των ΑΠΣ καθώς και στην καθημερινή σχολική πράξη. Οι ΤΠΕ αποτελούν μέσο διδασκαλίας και μάθησης (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009). Το τρίτο αυτό κύμα αλλαγής αφορούσε επίσης στην επανάσταση της εισαγωγής του παγκόσμιου ιστού και στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης (τεχνολογικά εργαλεία, εκπαιδευτική ρομποτική) (Δημητριάδης, 2014). Στο Σχήμα 1.1 παρουσιάζεται μια σύνοψη της χρονολογικής εξέλιξης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση.



Σχήμα 1.1 Η χρονολογική εξέλιξη των ΤΠΕ στην εκπαίδευση

Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία εξέλιξη των πολυμέσων και του διαδικτύου συνέβαλαν στην ανάδειξη της «*ηλεκτρονικής μάθησης»*, τα θεμέλια της οποίας βρίσκονται στη δεκαετία του 1980. Η ηλεκτρονική μάθηση αποτελεί μία εκπαιδευτική φιλοσοφία ο αντίκτυπος της οποίας έγκειται στην κοινωνική δυναμική του παγκόσμιου δικτύου, μέσω του οποίου ενισχύεται η διαδραστικότητα και η συνεργατική ανταλλαγή γνώσεων. Η μάθηση δεν αποτελεί ατομική αλλά συλλογική υπόθεση και συντελείται με τη συνδυασμένη αξιοποίηση των ΤΠΕ και των δικτύων (Μακρή & Βλαχόπουλος, 2017).

1.3 Μοντέλα εισαγωγής και ένταξης των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση

Τα ακόλουθα μοντέλα περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίσθηκε η εισαγωγή και ένταξη των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πρακτική από τα εκπαιδευτικά συστήματα των διάφορων χωρών (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009):

1.3.1 Το τεχνοκεντρικό μοντέλο

Το τεχνοκεντρικό μοντέλο αποτελεί την πρώτη προσέγγιση εισαγωγής των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία, το οποίο κυριάρχησε κατά τη δεκαετία του 1970 και αντιμετώπισε τις ΤΠΕ ως αυτόνομο γνωστικό αντικείμενο. Το μοντέλο αυτό είχε μία περιορισμένη οπτική με βασική επιδίωξη την απόκτηση γνώσεων προγραμματισμού (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009) για την κατάκτηση καθορισμένων διδακτικών στόχων μέσω της επίλυσης προβλημάτων (Κόμης, 2004).

1.3.2 Το ολοκληρωμένο ή ολιστικό μοντέλο

Το μοντέλο αυτό αποτελεί την προσέγγιση των ΤΠΕ ως εργαλείο μάθησης σε όλα τα γνωστικά αντικείμενα του ΑΠΣ. Σύμφωνα με αυτήν, η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών σε όλα τα μαθήματα αποτελεί έκφραση μιας διαθεματικής προσέγγισης της μάθησης καθώς τα θέματα που αφορούν στις νέες τεχνολογίες διδάσκονται μέσα από όλα τα γνωστικά αντικείμενα και δεν συνιστούν ιδιαίτερο γνωστικό αντικείμενο (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009). Οι υποστηρικτές του συγκεκριμένου μοντέλου πιστεύουν ότι η χρήση της πληροφορικής σε όλο το εύρος του ΑΠΣ και όχι η ένταξη της ως ένα αυτόνομο αντικείμενο, μπορεί να βοηθήσει την από κοινού δημιουργική συμμετοχή εκπαιδευτικών και μαθητών/-τριών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η αδυναμία όμως της βραχυπρόθεσμης εφαρμογής οδήγησε στο πραγματολογικό πρότυπο ένταξης (Κόμης, 2004).

1.3.3 Το πραγματολογικό μοντέλο

Το πραγματολογικό μοντέλο αποτελεί ένα συνδυασμό των πλεονεκτημάτων των δύο προηγούμενων και συνιστά μια μεταβατική κατάσταση μέχρι την πλήρη ένταξη των τεχνολογιών σε όλο το εύρος του ΑΠΣ. Το μοντέλο αυτό χαρακτηρίζεται από τη διδασκαλία ενός μαθήματος πληροφορικής και την προοδευτική ενσωμάτωση της χρήσης των ΤΠΕ ως εργαλείο μάθησης σε όλα τα υπόλοιπα γνωστικά αντικείμενα του ΑΠΣ (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009). Η έμφαση δε δίνεται μόνο στις γνωστικές

διαστάσεις του αντικειμένου της πληροφορικής αλλά και στις κοινωνικές κατά την εκπαιδευτική διαδικασία (Κόμης, 2004).

Στο χώρο της εκπαίδευσης κάθε χρονική περίοδος διαπνέεται από μια φιλοσοφία σχετική με τη χρήση των ΤΠΕ. Το τεχνοκεντρικό μοντέλο που εφαρμόσθηκε αρχικά παρουσιάζεται να υποχωρεί συνεχώς, ενώ την επικρατούσα τάση συνιστά ο συνδυασμός του πραγματολογικού και του ολιστικού μοντέλου (Κόμης, 2004). Για τη μεγιστοποίηση του οφέλους της αξιοποίησης των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία, πολύ σημαντικό ρόλο διαδραμάτισαν και οι γνωστικές θεωρίες μάθησης που υποδέχθηκαν το νέο αντικείμενο με μεγάλο ενδιαφέρον (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009).

1.4 Θεωρίες μάθησης και νέες τεχνολογίες

Οι *θεωρίες μάθησης* (ΘΜ) παρουσιάζουν μια διαχρονική εξέλιξη ως απόρροια της προσπάθειας των ερευνητών για πιο αποτελεσματικές εκπαιδευτικές διαδικασίες. Η προτίμηση προς την κονστρουκτιβιστική θεώρηση είναι εμφανής και τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που προτείνονται συνάδουν με αυτήν. Αναλογιζόμενοι το ρυθμό εξέλιξης των ΤΠΕ καθίσταται αναγκαία η παρακολούθηση της συνεξέλιξης των ΘΜ και της διδακτικής μεθοδολογίας μέσω των ΤΠΕ, με γνώμονα τις επιμορφωτικές ανάγκες του εκπαιδευτικού και τις γνωστικές, συναισθηματικές και ψυχολογικές ανάγκες του εκπαιδευόμενου. Επομένως, η απαίτηση για γνώση των ΘΜ από τον εκπαιδευτικό εξελίχθηκε σε απαίτηση για γνώση των «*Θεωριών των ΤΠΕ*» (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009).

1.4.1 Συμπεριφοριστικές- συνειρμικές θεωρίες

Οι *συμπεριφοριστικές προσεγγίσεις* (behaviorism) έχουν ως κύριους εκπρόσωπους το Ρώσο Pavlov (1927) και τους Αμερικανούς Watson (1913), Thorndike (1999) και Skinner (1950). Το θεμελιακό αξίωμα αυτών των θεωριών αποτελεί η παραδοχή πως η συμπεριφορά του ατόμου καθορίζεται από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και η μάθηση ως αλλαγή της συμπεριφοράς είναι το αποτέλεσμα της σύνδεσης του «*εξωτερικού ερεθίσματος»* (stimulus) και της «προκαλούμενης *αντίδρασης»* (response) (Μαυρόπουλος, 2006). Η μάθηση συντελείται με την ενίσχυση της επιθυμητής συμπεριφοράς μέσω αμοιβής (θετική ενίσχυση) και τιμωρίας της μη επιθυμητής (αρνητική ενίσχυση), με συχνές επαναλήψεις και συνεχή πρακτική εξάσκηση (Χαλκιά, 2012). Ο Atkinson (1958), είχε υπογραμμίσει το γεγονός πως για να οδηγηθεί το άτομο σε ενέργειες θέτει στόχους, οι οποίοι ρυθμίζονται από προσδοκίες, όπως η «*κατάκτηση*» και το «*ανήκειν*» (Καπραβέλου, 2011). Αυτές οι θεωρίες ενώ δίνουν ιδιαίτερη σημασία στα ανθρώπινα συναισθήματα (Καπραβέλου, 2011), δε λαμβάνουν υπόψη τις νοητικές διεργασίες ανώτερου επιπέδου των μαθητών/-τριων (Τζιμογιάννης, 2001).

Στις συμπεριφοριστικές ΘΜ βασίστηκε το παραδοσιακό διδακτικό μοντέλο μεταφοράς της γνώσης που επικράτησε διεθνώς στην εκπαίδευση έως τη δεκαετία του 1960 (Χαλκιά, 2012). Πρόκειται για ένα μηχανιστικό μοντέλο που παραβλέπει τις ιδέες των μαθητών/-τριών θεωρώντας τους «*άγραφα χαρτιά*» στα οποία ο εκπαιδευτικός ως κύριος κάτοχος της γνώσης θα εγγράψει τη γνώση (Κόκκοτας, 2004). Ο

εκπαιδευτικός θεωρείται «*αυθεντία*» και «*μεταδότης της γνώσης*» δημιουργώντας τα κατάλληλα ερεθίσματα και διαμορφώνοντας το κατάλληλο περιβάλλον μάθησης (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009). Στο μοντέλο αυτό δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ποσότητα και το εύρος της γνώσης και η αποτελεσματικότητα της μαθησιακής διαδικασίας ελέγχεται με δοκιμασίες που αξιολογούν την αναπαραγωγή του περιεχομένου (Χαλκιά, 2012).

Τα μοντέλα «*συντελεστικής εξάρτησης*» και «*προγραμματισμένης διδασκαλίας*» για την εκπαίδευση καθοδήγησαν τις πρώτες απόπειρες για εκπαιδευτική τεχνολογία (*διδακτικές μηχανές*) και ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού «*εξάσκησης και πρακτικής*». Βασικά χαρακτηριστικά αυτών των πρώτων τεχνολογικών προϊόντων αποτέλεσαν η γραμμική οργάνωση περιεχομένου και η συνεχής εξάσκηση με την άμεση ανάδραση του συστήματος ως παράγοντα της ενίσχυσης των μαθητών/-τριών (Δημητριάδης, 2015).

Ορισμένα θετικά χαρακτηριστικά των συμπεριφοριστικών προσεγγίσεων έχουν αξιοποιηθεί στο σχεδιασμό ενός μεγάλου μέρους των εκπαιδευτικών λογισμικών του ΥΠΑΙΘ και του ΠΙ τα οποία αποκαλούνται «*κλειστά*» καθώς ο χρήστης δεν έχει καμία δυνατότητα τροποποίησης τους. Αυτά τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: *καθοδήγησης* (tutorials) και *εξάσκησης και πρακτικής* (drill and practice) και παρέχουν στο δημιουργό τη δυνατότητα σχεδιασμού της διδασκαλίας με σημαντικό έλεγχο του διδακτικού περιβάλλοντος. Επίσης, παρέχουν στους μαθητές/-τριες τη δυνατότητα να ακολουθούν το δικό τους ρυθμό μάθησης, να κάνουν λάθη και να δοκιμάζουν εκ νέου, να λαμβάνουν αυτόματα ανατροφοδότηση, να βελτιώνουν τις επιδόσεις τους, να αναπτύσσουν θετικά συναισθήματα και να ενισχύουν την αυτοεκτίμηση τους. Η διδακτική που υποστηρίζουν τα συμπεριφοριστικά προγράμματα είναι *προγραμματισμένη* και η χρήση τους έχει υποχωρήσει εξαιτίας της έντονης κριτικής που δέχθηκαν καθώς οι νοητικές δεξιότητες (απομνημόνευση, απλή εκτέλεση πράξεων) που εξασκούνται είναι χαμηλού επιπέδου, ενώ παράλληλα αναπτύσσουν εξάρτηση από τον έλεγχο της μαθησιακής διαδικασίας (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009). Δεν μπορούμε να αγνοήσουμε τη συμβολή του συμπεριφορισμού στην κοινωνική διάσταση της μάθησης καθώς οι μαθητές/-τριες, με την υποστήριξη του άμεσου περιβάλλοντος τους χειρίζονται τις ΤΠΕ για να κατακτήσουν την κοινωνικά προσδιορισμένη γνώση (Καπραβέλου, 2011).

1.4.2 Γνωστικές θεωρίες μάθησης – Εποικοδομισμός

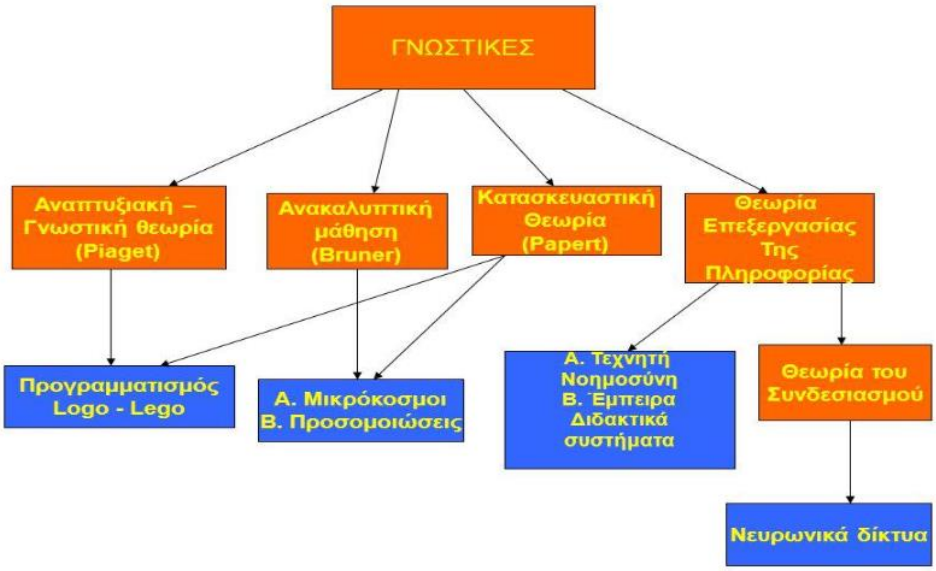
Οι *γνωστικές ΘΜ* και ιδιαιτέρως ο *εποικοδομισμός* (constructivism) αποδίδουν εξέχουσα θέση στις νοητικές διεργασίες, στα εσωτερικά κίνητρα αλλά και σε συναισθηματικές καταστάσεις του ατόμου στις οποίες επιδρούν κοινωνικοί παράγοντες (Μαυρόπουλος, 2006). Σύμφωνα με αυτές τις θεωρίες η γνώση δε μεταδίδεται και η μάθηση αποτελεί μια δυναμική διαδικασία (Κόκκοτας, 2004) προσωπικής κατασκευής της γνώσης που συντελείται μέσω της γνωστικής σύγκρουσης και του αναστοχασμού (Χαλκιά, 2012).

Ο εποικοδομισμός θεμελιώθηκε στη θεωρία του Piaget εισηγητή των σταδίων της νοητικής ωρίμανσης του ατόμου και ανανεώθηκε με τη θεωρία της αναπαράστασης των εμπειριών του κόσμου του

Bruner μεταβαίνοντας από τον πραξιακό σε έναν εικονιστικό τρόπο (Καπραβέλου, 2011). Σύμφωνα με τη θεωρία του Piaget, η οποία βρίσκεται στον αντίποδα του συμπεριφορισμού, κάθε άτομο κατασκευάζει τη γνώση με το δικό του τρόπο μέσω της αλληλεπίδρασης του με τον υλικό κόσμο ως αποτέλεσμα ατομικής εξερεύνησης (Χαλκιά, 2012). Ο εποικοδομισμός του Piaget υποστηρίζει ότι η επιστημονική σκέψη του ατόμου αποτελεί μια εξελικτική διαδικασία και η διδασκαλία θα πρέπει να προσαρμόζεται στο επίπεδο της νοητικής ανάπτυξης του (Μαυρόπουλος, 2006). Η κατασκευή γίνεται σταδιακά μέσω της καθημερινής εμπειρίας και η μάθηση συνίσταται στην ενεργή δόμηση νέων και αποδόμηση προηγούμενων γνώσεων (Χαλκιά, 2012) και αποτελεί μια διαδικασία εννοιολογικής διαπραγμάτευσης (Καπραβέλου, 2011). Οι γνωστικές συγκρούσεις που οδηγούν στην τροποποίηση των παλαιών νοητικών δομών και τη δημιουργία νέων συνιστούν την πραγματική μάθηση και την εκ νέου νοηματοδότηση του κόσμου (Χαλκιά, 2012).

Σύμφωνα με τη θεωρία της ανακαλυπτικής μάθησης που προτάθηκε από τον Bruner (1960), οι μαθητές/-τριες μέσω ανακαλυπτικών διαδικασιών παράγουν μόνοι τους τη γνώση. Η σταδιακή ανακάλυψη των αρχών και των νόμων των φαινομένων συμβάλλει στην βαθύτερη κατανόηση τους. Το ανακαλυπτικό μοντέλο διδασκαλίας είχε την έμπνευση του στον επιστημονικό τρόπο εργασίας των ερευνητών των ΕτΦ και μέσω αυτού η επιστημονική κοινότητα στόχευε στην κατανόηση της φύσης της επιστημονικής έρευνας και την επίλυση προβλημάτων μέσω της εξερεύνησης και του πειραματισμού (Χαλκιά, 2012). Ανεξάρτητα από το στάδιο της νοητικής ανάπτυξης οι μαθητές/-τριες μπορούν να μάθουν οποιοδήποτε θέμα μέσω ενός σπειροειδούς ΑΠΣ. Αυτή η διδακτική προσέγγιση είναι μαθητοκεντρική καθώς η μάθηση λαμβάνει χώρα μέσα σε ένα κοινωνικό πλαίσιο συνεργασίας και αλληλεπίδρασης μεταξύ των μαθητών/-τριών αλλά και με τον εκπαιδευτικό (Τζιμογιάννης, 2001), ο οποίος αναλαμβάνει το ρόλο του οργανωτή των καταστάσεων της μάθησης (καθοδηγούμενη ανακάλυψη) δίνοντας έμφαση στον ποιοτικό χαρακτήρα της γνώσης και όχι στην ποσοτική της διάσταση (Κόκκοτας, 2004).

Οι ΤΠΕ μέσω της αξιοποίησης των υπολογιστικών εργαλείων και του διαδικτύου παρέχουν τη δυνατότητα εξασφάλισης εποικοδομητικών μαθησιακών περιβαλλόντων. Ο Papert επηρεασμένος από τη θεωρία του Piaget και δημιουργός της γλώσσας προγραμματισμού Logo έδωσε έμφαση στη συμμετοχή των μαθητών/-τριών στη διδασκαλία και στην ανακάλυψη των τρόπων οικοδόμησης της γνώσης. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο υπολογιστής απέκτησε δημοτικότητα ως διανοητικό ή γνωστικό εργαλείο (Καπραβέλου, 2011). Ο εποικοδομισμός συνιστά το πιο επικρατές μοντέλο, στο οποίο βασίζεται η φιλοσοφία του σχεδιασμού σύγχρονων εκπαιδευτικών περιβαλλόντων. Στην κατηγορία αυτών των περιβαλλόντων μάθησης συγκαταλέγονται «*ανοικτά*» λογισμικά τα οποία είναι υπερμεσικά, προσομοίωσης πραγματικών καταστάσεων, μοντελοποίησης και επίλυσης προβλημάτων και αναπαράστασης μικρόκοσμων, διευκολύνοντας ιδιαίτερα τη μάθηση στις ΕτΦ. Αυτά τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα προτείνουν δραστηριότητες συλλογής δεδομένων διεπιστημονικού χαρακτήρα, διαθεματική μάθηση ή πειραματικές δραστηριότητες και διαθέτουν συστήματα πλοήγησης τα οποία βασίζονται στις παραστάσεις των μαθητών/-τριών και επιδιώκουν τη σύνδεση των γνώσεων τους (Καπραβέλου, 2011). Στο Σχήμα 1.2 παρουσιάζεται μία σύνοψη της αντιστοίχισης των γνωστικών ΘΜ με τις ΤΠΕ.



Σχήμα 1.2. Αντιστοίχιση των γνωστικών ΘΜ και των ΤΠΕ (Πολύδωρος, 2015)

1.4.3 Κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις

Οι κοινωνικοπολιτισμικές ΘΜ έχουν ως θεωρητική πηγή τις μελέτες του Ρώσου Vygotsky (1896-1934) ο οποίος αποτελεί το βασικό εκπρόσωπο *κοινωνικού εποικοδομισμού* και τονίζει ότι η κατασκευή της γνώσης επιτυγχάνεται με βάση τις κοινωνικές και πολιτισμικές αλληλεπιδράσεις και εμπειρίες. Το κέντρο βάρους της θεωρίας του βρίσκεται στο κοινωνικό πλαίσιο στο οποίο πραγματώνεται η μάθηση, χωρίς όμως να παραγνωρίζεται ο ρόλος του ατόμου (Χαλκιά, 2012).

Ο Vygotsky (1978), στην προσπάθεια του να συνδέσει τη διδασκαλία με τη μαθητοκεντρική μάθηση εισήγαγε την έννοια της «*Ζώνης Επικείμενης Ανάπτυξης*» (ΖΕΑ). Αυτή αποτελεί τη σημαντικότερη συμβολή του σε θέματα εκπαίδευσης παιδιών. Σύμφωνα με την Παπαδοπούλου (2009), η ΖΕΑ ορίστηκε από τον Vygotsky ως «*η απόσταση ανάμεσα στο πραγματικά αναπτυγμένο επίπεδο του παιδιού όπως αυτό καθορίζεται από την ανεξάρτητη επίλυση προβλημάτων και στο επίπεδο της εν δυνάμει ανάπτυξης όπως καθορίζεται από την επίλυση προβλημάτων κάτω από την καθοδήγηση των ενηλίκων ή των πιο ικανών συνομηλίκων*». Η ζώνη αυτή αναφέρεται στην ψυχολογική αλλαγή που συντελείται με τη συνδρομή της καθοδήγησης και όχι απλώς σε κατάκτηση γνώσεων και εκμάθηση δεξιοτήτων (Παπαδοπούλου, 2009).

Βασικό χαρακτηριστικό της ΖΕΑ αποτελεί η έννοια του κοινωνικού πλαισίου υποστήριξης, γνωστό ως «*σκαλωσιά*» (scaffolding), το οποίο αναφέρεται στην παροχή συνεχώς ελαττούμενης υποστήριξης της τρέχουσας δραστηριότητας από πιο έμπειρα άτομα. Η ΖΕΑ είναι το αποτέλεσμα που προκύπτει από την αντιπαράθεση ανάμεσα στις απαιτήσεις του περιβάλλοντος και τις κατεκτημένες ικανότητες του παιδιού και εμπεριέχει την ιδέα του μετασχηματισμού των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων σε ενδοπροσωπικές μέσω της εσωτερίκευσης (Παπαδοπούλου, 2009). Ως εκ τούτου, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι καθοδηγητικός και για την παραγωγή της γνώσης η διδασκαλία απαιτεί κοινωνική διαπραγμάτευση,

διερευνητική διδασκαλία, πολλαπλές αναπαραστάσεις περιεχομένου, ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες, περιβάλλοντα πρόκλησης και άλλες μεθόδους ενεργητικής μορφής (Πασιάς κ. συν., 2018).

Στην ομάδα των κοινωνικογνωστικών και κοινωνικοπολιτισμικών ΘΜ εντάσσονται και οι νεότερες θεωρίες της «*δραστηριότητας*» (activity theory), της «*εγκαθιδρυμένης μάθησης*» (situated cognition) και της «*κατανεμημένης γνώσης*» (distributed cognition) οι οποίες υποστηρίζουν τη συνεργατική μάθηση. Επομένως, κάθε διδακτικός σχεδιασμός που βασίζεται σε αυτές τις ΘΜ ενθαρρύνει την κοινωνική αλληλεπίδραση. Τα νέα τεχνολογικά εργαλεία χρησιμοποιούνται ως σκαλωσιές οικοδόμησης της γνώσης που συμβάλλουν στην επίλυση προβλημάτων καθώς παρέχουν τη δυνατότητα άσκησης των ανώτερων νοητικών δεξιοτήτων και την εκτέλεση δραστηριοτήτων μέσω ποικίλων προσεγγίσεων (Κόκκοτας, 2004).

Οι τεχνολογικές εφαρμογές που ανάγονται στον κοινωνικό εποικοδομισμό απαιτούν υψηλότερο βαθμό επεξεργασίας πληροφοριών σε σχέση με αυτές των προηγούμενων ΘΜ. Οι κοινωνικογνωστικές ΘΜ βρίσκουν εφαρμογή σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα συνεργασίας και επικοινωνίας με ενσωματωμένες δυνατότητες ανακαλυπτικής μάθησης (π.χ. *Web 2.0, Blogs, Wikis*). Αυτές οι ΘΜ ευνοούν τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος πλούσιας κοινωνικής αλληλεπίδρασης με εργαλεία και κοινότητες διαλόγου και επικοινωνίας, οι οποίες επεξεργάζονται προβληματικές καταστάσεις με συνεργατικό τρόπο και αυθεντικές δραστηριότητες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη συμμετοχικών στρατηγικών μάθησης καθώς και στην ανάπτυξη σημαντικών δεξιοτήτων (Καπραβέλου, 2011).

1.4.4 Κοινωνικοκριτική – Μετασχηματιστική προσέγγιση

Η κριτική προσέγγιση θεωρεί τη μάθηση ως κοινωνική διαδικασία που εκτός από την υποκειμενική συνείδηση και τη δράση των ατόμων διαμορφώνεται και από υλικούς, οικονομικούς και πολιτιστικούς παράγοντες. Η προσέγγιση αυτή θέτει στο προσκήνιο κοινωνικά θέματα και αναδεικνύει τον κοινωνικό ρόλο του σχολείου και των εκπαιδευτικών. Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να αναλαμβάνει πρωτοβουλίες προσωπικής βελτίωσης και καινοτόμου δράσης και οι μαθητές/-τριες να έχουν κριτική σκέψη και να συμμετέχουν σε κοινωνικές δράσεις (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009).

Σχετικά με την ένταξη των ΤΠΕ στη διδασκαλία οι διδακτικές στρατηγικές δε διαφέρουν από αυτές του εποικοδομισμού αρκεί να παρέχουν ενασχόληση με ζητήματα κοινωνικής κριτικής και ανάληψη πρωτοβουλιών για κοινωνικά θέματα. Στα πλαίσια αυτής της προσέγγισης, η γνώση είναι αποτέλεσμα της κοινωνικής δράσης, στην οποία υπάγονται και οι ΤΠΕ ως εργαλεία αλλαγών. Εκπαιδευτικά λογισμικά έκφρασης, αναζήτησης και επικοινωνίας της πληροφορίας καλλιεργούν την κριτική σκέψη και συμβάλλουν στην ανάπτυξη της μεταγνωστικής ικανότητας των μαθητών/-τριών. Η μετασχηματιστική προσέγγιση προβάλλει την απαίτηση για μαθητές/-τριες και εκπαιδευτικούς ενεργούς πολίτες (Παπαδοπούλου & Κοτρίδης, 2009).

1.4.5 Κονεκτιβισμός

Δημιουργός του όρου «*κονεκτιβισμός*» (connectivism) είναι ο Siemens (2008), ερευνητής σε θέματα που σχετίζονται με τη μάθηση, την εκπαίδευση, τη δικτύωση και τις ψηφιακές τεχνολογίες. Σύμφωνα με τον ερευνητή, η μάθηση αποτελεί διεργασία σχηματισμού δικτύων η οποία συντελείται κατά τη διασύνδεση ομάδων πληροφοριών μεταξύ τους και βρίσκεται εκτός του ατομικού ελέγχου. Ο κονεκτιβισμός βασίζεται στην άποψη πως σε αυτό το ρευστό περιβάλλον τα μοντέλα του κόσμου αποκτούν καινούριο νόημα καθώς προσλαμβάνουμε νέες πληροφορίες. Σύμφωνα με τον θεωρητικό της εκπαίδευσης Downes (2007), ο κονεκτιβισμός διατείνεται πως η γνώση είναι οργανωμένη με τη μορφή δικτύου συνδεδεμένων κόμβων και η μάθηση είναι η ικανότητα διάσχισης αυτού του δικτύου. Κατά τον κονεκτιβισμό δεν υφίσταται η έννοια της μετάδοσης ή της οικοδόμησης της γνώσης και οι θέσεις του αποτελούν έναυσμα για δημόσια συζήτηση που θα μας απασχολήσει έντονα στο μέλλον αναφορικά με τις μορφές και τις ευκαιρίες μάθησης που δημιουργούν οι τεχνολογίες δικτύωσης (Δημητριάδης, 2015).

Συμπερασματικά, οι συμπεριφοριστικές εκπαιδευτικές εφαρμογές συνάδουν κυρίως με δομημένη και απλή γνώση, οι γνωστικές εφαρμογές με σύνθετη γνώση που απαιτεί η επίλυση προβλημάτων και τέλος οι κοινωνικο-εποικοδομιστικές κυρίως με θέματα κοινωνικής διαπραγμάτευσης (Καπραβέλου, 2011).

1.5 Η Επίδραση των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση

Στην «*Κοινωνία της Πληροφορίας*» (ΚτΠ) οι ΤΠΕ έχουν εξέχουσα θέση, αλλάζοντας τον τρόπο μάθησης, συνεργασίας και επικοινωνίας. Σε αυτό το μεταβαλλόμενο πλαίσιο η εκπαίδευση αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις:

- Οι εκπαιδευτικοί θα καταφέρουν να περιορίσουν τη χρήση των συμβατικών μεθόδων διδασκαλίας και να εισάγουν στην εκπαιδευτική πράξη σύγχρονα εργαλεία;
- Οι μαθητές/-τριες θα καταφέρουν να δημιουργήσουν σε διαφορετικά περιβάλλοντα μάθησης;
- Ποιο θα είναι το όφελος που θα προκύψει από την ένταξη ενός μοντέλου συνδυαστικής των τεχνολογικών μέσων στην εκπαίδευση;
- Η τεχνολογία αφορά μόνο τους ειδικούς επί της τεχνολογίας και της πληροφορικής;
- Είναι ο υπολογιστής και το σύγχρονο περιβάλλον τηλεπικοινωνιών το απόλυτο εργαλείο για τη μετάβαση από τη διδακτική θεωρία στην πράξη;

(Κριεμάδης κ. συν., 2017)

Η τεχνολογική εξέλιξη διευρύνει τις δυνατότητες αλληλεπίδρασης μεταξύ του εκπαιδευτικού και των μαθητών/-τριών, όμως η πραγματική καινοτομία σχετίζεται με τον τρόπο χρήσης της. Η κατοχή κατάλληλων τεχνολογικών μέσων και η εφαρμογή αξιόπιστων εκπαιδευτικών προγραμμάτων αποτελούν μια αναγκαία συνθήκη για τη μαθησιακή αποτελεσματικότητα αλλά όχι απαραίτητα και ικανή. Το εχέγγυο

της επιτυχούς εφαρμογής των σύγχρονων προτύπων σχετίζεται με συνιστώσες της στρατηγικής αξιοποίησης των ΤΠΕ υπερβαίνοντας το μέσο και το περιεχόμενο του. Σημαντικές συνιστώσες αποτελούν η υποστήριξη των μαθητών/-τριών, η ανατροφοδότηση και κυρίως η διαδραστικότητα (Κριεμάδης κ. συν., 2017).

1.5.1 Πλεονεκτήματα της χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση

Με τη χρήση των ΤΠΕ επιτυγχάνεται η μετάβαση της εκπαιδευτικής διαδικασίας από την παραδοσιακή δασκαλοκεντρική σε ένα νέο μαθητοκεντρικό μοντέλο που παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτημάτων :

- αναπτύσσεται ένα καινοτόμο μαθησιακό περιβάλλον, που καλλιεργεί κλίμα συνεργασίας, επικοινωνίας και ανταλλαγής απόψεων μεταξύ των μαθητών/-τριών
- αναβαθμίζεται η εκπαιδευτική πράξη σε όλα τα γνωστικά αντικείμενα, παρέχοντας ευελιξία εφαρμογής σύγχρονων ενεργητικών διδακτικών μεθόδων μέσω του κατάλληλα επιλεγμένου εκπαιδευτικού υλικού
- παρέχεται η δυνατότητα προσαρμογής των ΑΠΣ συμβάλλοντας στη διαθεματική και διεπιστημονική προσέγγιση της γνώσης
- ενισχύεται η διάθεση των μαθητών/-τριών για συμμετοχή, ενεργοποιώντας την περιέργεια τους αφού αποτελούν ένα πολύ ελκυστικό διδακτικό μέσο. Εξαιτίας της δυνατότητας για άμεση πρόσβαση στην πληροφορία, προκαλείται το ενδιαφέρον και δημιουργείται ένα περιβάλλον διερευνητικής και βιωματικής μάθησης. Όμως, οι μαθητές/-τριες θα πρέπει να εκπαιδευτούν να έχουν κριτική στάση απέναντι στην πληροφορία, να ελέγχουν τις πηγές και να κατανοούν το περιεχόμενο τους.

(Δημητριάδης & Μανιαδάκης, 2006)

Η εκπαίδευση μέσω του διαδικτύου επιπλέον παρέχει:

- *Ανεξαρτησία χώρου και χρόνου*: Συμμετοχή στην εκπαιδευτική διαδικασία ανεξαρτήτως απόστασης και επιλογή της χρονικής στιγμής με προσαρμογή στους προσωπικούς ρυθμούς μάθησης
- *Εύκολη πρόσβαση*: ευέλικτη πρόσβαση στο εκπαιδευτικό υλικό αλλά και σε εξωτερικές πηγές πληροφόρησης
- *Συμμετοχή μεγάλου αριθμού εκπαιδευομένων:* καταρρίπτει τους περιορισμούς στον αριθμό των συμμετεχόντων
- *Ίσες ευκαιρίες σε όλους*: η συμμετοχή συμβαίνει ανεξαρτήτως των οικονομικών και κοινωνικών δυνατοτήτων
- *Ελκυστικό περιβάλλον μάθησης*: Η χρήση πολυμέσων δημιουργεί ένα διαφορετικό και ευχάριστο περιβάλλον

- *Πρόσβαση μέσω του διαδικτύου σε πλούσιο πληροφοριακό υλικό.* Εντοπισμός του αναγκαίου υλικού επιλέγοντας τις πηγές πληροφόρησης και προσαρμογή του στον προσωπικό ρυθμό μάθησης που καθιστά εφικτή την δια βίου μάθηση
- *Ευκολότερη και ορθότερη αξιολόγηση* της προόδου των μαθητών/-τριών εξαιτίας των ποικίλων συστημάτων αξιολόγησης
- *Επαναχρησιμοποίηση* του μαθησιακού υλικού καθώς ο εκπαιδευτικός ασχολείται μόνο με τον εμπλουτισμό του και όχι με την δημιουργία του εξαρχής.

(Κριεμάδης κ. συν., 2017)

Η «*υπολογιστική υποστήριξη της μάθησης*» δεν αποτελεί μόνο την υποστήριξη προς τους μαθητές/-τριες να κατακτήσουν τη συγκεκριμένη ύλη ενός γνωστικού αντικειμένου, αλλά την ενίσχυση τους να αναπτύξουν δεξιότητες ώστε να είναι σε θέση να αντεπεξέλθουν στις απαιτητικές μελλοντικές συνθήκες που ήδη διαμορφώνονται. Οι μαθητές/-τριες μαθαίνουν πώς να μαθαίνουν και η γνώση αυτή αποκαλείται «*μεταγνώση*». Η συμβολή στη βελτίωση της μάθησης, εκτός από ποσοτική διάσταση έχει και ποιοτική. Οι ΤΠΕ δεν αποτελούν μια τεχνολογία αιχμής όπου απλώς είναι ωφέλιμη για όλους, αλλά ένα σημαντικό εργαλείο στα χέρια των μαθητών/-τριών (Πολύδωρος, 2015).

1.5.2 Μειονεκτήματα της χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση

Στην εκπαιδευτική κοινότητα εκφράζονται επιφυλάξεις σχετικά με τα μαθησιακά οφέλη της χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση, προβάλλοντας τα ακόλουθα μειονεκτήματα:

- *Μείωση της προσωπικής επικοινωνίας* μεταξύ του εκπαιδευόμενου και του διδάσκοντα με την τηλεκπαίδευση
- Η προγραμματισμένη διδασκαλία από τους υπολογιστές ίσως οδηγήσει σε *υψηλού βαθμού ομοιομορφία της διδασκαλίας* εις βάρος της δημιουργικής μάθησης
- *Κοινωνική απομόνωση των μαθητών/-τριών,* αφού η ενσωμάτωση του παιδιού στο κοινωνικό περιβάλλον γίνεται σε μεγάλο βαθμό στη σχολική κοινότητα και ο υπολογιστής μεταβάλλει τη μάθηση σε ατομική υπόθεση
- *Επιπτώσεις στην υγεία* των μαθητών/-τριών: στη *σωματική* (από τη συνεχή έκθεση στην ακτινοβολία των υπολογιστών και την ακινησία) (Κριεμάδης κ. συν., 2017) αλλά και στην *ψυχική* (άγχος, εθισμός).

Η αποτελεσματική χρήση των ΤΠΕ προϋποθέτει αλλαγές τοπικής κλίμακας όπως:

- βασική επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στις ΤΠΕ
- υποστήριξη της χρήσης των ΤΠΕ από τη διοίκηση του σχολείου
- κατάλληλη τεχνική υποστήριξη του σχολείου

- αναδιοργάνωση των ΑΠΣ ώστε οι μαθητές/-τριες να διδάσκονται λιγότερες ενότητες σε μεγαλύτερο εύρος και υλοποίηση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με νόημα συνδέοντας τα γνωστικά αντικείμενα με την καθημερινή ζωή
- αναθεώρηση των μεθόδων κατάρτισης των εκπαιδευτικών ώστε να αξιοποιούν τις ΤΠΕ για να καταστήσουν τους/-ις μαθητές/-τριες ικανούς/-ες να μαθαίνουν μόνοι/-ες τους.

(Βοσνιάδου, 2002)

Καίρια σημεία στη διαδικασία της μάθησης αποτελούν τόσο η μετάβαση του εκπαιδευτικού από το ρόλο του μεταδότη της γνώσης σε ρόλο συνοδοιπόρου, όσο και η αλλαγή της νοοτροπίας σχετικά με την αξιοποίηση των σύγχρονων ψηφιακών εργαλείων στην εκπαίδευση. Η ΚτΠ προτάσσει τη δια βίου μάθηση με ποιοτική εκπαίδευση. Οι νέες τεχνολογίες παρέχουν τα εργαλεία και οι εκπαιδευτικοί την παιδεία για την ορθολογική χρήση αξιοποίηση τους. Ο φόβος για το καινούργιο και άγνωστο πρέπει να παραμεριστεί από τη δημιουργική διάθεση της καινοτόμου αυτής διαδικασίας (Κριεμάδης κ. συν., 2017).

1.6 Οι ΤΠΕ στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα

Οι αλλαγές του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος είναι συνυφασμένες με την ευρωπαϊκή στρατηγική για την παιδεία. Με την εισαγωγή των ΤΠΕ σημειώθηκαν δομικές αλλαγές στα ΑΠΣ και ακολούθησε προσπάθεια εξοπλισμού των σχολικών μονάδων και επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών.

1.6.1 Η ένταξη των ΤΠΕ

Αρχικά, στην ελληνική εκπαίδευση η Πληροφορική εντάχθηκε ως διακριτό γνωστικό αντικείμενο στα Τεχνικά Επαγγελματικά και τα Πολυκλαδικά Λύκεια (1983 - 1985). Στη συνέχεια, στα Γυμνάσια (1992) στα πλαίσια του ολιστικού μοντέλου, μέσω της διαθεματικής και διεπιστημονικής προσέγγισης έγινε η διάχυση της Πληροφορικής σε όλα τα γνωστικά αντικείμενα (Μπράτιτσης, 2013). Η πιο οργανωμένη προσπάθεια σημειώθηκε με τη διαμόρφωση του «*Ενιαίου Πλαισίου Προγραμμάτων Σπουδών*» (ΕΠΠΣΠ, 1997) από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (ΠΙ), σχετικά με την εισαγωγή και ένταξη των ΤΠΕ σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Μπράτιτσης, 2013). Το 2003 το ΠΙ παρουσίασε το *«Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών Πληροφορικής»* (ΔΕΠΠΣΠ, 2003) με το οποίο επισημάνθηκε η εφαρμογή των ΤΠΕ σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης προσδιορίζοντας το γνωστικό περιεχόμενο και τους τρόπους αξιοποίησης τους (Δημητριάδης & Μανιαδάκης, 2006). Το σχολικό έτος 1998 - 1999 έγινε η εισαγωγή της Πληροφορικής στα Γενικά Λύκεια ως μάθημα γενικής παιδείας με εξειδικευμένες γνώσεις και προετοιμασία για την εισαγωγή στην ΤΕ.

Το 1999 ξεκίνησε τη λειτουργία του το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο (ΠΣΔ), ένα εθνικό δίκτυο του ΥΠΑΙΘ το οποίο έκανε πραγματικότητα την ευρυζωνική διασύνδεση όλων των σχολικών μονάδων της ΠΕ και ΔΕ εκπαίδευσης της χώρας. Πρόκειται για ένα μαθησιακό και επικοινωνιακό εργαλείο, που προσφέρει δικτυακές και τηλεματικές υπηρεσίες και συνεισφέρει στη δημιουργία εκπαιδευτικών κοινοτήτων που

χρησιμοποιούν τις ΤΠΕ σε καθημερινή βάση. Το 2019 στα πλαίσια του έργου «*ΣΥΖΕΥΞΙΣ ΙΙ*» της ΚτΠ ξεκίνησε η μαζική αναβάθμιση της τηλεπικοινωνιακής διασύνδεσης των σχολείων σε εθνικό επίπεδο (https://www.sch.gr/).

Σημαντικά έργα

Παράλληλα, με τη δημιουργία του ΠΣΔ σημειώθηκε μια προσπάθεια εξοπλισμού των σχολικών μονάδων της ΠΕ και ΔΕ εκπαίδευσης. Η ένταξη των ΤΠΕ στην ΠΕ ξεκίνησε με την ενέργεια «*Οδύσσεια*» του ΥΠΑΙΘ υπό το πνεύμα της ολιστικής προσέγγισης (Δημητριάδης & Μανιαδάκης, 2006). Την περίοδο 2003 - 2006 υλοποιήθηκε το έργο «*Πλειάδες*»: «*Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Λογισμικού και Ολοκληρωμένων Εκπαιδευτικών Πακέτων σεναρίων για τα Ελληνικά σχολεία της ΠΕ και ΔΕ & Διάθεση Προϊόντων Εκπαιδευτικού Λογισμικού στα σχολεία*» (Δημητριάδης & Μανιαδάκης, 2006). Η προμήθεια και αναβάθμιση του εξοπλισμού των σχολικών μονάδων όλων των βαθμίδων, έως και σήμερα βρίσκεται σε εξέλιξη. Στα πλαίσια της δράσης «*Προμήθεια και εγκατάσταση διαδραστικών συστημάτων μάθησης*» υλοποιείται η εγκατάσταση διαδραστικών συστημάτων σε σχολικές μονάδες ΠΕ και ΔΕ. Επίσης, έγινε ένταξη της εκπαιδευτικής ρομποτικής στο ΑΠΣ των σχολείων ΠΕ και Γυμνασίων μέσω των «*Εργαστηρίων Δεξιοτήτων*» και μέσω των έργων STEM τα τελευταία χρόνια τα σχολεία εξοπλίζονται με κιτ ρομποτικής υποστηρίζοντας τους εκπαιδευτικούς στην υλοποίηση έργων STEM (www.minedu.gov.gr).

1.6.2 Η επιμόρφωση εκπαιδευτικών

Σχετικά με την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, στα πλαίσια του ΕΣΠΑ 2007-2013 από το ΙΤΥΕ «Διόφαντος», σε συνεργασία με το *ΙΕΠ* (Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής) υλοποιήθηκε το πρόγραμμα επιμόρφωσης και πιστοποίησης βασικών δεξιοτήτων Α΄ επιπέδου «*Αξιοποίηση των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση*». Η ενέργεια αυτή αποτελεί την πρώτη γενικευμένη ενέργεια επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στις ΤΠΕ. Η πιστοποίηση της αποτελεί προϋπόθεση για την παρακολούθηση του προγράμματος Β΄ επιπέδου «*Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση και εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη*», το οποίο υλοποιείται ανά ειδικότητα (e-pimorfosi.cti.gr/).

Πρόσφατα με το αιφνιδιαστικό κλείσιμο των σχολείων εξαιτίας της πανδημίας, οι εκπαιδευτικοί βρέθηκαν ανέτοιμοι να αξιοποιήσουν τις ΤΠΕ στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση. Σε αυτήν την ανάγκη προσπάθησε να ανταποκριθεί η τελευταία δράση του ΥΠΑΙΘ «*Τ4Ε: Ταχύρρυθμη Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών στην Εξ αποστάσεως Εκπαίδευση*», που υλοποιήθηκε το σχολικό έτος 2020 - 2021 στα πλαίσια του ΕΣΠΑ 2014-2020, με την αξιοποίηση των τεχνολογιών *Cisco Webex* (σύγχρονη εκπαίδευση) και τις πλατφόρμες *e-me* και *e-Class* (ασύγχρονη εκπαίδευση) για την ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων των εκπαιδευτικών σχετικά με τις διδακτικές προσεγγίσεις και τα εργαλεία της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, ώστε αυτή να μπορεί να εφαρμοσθεί στην εκπαιδευτική πράξη με ποιοτικό τρόπο (t4e.sch.gr/).

1.6.3 Το Ψηφιακό Σχολείο

Την περίοδο 2010-2011 υλοποιήθηκε η πιλοτική εφαρμογή του «*Ενιαίου Αναμορφωμένου Προγράμματος*» (ΕΑΕΠ, 2010), προετοιμάζοντας την ανάπτυξη του Ψηφιακού Σχολείου στην ΠΕ. Με βασικούς άξονες την παροχή γενικής παιδείας και την ανάπτυξη μαθησιακών δεξιοτήτων και στάσεων αποτελεί το σχεδιασμό ενός εκπαιδευτικού συστήματος που να ανταποκρίνεται στις νέες προκλήσεις του 21ου αιώνα. Οι ΤΠΕ για πρώτη φορά αντιμετωπίζονται σαν ανεξάρτητος πυλώνας στο σχεδιασμό των ΑΠΣ στην υποχρεωτική εκπαίδευση με βασικό συστατικό τον *Πληροφοριακό Γραμματισμό* (ICT literacy), ο οποίος περιγράφει την ικανότητα των μαθητών/-τριών να χρησιμοποιούν τις νέες τεχνολογίες με σκοπό την ανταπόκριση τους στις απαιτήσεις της σύγχρονης κοινωνίας της γνώσης. Επομένως, στα νέα ΑΠΣ, οι ΤΠΕ αποτελούν εκτός από γνωστικό αντικείμενο και εργαλείο μάθησης και επικοινωνίας (Μπράτιτσης, 2013).

Το 2021 εγκρίθηκε από το Συμβούλιο Οικονομικών και Δημοσιονομικών Θεμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ecofin) το Εθνικό Σχέδιο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας «*Ελλάδα 2.0*» που περιλαμβάνει μεταρρυθμίσεις που αφορούν σε τέσσερις πυλώνες μεταξύ των οποίων και η Παιδεία. Στον πυλώνα της Παιδείας ο *Άξονας 3.2.*:«*Ενίσχυση της εκπαίδευσης και της δια βίου μάθησης και εκσυγχρονισμός της επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης»* περιλαμβάνει μεταρρυθμίσεις που αφορούν στα εξής:

- εκσυγχρονισμό του συστήματος ανάπτυξης δεξιοτήτων
- ενσωμάτωση νέων μεθοδολογιών και ψηφιακών εργαλείων
- αξιολόγηση του συστήματος επαγγελματικής κατάρτισης
- αυτονομία του εκπαιδευτικού συστήματος και σύνδεση του με τις σύγχρονες ανάγκες της αγοράς εργασίας και την ψηφιακή εποχή
- εξωστρέφεια προς την τοπική και διεθνή κοινότητα και οικονομία

(ΥΨΔ, 2020)

Στην τυπική εκπαίδευση ο Άξονας 3.2 περιλαμβάνει την υλοποίηση ολοκληρωμένων προγραμμάτων σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες με σκοπό την Ψηφιακή Κουλτούρα Μάθησης. Αυτά περιλαμβάνουν :

- ψηφιοποίηση του εκπαιδευτικού υλικού
- εισαγωγή σύγχρονων τεχνολογικών εργαλείων
- απόκτηση τεχνολογικού εξοπλισμού
- ψηφιακή κατάρτιση των εκπαιδευτικών

(ΥΨΔ, 2020)

Βαρύνουσας σημασίας είναι και ο ψηφιακός μετασχηματισμός της διοίκησης της εκπαίδευσης και της αναβάθμισης των υπηρεσιών της. Βασική επιδίωξη είναι η αναδιοργάνωση, η ψηφιοποίηση των υπηρεσιών και η απλοποίηση τους (ΥΨΔ, 2020).

1.7 Η χρήση των ΤΠΕ στις Επιστήμες της Φύσης (ΕτΦ)

Από το 1945 έχει υποστηριχθεί η άποψη πως ο υπολογιστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα συμβολικό σύστημα που διευκολύνει τη μάθηση παρέχοντας τη δυνατότητα ανάπτυξης ανώτερων νοητικών λειτουργιών. Με τη χρήση ενδεδειγμένων εκπαιδευτικών προγραμμάτων παρέχει «*σκαλωσιές»* (scaffolds) οικοδόμησης της γνώσης, καθώς οι μαθητές/-τριες έχουν τη δυνατότητα να επιλύουν προβλήματα υψηλότερου βαθμού δυσκολίας από αυτά που θα ήταν ικανοί χωρίς τη χρήση του. Μια τεράστια ποικιλία προγραμμάτων χρησιμοποιούνται ως σκαλωσιές μάθησης για να προωθήσουν ανώτερες λειτουργίες σκέψης των μαθητών/-τριών κατά τη διδασκαλία των ΕτΦ (Κόκκοτας, 2004), τα οποία έχουν ως στόχο την ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως η ικανότητα παρατήρησης, ο πειραματισμός, η αξιολόγηση δεδομένων, ο σχεδιασμός λύσεων και η επίλυση ερευνητικών προβλημάτων (Στασινάκης & Καλογιαννάκης, 2017).

Οι νέες τεχνολογίες παρέχουν τη δυνατότητα υλοποίησης δραστηριοτήτων μάθησης μέσα από ποικιλία διαφορετικών προσεγγίσεων. Στις ΕτΦ χρησιμοποιούνται 3D αναπαραστάσεις (π.χ. των πλανητικών επιφανειών ή της μοριακής δομής της ύλης), οι οποίες συμβάλλουν στη διερεύνηση των φυσικών φαινομένων από διαφορετικές οπτικές γωνίες και στην ανίχνευση σχέσεων που ήταν απαρατήρητες. Δεδομένης της ικανότητας του ανθρώπινου εγκέφαλου για γρήγορη επεξεργασία και αποθήκευση των οπτικών πληροφοριών οι ΤΠΕ μπορούν να συμβάλλουν αποτελεσματικά στη μάθηση (Κόκκοτας, 2004) .

Επίσης, οι 3D αναπαραστάσεις που αποτελούν εργαλεία επιστημονικής έρευνας προσαρμόζονται για χρήση στη σχολική τάξη και προσφέρουν δυνατότητες αλληλεπίδρασης με το φυσικό κόσμο παρέχοντας ευκαιρίες άμεσης εμπειρίας και υψηλού βαθμού εννοιολογική κατανόηση. Η δυνατότητα αλληλεπίδρασης που παρέχουν τα νέα μαθησιακά περιβάλλοντα αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο της μάθησης. Επομένως, σημειώνεται μια μετατόπιση του ενδιαφέροντος της έρευνας, καθώς το στατικό μοντέλο διδασκαλίας αντικαθίσταται από ένα δυναμικό με διαδραστικά διδακτικά εργαλεία (Κόκκοτας, 2004). Ανέκαθεν, οι ΤΠΕ στις ΕτΦ συνέβαλαν σε τέσσερα πεδία δραστηριότητας: τη διαχείριση των επιστημονικών δεδομένων, τη διερεύνηση, την πληροφόρηση και την επικοινωνία (Στασινάκης & Καλογιαννάκης, 2017). Η βελτιωμένη ικανότητα κατασκευής μοντέλων στον υπολογιστή των τελευταίων ετών οδήγησε σε νέες εφαρμογές για την μελέτη, το σχεδιασμό, τη σύνθεση, την ανάλυση και την επικοινωνία των δομών που ξεπερνούν κάθε φαντασία (Olson, 2018).

Ο εκδημοκρατισμός της χρήσης της οπτικοποίησης όμως υπονομεύεται από τον κίνδυνο λαθών ή παρερμηνειών. Για τη σύνθεση της νέας γνώσης η οπτική κατανόηση απαιτεί την ενσωμάτωση πληροφοριών από την επιστημονική βιβλιογραφία και τους πόρους που χρησιμοποιήθηκαν, με τις πληροφορίες από την εικονική εξερεύνηση των 3D δομών, πρακτική που ακολουθείται και από τους ειδικούς. Επομένως, η διδασκαλία των μοριακών δομών απαιτεί υπεύθυνη χρήση των δομικών δεδομένων γεγονός που προϋποθέτει βαθειά κατανόηση και εκμάθηση του βέλτιστου τρόπου χρήσης των εργαλείων οπτικοποίησης. Η συνεισφορά αυτών των συστατικών μπορεί να κάνει τη διδασκαλία του οπτικού

γραμματισμού ουσιαστική, μεγιστοποιώντας τη μάθηση και την επικοινωνία για όλους τους χρήστες (Dutta & Dries, 2019).

Η ανάπτυξη των ΕτΦ ενθαρρύνει με σταθερό ρυθμό την ανάπτυξη νέων τεχνολογικών εργαλείων. Η κλίμακα της μελέτης του φυσικού κόσμου υπερβαίνει πλέον τις νάνο- και τις μέγα- διαστάσεις και απαιτείται η συνδρομή της σύγχρονης τεχνολογίας της πληροφορίας με σκοπό την εξέλιξη των διδακτικών μέσων και την ανάπτυξη νέων μεθόδων εφαρμογής τους. Οι νέες τεχνολογίες πλέον προσφέρουν μια ευρεία πρόσβαση σε ποικιλία μη συμβατικών πηγών πληροφόρησης όπως ψηφιακά εγχειρίδια, ιστοσελίδες, εικονικές πύλες, εκπαιδευτικά λογισμικά, εφαρμογές κινητών συσκευών, συστήματα εξ αποστάσεως εκπαίδευσης. Η χρήση τους στη μελέτη των φυσικών φαινομένων παρέχει τη δυνατότητα διαθεματικής και διεπιστημονικής προσέγγισης ολοκληρωμένου χαρακτήρα και συνεισφέρει στην εφαρμογή καινοτομιών στην εκπαιδευτική διαδικασία (Hladun, 2020).

Η ανάπτυξη των ΤΠΕ απαιτεί να αλλάξουν ουσιαστικά οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις. Η προσέγγιση STEM (***S**cience, **T**echnology, **E**ngineering and **M**athematics*) που αποτελεί συγκερασμό των ΕτΦ με την πληροφορική και τη μηχανική, θα επιτρέψει να κατανοήσουν οι μαθητές/-τριες την ενότητα των θεμελιωδών ΕτΦ και να τονωθεί το ενδιαφέρον τους για αυτές. Αυτό θα συνεισφέρει σε μια πιο αποτελεσματική μαθησιακή διαδικασία εξασφαλίζοντας βελτιωμένες επιδόσεις και ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων. Η προσέγγιση STEM είναι ένα από τα πιο αποτελεσματικά εργαλεία που ανταποκρίνεται στη ζήτηση της κοινωνίας για έμπειρους ειδικούς στις ΕτΦ καθώς και στους τομείς της πληροφορικής, ρομποτικής και νανοτεχνολογίας. Η χρήση των εκσυγχρονισμένων μέσων και μεθόδων στη διδασκαλία των ΕτΦ μπορεί να είναι αποτελεσματική μόνο όταν ο καινοτόμος εκπαιδευτικός δεχθεί την απαραίτητη επιμόρφωση. Σε αυτό το πλαίσιο των σύγχρονων απαιτήσεων, η διδασκαλία STEM απαιτεί μια ποικιλία τεχνικών δεξιοτήτων και μπορεί να παρέχεται μόνο από τους εκπαιδευτικούς που έχουν την απαιτούμενη τεχνογνωσία για να διδάξουν εντός ενός ενιαίου συστήματος ΕτΦ και τεχνολογιών (Hladun, 2020).

Συμπερασματικά, οι ΤΠΕ μπορούν να οδηγήσουν σε ικανοποιητικότερα μαθησιακά αποτελέσματα της διδασκαλίας των ΕτΦ όταν εντάσσονται στα ΑΠΣ και η χρήση τους συμβαδίζει με τη γνώση μας για τους τρόπους με τους οποίους συντελείται η μάθηση (Κόκκοτας, 2004). Ο τελικός σκοπός της αξιοποίησης τους είναι η αύξηση της ποιότητας της παρεχόμενης σχολικής εκπαίδευσης μέσω του εκσυγχρονισμού της (Hladun, 2020).

1.8 ΤΠΕ και συνεργατική μάθηση (ΣΜ)

Η διδασκαλία και η μάθηση είναι κοινωνικά προσδιορισμένες διαδικασίες. Η εφαρμογή της «*συνεργατικής μάθησης»* (ΣΜ) στη διδασκαλία των ΕτΦ έχει τα θεμέλια της σε σύγχρονες επιστημονικές αντιλήψεις οι οποίες βασίζονται στη θεωρία του εποικοδομισμού και της εγκαθιδρυμένης γνώσης. Αυτές υπογραμμίζουν έντονα ότι η μάθηση δεν αποτελεί μόνο μια ατομική νοητική λειτουργία αλλά μια κοινωνική και πολιτισμική διαδικασία η οποία διεξάγεται μέσω της αλληλεπίδρασης και της επικοινωνίας με το περιβάλλον. Η εισαγωγή των υπολογιστών στην εκπαιδευτική διαδικασία έθεσε νέους

προβληματισμούς για τη ΣΜ και διδασκαλία και τη χρήση δικτύων και επέκτεινε τα περιορισμένα όρια της συνεργασίας, σε πραγματικό χρόνο (Κόκκοτας, 2004).

Ουσιαστική έκφραση της συνεργατικής προσέγγισης στη μάθηση και στη διδασκαλία είναι η εφαρμογή του «*σχεδίου εργασίας»*(project), μια μέθοδος που ενσαρκώνει τις σύγχρονες ΘΜ και η οποία, μέσω της ελκυστικότητας που παρουσιάζει, μπορεί να επιφέρει σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα. Βασική δομή της μεθόδου είναι η διεκπεραίωση πέντε βασικών σταδίων: α) πρωτοβουλία των μαθητών/-τριών να εξετάσουν κάποιο θέμα, β) ανταλλαγή απόψεων, γ) από κοινού διαμόρφωση των πλαισίων δράσης, δ) υλοποίηση των θεμάτων που έχουν προταθεί και ε) παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Με τα σχέδια εργασίας η μάθηση γίνεται πιο ενδιαφέρουσα, βαθύτερη, αμεσότερη και περισσότερο σφαιρική, άρα και ανθεκτική στο χρόνο, καθώς και αποτελεσματική ως προς την εφαρμογή των γνώσεων στην πράξη (Ζωγόπουλος, 2013).

1.8.1 Πλεονεκτήματα της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας

Ποιοτικότερη μαθησιακή διαδικασία και αποτελεσματικότητα

Η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία αποτελεί μία ποιοτικότερη μαθησιακή διαδικασία σε σχέση με την παραδοσιακή και οδηγεί σε βελτίωση της μαθησιακής αποτελεσματικότητας μέσω της ενεργητικής εμπλοκής των μαθητών/-τριών, της αυτενέργειας και της κοινωνικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των μελών των ομάδων. Επιπλέον, αυτός ο τύπος διδασκαλίας συμβάλλει στη διαθεματική προσέγγιση της γνώσης και ενισχύει την μάθηση που βασίζεται σε ανακαλυπτικές, διερευνητικές και βιωματικές δραστηριότητες και οδηγεί στην αμεσότερη προσωπική ανάπτυξη, μέσω της καλλιέργειας της κριτικής σκέψης και ανώτερων πνευματικών δεξιοτήτων (Ζωγόπουλος, 2013).

Βελτίωση του μαθησιακού περιβάλλοντος

Το σχολικό κλίμα της τάξης μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η μάθηση έχει σημαντική επίδραση στην οικοδόμηση της γνώσης. Οι μαθητές/-τριες εργαζόμενοι σε ομάδες ανταλλάσσουν απόψεις και καταλήγουν σε κοινές αποφάσεις, γεγονός που ενισχύει τη μάθηση (Αθανασίου, 2015), καθώς προάγεται η αυτοεκτίμηση και η θετική στάση τους απέναντι στο σχολείο (Ζωγόπουλος, 2013).

Βελτίωση των στάσεων σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο

Οι μαθητές/-τριες στη ΣΜ είναι πιο ικανοποιημένοι από τις μαθησιακές εμπειρίες τους συγκριτικά με αυτούς που διδάσκονται με τον παραδοσιακό τρόπο. Η ενεργός εμπλοκή προκαλεί ικανοποίηση καθώς τα μέλη των ομάδων γνωρίζονται μεταξύ τους. Στην παραδοσιακή τάξη το λάθος, μπορεί να επιφέρει τη γελοιοποίηση. Αντιθέτως, στην ομαδική παρουσίαση η ευθύνη επιμερίζεται στα μέλη της ομάδας και το λάθος μπορεί να αποτελέσει εργαλείο μάθησης. Αυτή η διαδικασία, είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για μαθητές/-τριες μειονοτικών ομάδων δίνοντας τους την ευκαιρία έκφρασης χωρίς τον κίνδυνο της γελιοποίησης (Αθανασίου, 2015) καθώς καλλιεργείται η αποδοχή των λιγότερο

δημοφιλών ατόμων. Επίσης, περιορίζεται το άγχος της σχολικής επίδοσης και ο φόβος πιθανής αποτυχίας (Ζωγόπουλος, 2013).

Βελτίωση της κατανόησης πραγματικών επιστημονικών πρακτικών

Στη ΣΜ όταν οι μαθητές/-τριες προσπαθούν για την επίλυση ενός προβλήματος στην ουσία ακολουθούν τον επιστημονικό τρόπο εργασίας (Αθανασίου, 2015). Προτείνονται εναλλακτικές προσεγγίσεις επίλυσης του εκάστοτε προβλήματος, μέσω της ανταλλαγής απόψεων, ανάπτυξη επιχειρηματολογίας, διαφορετική επεξήγηση των δεδομένων και επινόηση διαφορετικών στρατηγικών δράσης (Ζωγόπουλος, 2013).

Ενίσχυση των κοινωνικών δεξιοτήτων

Η ΣΜ μέσω της κοινής αντιμετώπισης των προβλημάτων έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη διαπροσωπικών σχέσεων των μαθητών/-τριών που αποτελεί κύριο στόχο του σχολείου. Στο πλαίσιο της ομάδας η επίτευξη κοινών στόχων δημιουργεί συνθήκες για συζήτηση, αντιπαράθεση και λήψη κοινών αποφάσεων. Επίσης, οι μαθητές/-τριες εξασκούνται στην αντιμετώπιση κρίσεων όταν προκύπτουν διαφωνίες και αυτή η δεξιότητα είναι σημαντική για τη μετέπειτα ζωή τους. Επιπλέον, συνεισφέρει στην αποδοχή της διαφορετικότητας και την κοινωνική ένταξη ατόμων διαφορετικής προέλευσης ή δυνατοτήτων, ώστε να περιορίζονται οι απορριπτικές συμπεριφορές (Ζωγόπουλος, 2013).

Διαμόρφωση καλύτερης αξιολόγησης

Στη ΣΜ ο εκπαιδευτικός έχει πολλές ευκαιρίες να εκτιμήσει την πρόοδο μαθητών/-τριών. Με την ανάθεση εργασιών, αυξάνονται οι πιθανότητες συμμετοχής όλων. Ο ομαδικός σχεδιασμός και η κατανομή εργασιών έχει σαν αποτέλεσμα να μελετά ο καθένας τη δουλειά των υπόλοιπων μελών και να ασκεί κριτική πριν από την παράδοση της εργασίας. Επιπλέον, εφαρμόζονται τεχνικές με τις οποίες στον τελικό βαθμό της ομάδας εκπροσωπείται το ποσοστό που αντιστοιχεί στο κάθε μέλος (Ζωγόπουλος, 2013).

1.8.2 Μειονεκτήματα της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας

Ως μειονεκτήματα μπορούν να αναφερθούν:

- *Προβλήματα επικοινωνίας* (σχετίζονται με μη ενδεδειγμένο τρόπο διεξαγωγής συζήτησης, την αξιοποίηση του διαθέσιμου μαθητικού δυναμικού, τη διαδικασία ολοκλήρωσης των εργασιών)
- *Προβλήματα συμμετοχής* (άνιση συμμετοχή των μελών της ομάδας και διαφορετικές προσωπικότητες που έχει κάθε ένας από αυτούς)
- *Προετοιμασία εκπαιδευτικού* (ο σχεδιασμός μιας διδασκαλίας απαιτεί περισσότερο χρόνο σε σχέση με άλλες διδακτικές στρατηγικές)
- *Αξιολόγηση μαθητών/-τριών* (αποτελεί διαδικασία που απαιτεί σαφώς προσδιορισμένα όρια

μεταξύ της ατομικής επίδοσης και της ομαδικής συνεισφοράς)

- *Πρακτικές δυσκολίες* (η έλλειψη πόρων αποτελεί αντικειμενική δυσκολία διεξαγωγής της διδασκαλίας)
- *Μη ανοικτά αναλυτικά προγράμματα* (η χρονική πίεση που ασκείται στον εκπαιδευτικό να ανταπεξέλθει στην ποσότητα της διδακτέας ύλης περιορίζει τη δημιουργικότητα του κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή της διδασκαλίας)

(Ζωγόπουλος, 2013)

1.8.3 Η συμβολή των ΤΠΕ στην ομαδοσυνεργατική διδασκαλία

Οι ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες που δημιουργούνται στο ηλεκτρονικό υπολογιστικό περιβάλλον και συνδυάζουν επικοινωνία, αλληλεπίδραση με τις πηγές, αυτενέργεια, διαθεματικότητα, διεπιστημονικότητα και ανατροφοδότηση, μεγιστοποιούν τα οφέλη της τεχνολογίας στην σχολική τάξη για το μαθητικό δυναμικό.

Συνεργατικά εργαλεία ΤΠΕ

Ένα σύστημα διαχείρισης της ηλεκτρονικής μάθησης συντελεί στην επικοινωνία και τη συνεργασία όταν παρέχει:

- ηλεκτρονική επικοινωνία, δηλαδή αλληλογραφία (*E-mail*), χώρους ανταλλαγής απόψεων (*Forums*) και διά ζώσης συνομιλία μέσω μηνυμάτων (*Chat*)
- διαμοιρασμό αρχείων μεταξύ των συμμετεχόντων στην ομάδα
- υποστήριξη wiki, δηλαδή ιστοσελίδων με δυνατότητα τροποποίησης του περιεχομένου τους από οποιοδήποτε μέλος στο πλαίσιο ομαδικών εργασιών.

(Paraskevas, 2015)

ΚΕΦ.2 Η ΝΕΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΣΤΟΝ 21ο ΑΙΩΝΑ

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται η στροφή της επιστήμης της Βιολογίας από την αναγωγική στην ολιστική θεώρηση του έμβιου κόσμου, οι διαστάσεις και οι προοπτικές του σύγχρονου μοντέλου διδασκαλίας της καθώς και η συμβολή των ΤΠΕ στην αντιμετώπιση των σύγχρονων προκλήσεων της διδασκαλίας της Βιολογίας με σκοπό την ουσιαστική μάθηση.

2.1 Η αλλαγή Παραδείγματος

Παρά το γεγονός ότι οι ιστορικοί αποκαλούν τον 20ο αιώνα μεγάλο αιώνα της βιολογίας, ο 19ος ήταν ο αιώνας της ενηλικίωσης της προσδιορίζοντας τα μεγάλα προβλήματα που θα την απασχολούσαν στη συνέχεια. Οι Pasteur, Koch και άλλοι ερευνητές έδειξαν ότι ο ζωντανός κόσμος δεν περιλαμβάνει μόνο φυτά και ζώα, ο Δαρβίνος αναδιατύπωσε τη θεωρία της εξέλιξης, το κύτταρο αναδείχθηκε η βασική μονάδα της ζωής, το γονίδιο άρχισε να προσδιορίζεται και η εμβρυολογία να αποτελεί ένα συναρπαστικό γρίφο. Τα μεγάλα προβλήματα της βιολογίας του 19ου αιώνα από εννοιολογικής απόψεως, ήταν δύο διαφορετικών τύπων: α) αυτά της μελέτης του γονιδίου και του κυττάρου που η κατανόηση τους βρισκόταν στα μέρη και β) τα ολιστικά προβλήματα, της εξέλιξης και της φύσης της βιολογικής οργάνωσης. Το γενικό κλίμα που επικρατούσε τον αιώνα αυτό ήταν ο αναγωγισμός της κλασικής φυσικής ο οποίος είχε επηρεάσει έντονα όλους τους επιστημονικούς τομείς της δυτικής κοινωνίας. Για την κλασική φυσική η αλήθεια βρισκόταν μόνο στα άτομα και τις αλληλεπιδράσεις τους και ο έμβιος κόσμος με όλη του ομορφιά ήταν απλώς μια σύνθετη εκδήλωση της ατομικής πραγματικότητας. Η διαφορά μεταξύ της ατομικής και της βιολογικής πραγματικότητας που εντοπίζεται στην άμεση εμπειρία αποτέλεσε τη συζήτηση που οδήγησε στην ανάπτυξη της βιολογίας του 20ου αιώνα. Η θετική πλευρά ήταν ότι η βιολογία στο σύνολο της ωφελήθηκε από τον γενικό τρόπο λειτουργίας του φυσικού, τη σαφή διαμόρφωση των προβλημάτων και τον έλεγχο των υποθέσεων. Η αρνητική πλευρά ήταν ότι τα ολιστικά προβλήματα της βιολογίας παρέμειναν στο περιθώριο (Woese, 2004).

Ο αναγωγισμός διακρίνεται σε εμπειρικό και φονταμενταλιστικό αναγωγισμό. Ο εμπειρικός αναγωγισμός είναι μεθοδολογικός και προτάσσει την ανάλυση ενός συστήματος στα συστατικά του μέρη. Ο φονταμενταλιστικός αναγωγισμός της κλασικής φυσικής του 19ου αιώνα χαρακτηρίζεται από μια μεταφυσική διάσταση κατά την οποία τα βιολογικά συστήματα μπορούν να γίνουν πλήρως κατανοητά γνωρίζοντας απλώς τις ιδιότητες των συστατικών τους. Ο 19ος αιώνας χαρακτηρίσθηκε από την αναγωγική κοσμοθεωρία της κλασικής φυσικής και οι βιολόγοι δεν αποτελούσαν εξαίρεση της επίδρασης αυτής της θεώρησης. Η είσοδος της φυσικής και της χημείας στη βιολογία καθώς και της τεχνολογίας αυτών των επιστημών κρίθηκε απαραίτητη αλλά λειτούργησε ως δούρειος ίππος. Η βιολογία έχασε το κύρος της γρήγορα καθώς η φυσική ήταν αυτή που έδινε τις τελικές εξηγήσεις. Η βιολογία ήταν ουραγός στο σχήμα: *φυσική → χημεία → βιολογία* (Woese, 2004).

Η βιολογία βρέθηκε στο κρίσιμο σταυροδρόμι να εξακολουθήσει την έως τότε πορεία της ή να αποτινάξει την αναγωγική ηγεμονία και να καθιερωθεί ως μία νέα θεμελιώδης επιστήμη δίνοντας

ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην ολιστική βιολογία με κύριους στόχους την κατανόηση της φύσης της βιολογικής οργάνωσης και της εξέλιξης. Η κοινωνία αρνείται μια βιολογία της οποίας η φιλοσοφική θεώρηση είναι παρωχημένη και παραπλανητική και πρέπει να συνειδητοποιήσει ότι η ουσιαστική σχέση μεταξύ της βιολογίας και των άλλων ΕτΦ είναι αμοιβαία: *φυσική* ↔ *βιολογία*. Η είσοδος της μηχανικής στη βιολογία, την καθιστά περισσότερο θεμελιώδη επιστήμη, που είναι σε θέση να εξετάζει και να διαμορφώνει τη φύση της πραγματικότητας. Πρόκειται για ένα δίλημμα ανάμεσα σε μια βιολογία που απλώς προσφέρει στην κοινωνία και σε μια βιολογία που διδάσκει την κοινωνία (Woese, 2004).

Η επιστήμη αποτελεί μια διαδικασία συνεχούς αναζήτησης της αλήθειας. Κάθε αναπαράσταση της πραγματικότητας είναι μία μερική αλήθεια και η επιστημονική πρόοδος είναι μια εναλλαγή νέων αναπαραστάσεων που ενίοτε καταρρίπτουν τις προηγούμενες. Η πρόοδος της επιστήμης καθορίζεται από δύο κύριους παράγοντες, την τεχνολογική εξέλιξη και το όραμα. Η μοριακή βιολογία του 20ου αιώνα ήταν ένας επιτυχημένος συνδυασμός και των δύο. Η επιτυχία της οφείλεται στη διερεύνηση μερικών προβλημάτων της επιστήμης από μια αναγωγική σκοπιά και στην πρωτοφανή συγκομιδή των ευρημάτων της. Τα υπόλοιπα προβλήματα, τα οποία σχετίζονταν με την εξέλιξη και τη φύση της βιολογικής οργάνωσης επέλεξε να τα αγνοήσει ως ασήμαντα ή ανεξήγητα (Woese, 2004).

Η βιολογία του 21ου αιώνα επικεντρώνεται στα σπουδαία μη αναγωγικά προβλήματα του 19ου αιώνα τα οποία παραμέλησε η μοριακή βιολογία. Είναι η στιγμή η αναγωγική μοριακή προοπτική να δώσει τη θέση της με μια νέα ολιστική θεώρηση του έμβιου κόσμου, με κέντρο του ενδιαφέροντος την εξέλιξη και την πολυπλοκότητα της οργάνωσης των βιολογικών συστημάτων (Woese, 2004). Τα τελευταία είκοσι πέντε χρόνια, με την ανάδυση νέων τεχνολογιών που προάγουν τη βιολογική έρευνα η επιστήμη της βιολογίας άλλαξε ριζικά και ταυτόχρονα και η εκπαίδευση της βιολογίας, ενώ αναπτύχθηκε μια ερευνητική κοινότητα βασισμένη στη λογική της εκπαίδευσης στις βιοεπιστήμες (Aikens, 2020).

2.2 Το σύγχρονο μοντέλο διδασκαλίας και εκπαίδευσης της Βιολογίας

Το *National Research Council* (NRC, 2012) με στόχο την υποστήριξη του επιστημονικού γραμματισμού και λαμβάνοντας υπόψη: α) τα *National Science Educational Standards* – NSES (NRC, 1996), β) την Έκθεση *Bio2010* (2003), η οποία εστίασε το ενδιαφέρον της στη διεπιστημονικής εκπαίδευση των μελλοντικών βιοϊατρικών ερευνητών, γ) το *A New Biology for the 21st Century* (2009), το οποίο συνέταξε μια ολοκληρωμένη ατζέντα για την αντιμετώπιση κοινωνικών ζητημάτων που σχετίζονται με την επιστήμη της βιολογίας και δ) την *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) που επικεντρώθηκε στη διεπιστημονική κατάρτιση των μελλοντικών εκπαιδευτικών της βιολογίας (Aikens, 2020), πρότεινε το σύγχρονο μοντέλο για τη διδασκαλία και τη μάθηση. Αυτό περιλαμβάνει τις βασικές ιδέες κάθε επιστημονικού κλάδου (core ideas), τις διεπιστημονικές έννοιες (crosscutting concepts) και τις πρακτικές (practices) (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

Έννοιες βιοεπιστημών

Οι έννοιες αυτές αποτελούν τη βάση της εννοιολογικής κατανόησης του έμβιου κόσμου και αναπτύχθηκαν αντικατοπτρίζοντας τις ενοποιητικές αρχές των βιοεπιστημών:

- *Από τα μόρια στους οργανισμούς:* που αφορά στη δομή και τη λειτουργία των οργανισμών με ενοποιητική αρχή ότι «το κύτταρο αποτελεί τη θεμελιώδη μονάδα της ζωής»
- *Οικοσυστήματα:* που αφορά στις αλληλεπιδράσεις των οργανισμών μεταξύ τους αλλά και με το περιβάλλον τους
- *Κληρονομικότητα:* που εξηγεί τη μεταβίβαση των γενετικών πληροφοριών στις επόμενες γενιές και τα αίτια των γενετικών μεταλλάξεων
- *Βιολογική εξέλιξη:* που αφορά στην εμφάνιση νέων χαρακτηριστικών στους πληθυσμούς, την ποικιλομορφία των ειδών και τη βιολογική τους ενότητα

(Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021)

Επιστημονικές πρακτικές

Το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών που διδάσκουν το αντικείμενο της Βιολογίας για τη βελτίωση του μαθησιακού περιβάλλοντος, θα πρέπει να επικεντρωθεί στην ενσωμάτωση της Βιολογίας με άλλους κλάδους STEM. Στην εκπαίδευση των ΕτΦ, επομένως και της Βιολογίας, αναδεικνύονται ως καίριες οκτώ πρακτικές στις οποίες οι μαθητές/-τριες θα πρέπει να εμπλέκονται:

- έκφραση ερωτημάτων σχετικά με την επιστήμη
- δημιουργία μοντέλων
- σχεδιασμός και η περάτωση εργασιών
- ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων
- χρήση υπολογιστικής σκέψης
- σχεδιασμός λύσεων
- επιχειρηματολογία
- αξιολόγηση και επικοινωνία των ληφθέντων πληροφοριών

(Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021)

Διεπιστημονική συνδεσιμότητα

Στον αιώνα που διανύουμε κύριος στόχος των ΕτΦ είναι να μυήσει το μαθητικό δυναμικό στον επιστημονικό τρόπο διερεύνησης και τις επιστημονικές πρακτικές. Η εμπλοκή των μαθητών/-τριών με τις επιστημονικές πρακτικές, τους αποκαλύπτει πώς αναπτύσσεται η επιστημονική γνώση, ενώ με τις πρακτικές της μηχανικής τους βοηθά να κατανοήσουν τον τρόπο εργασίας των μηχανικών και τη σύνδεση του με την επιστήμη. Ο στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν ότι η Νέα Βιολογία χαρακτηρίζεται από διεθνή και διεπιστημονική συνδεσιμότητα σε διάφορους τομείς της και το όραμα της είναι η συνεργασία για την

αντιμετώπιση των μεγάλων προκλήσεων του σύγχρονου κόσμου (παραγωγή ενέργειας, πρόληψη και θεραπεία ασθενειών, εξασφάλιση πόσιμου νερού και τροφής και μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής) (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021), διατήρηση της βιοποικιλότητας και παραγωγή νέων προηγμένων συνθετικών υλικών σε συνεργασία με το βιομηχανικό τομέα (Reiss, 2018).

Η επιστήμη και η μηχανική συνεργάζονται στενά κυρίως σε νέους τομείς όπως η νανοτεχνολογία, η συνθετική βιολογία και τα όρια μεταξύ τους συχνά γίνονται δυσδιάκριτα. Οι μαθητές/-τριες πρέπει να συλλάβουν αυτήν την αλληλεπίδραση και να κατανοήσουν τη σχέση επιστήμης, μηχανικής και κοινωνίας για να είναι σε θέση να στοχάζονται σχετικά με ζητήματα τοπικής, εθνικής και παγκόσμιας εμβέλειας (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021). Οι βασικές αρχές στην εκπαίδευση STEM που σχετίζονται με την εφαρμογή των ΕτΦ, τη μηχανική και την τεχνολογία είναι ο μηχανικός σχεδιασμός και η σύνδεση μηχανικής, τεχνολογίας, επιστήμης και κοινωνίας. Η εκπαιδευτική αυτή πρόταση συνοδεύεται από την ανάγκη επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

Προοπτικές

Η επιστήμη και η εκπαίδευση στη Βιολογία είναι σε θέση να υποστηρίξουν τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης (SDGs). Οι SDGs έχουν εστιάσει στην αντιμετώπιση δεκαεπτά διεθνών προβλημάτων, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τόσο οι SDGs όσο και η νέα επιστήμη και εκπαίδευση στη Βιολογία επικεντρώνονται σε μεγάλες προκλήσεις, όπως η ακραία φτώχεια και η κλιματική αλλαγή, με σοβαρές επιπτώσεις στους πληθυσμούς των αναπτυσσόμενων χωρών, οι οποίες απαιτούν συλλογική δράση. Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζονται οι δεκαεπτά SDGs.

Σχήμα 2.1 Οι Στόχοι της Βιώσιμης Ανάπτυξης ΟΗΕ (unric.org/el)

Τα προβλήματα αυτά θα επιλυθούν εφαρμόζοντας ποιοτικά πρότυπα που αφορούν μεταξύ άλλων και στην εκπαίδευση. Διάφορα προβλήματα, ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες μπορούν να επιλυθούν μέσω της ποιοτικής εκπαίδευσης και ο μετασχηματισμός στην εκπαίδευση πρέπει να προσανατολιστεί σε συμφωνία με το πρόγραμμα επίτευξης των SDGs (Wibowo & Saidikin, 2019).

Η βιβλιογραφική επισκόπηση των Wibowo και Saidikin (2019), η οποία κάλυψε τριάντα ένα άρθρα τα οποία δημοσιεύτηκαν μεταξύ 2010 – 2019 κατέδειξε ότι η Νέα Βιολογία μπορεί να επιτύχει πέντε στόχους: μηδενική πείνα, καλή υγεία και ευεξία, ποιοτική εκπαίδευση, καθαρό νερό και αποχέτευση και προσιτή και καθαρή ενέργεια. Μερικά από τα αναδυόμενα επιστημονικά πεδία όπως η μεταγονιδιωματική και η φαρμακογενωμική, αναφέρουν άμεσα τη συνάφεια της Νέας Εκπαίδευσης στη Βιολογία με την υγεία των οικοσυστημάτων. Η επιστήμη και η εκπαίδευση της Βιολογίας μπορεί να βρουν τις λύσεις για τα μελλοντικά προβλήματα, επομένως είναι σημαντικό να εκπαιδεύσουμε τους νέους ώστε να συνδέσουν την επιστήμη και την εκπαίδευση με την καθημερινή ζωή (Wibowo & Saidikin, 2019).

Η Νέα Βιολογία για να επιτύχει βαθύτερη κατανόηση των βιολογικών συστημάτων αντλεί γνώσεις από πολλούς κλάδους. Η κατανόηση αυτή συνεισφέρει στην ανάπτυξη λύσεων για κοινωνικά προβλήματα και παράλληλα εμπλουτίζει τους επιμέρους κλάδους. Η Νέα Βιολογία δεν καταργεί την έρευνα η οποία εξακολουθεί να αποτελεί το θεμέλιο της. Αν παρομοιάσουμε την κατανόηση μας για τον έμβιο κόσμο με τη συναρμολόγηση ενός παζλ, καθένας από τους επιμέρους κλάδους έχει συνεισφέρει κάποια κομμάτια για τη σύνθεση, όμως υπάρχουν ακόμα πολλά κενά. Επομένως, επιβάλλεται η συνέχιση της προσπάθειας για την κάλυψη τους. Η πολυπλοκότητα των βιολογικών συστημάτων είναι μεγάλη και αναμένονται στο μέλλον σημαντικές ανακαλύψεις. Η Νέα Εκπαίδευση στη Βιολογία πρέπει να διευκολύνει την ανάπτυξη της αυτονομίας των μαθητών/-τριών, με εγκεκριμένες διδακτικές μεθόδους για την επίτευξη υψηλής ποιότητας διδασκαλίας και μάθησης (Wibowo & Saidikin, 2019).

2.3 Οι προκλήσεις στη διδασκαλία της Βιολογίας

Η επιστήμη της Βιολογίας σε σχέση με τις υπόλοιπες ΕτΦ παρουσιάζει ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά εγείροντας αιτήματα τα οποία απαιτούν να απαντηθούν από τη σύγχρονη Διδακτική της Βιολογίας (Στασινάκης, 2016). Η ιδιαιτερότητα αυτή συνίσταται σε μοναδικά χαρακτηριστικά που διακρίνουν την έμβια από την άβια ύλη και τα οποία προσπάθησε να σκιαγραφήσει ο Mayer (2008), παραθέτοντας έναν κατάλογο αυτών:

Πολυπλοκότητα και οργάνωση των μερών σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης στην ιεραρχία της ζωής, *χημική μοναδικότητα* των οργανικών μορίων με ιδιαίτερα γνωρίσματα, *ποιοτικά χαρακτηριστικά* ατόμων που οδηγούν σε ποικιλομορφία των ομάδων τους, *ατομική μοναδικότητα και μεταβλητότητα* αυτής με την πάροδο του χρόνου, *γενετικός προγραμματισμός* συμβάλλοντας στην αύξηση της ποικιλομορφίας, *ιστορική φύση* λόγω της κοινής καταγωγής, *φυσική επιλογή* τυχαία ως προς την ποικιλομορφία αλλά τοπικά και χρονικά προσδιορισμένη και *απροσδιοριστία* προβλέψεων εξαιτίας της τυχαιότητας, της

μοναδικότητας των συμβάντων, των μη προβλέψιμων αλληλεπιδράσεων ατόμων και περιβαλλοντικών συνθηκών και της εμφάνισης νέων ιδιοτήτων (Στασινάκης, 2016).

Η μελέτη των βιολογικών δομών και των αλληλεπιδράσεων των συστατικών τους σε μικροσκοπικό επίπεδο αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση κατανόησης της ποικιλομορφίας της δομής και λειτουργίας έμβιου κόσμου σε μακροσκοπικό επίπεδο. Οι μαθητές/-τριες παρουσιάζουν δυσκολίες κατανόησης των αόρατων βιολογικών συστατικών και λειτουργιών σε μικροσκοπικό επίπεδο και παρουσιάζουν αδυναμία σύνδεσης αυτών με τα ορατά και παρατηρούμενα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά (Stasinakis & Nikolaou, 2017). Η αδυναμία κατανόησης των απεικονίσεων των μικροσκοπικών δομών οφείλεται στο γεγονός ότι αυτές δεν είναι απτές και δε μπορούν να τις χειριστούν (Wu et al., 2001). Επίσης, οι μαθητές/-τριες αγνοούν την δυναμική φύση των βιολογικών συστημάτων (Oliveira & Galembeck, 2016). Εξαιτίας της αδυναμίας τους να κάνουν προβολές του μικρόκοσμου στον μακρόκοσμο αποδίδουν στα βιολογικά φαινόμενα ντετερμινιστικές ερμηνείες. Επίσης, η κατανόηση της επιστημονικής ορολογίας απαιτεί μια πρόσθετη προσπάθεια εκ μέρους τους στα πλαίσια της εκμάθησης της κυτταρικής βιολογίας (Stasinakis & Nikolaou, 2017).

Η παραπάνω μελέτη ανέκαθεν αποτελούσε πρόκληση για ερευνητές και εκπαιδευτικούς. Η 3D απεικόνιση βιολογικών δομών αποτελεί βασική δεξιότητα αντιμετώπισης των δυσκολιών εκμάθησης εννοιών της μοριακής βιολογίας, βιοχημείας και κυτταρικής βιολογίας καθώς και ανατροπής εναλλακτικών ιδεών που προκύπτουν με τις συμβατικές διδακτικές μεθόδους. Η διδασκαλία με την αξιοποίηση της νέας αυτής δυνατότητας μπορεί να προσφέρει τις απαραίτητες εξηγήσεις για την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής των λανθασμένων πρότερων αντιλήψεων (Στασινάκης & Καλογιαννάκης, 2017). Η 3D μοριακή απεικόνιση μπορεί να υποστηρίξει την προσπάθεια των μαθητών/-τριών να συσχετίσουν τις γνώσεις τους για τις χημικές και βιολογικές αρχές, να κατανοήσουν πειραματικά δεδομένα, να εξοικειωθούν με τις μεταφορές που αξιοποιούνται σε μοριακές απεικονίσεις και να κατανοήσουν τα πλαίσια αυτών για να έχουν πραγματικό νόημα (Dutta & Dries, 2019).

Σύμφωνα με τους Oliveira et al. (2009), η δυσκολία κατασκευής νοητικών μοντέλων και η έλλειψη εκπαιδευτικών πόρων καθιστά τη διδασκαλία και μάθηση της βιολογίας δύσκολη. Οι έρευνες για την αντιμετώπιση αυτών των δυσκολιών προτείνουν την εφαρμογή ποικιλίας διδακτικών προσεγγίσεων (χρήση φυσικών μοντέλων, 2D και 3D απεικονίσεων και κατάλληλων εκπαιδευτικών λογισμικών). Στην εκπαιδευτική πράξη η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών/-τριών οι οποίοι σε ένα συμβατικό περιβάλλον μάθησης θα δυσκολεύονταν να κατανοήσουν τις αφαιρέσεις του μικρόκοσμου. Η αποτελεσματική διδασκαλία στον οπτικό γραμματισμό απαιτεί προσεκτική εξέταση των τρόπων με τους οποίους οι μαθητές/-τριες αλληλεπιδρούν, επεξεργάζονται και κατανοούν τις αναπαραστάσεις βιομορίων και μοριακών φαινομένων (Dutta & Dries, 2019).

2.4 Η αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδασκαλία της Βιολογίας

Τα νέα τεχνολογικά εργαλεία βασιζόμενα στις αντιλήψεις του εποικοδομισμού δεν πρέπει να λειτουργούν ως μεταδότες πληροφοριών αλλά να προάγουν ανώτερες δεξιότητες σκέψης και να διευκολύνουν την οικοδόμηση της γνώσης (Κόκκοτας, 2004). Τα εργαλεία αυτά με τις νέες δυνατότητες που προσφέρουν συνεισφέρουν σημαντικά στην αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας της Βιολογίας. Οι δυνατότητες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- *Οργάνωση των εννοιών και της σχέσης τους* διευκολύνοντας την εκμάθηση της πολυπλοκότητας του έμβιου κόσμου
- *Οπτικοποίηση αφηρημένων εννοιών* μετατρέποντας τον αόρατο μικροσκοπικό κόσμο σε ορατό
- *Προσομοιώσεις* του έμβιου κόσμου σε μαθησιακά περιβάλλοντα με ρεαλιστική απόδοση
- *3D πολλαπλές αναπαραστάσεις* του έμβιου κόσμου σε πλήρη απόδοση
- *Διάδραση με βιολογικές λειτουργίες* η οποία δε μπορεί να συμβεί με κανένα άλλο τρόπο
- *Παρουσίαση δομών* σε τάξεις σχολικών μονάδων με έλλειψη πόρων
- *Μύηση σε αυθεντικές καταστάσεις* του επιστημονικού τρόπου εργασίας μέσω των εργαλείων Βιοπληροφορικής και του υλικού των βάσεων δεδομένων σε συμφωνία με το εκπαιδευτικό πλαίσιο
- *Διεπιστημονική και διαθεματική* διδασκαλία
- *Συντόμευση του χρόνου εξέλιξης χρονοβόρων βιολογικών διαδικασιών* ώστε να αποτελέσουν μαθησιακό αντικείμενο εντός της σχολικής τάξης
- *Παρουσίαση διαδικασιών της εξέλιξης* που έλαβαν χώρα σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο και είναι αδύνατο να επαναληφθούν λόγω του ιστορικού τους χαρακτήρα

(Στασινάκης, 2016).

Με τον κατάλληλο σχεδιασμό των διδακτικών στόχων και των μεθόδων επίτευξης τους, η χρήση των νέων τεχνολογιών μπορεί να συνεισφέρει στην ενεργητική συμμετοχή με θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Η χρήση απαιτεί από τον εκπαιδευτικό κατάλληλη καθοδήγηση προς τους μαθητές/-τριες για την αποφυγή δημιουργίας εναλλακτικών ιδεών (Στασινάκης, 2016).

Εκτός από την εννοιολογική κατανόηση η διδακτική της Βιολογίας ενδιαφέρεται και για την απόκτηση δεξιοτήτων κατασκευής και αξιολόγησης της γνώσης. Η χρήση των ΤΠΕ συνεισφέρει στην ενθάρρυνση αναστοχαστικών διαδικασιών. Τέλος, όπως και στις άλλες ΕτΦ η χρήση των νέων τεχνολογικών εργαλείων συμβάλλει στη ΣΜ μέσω της προώθησης της κοινωνικής διαπραγμάτευσης (Κόκκοτας, 2004).

ΚΕΦ.3 ΒΙΟΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ο ορισμός του πεδίου της Βιοπληροφορικής και η διεπιστημονικότητα του, το αντικείμενο του κλάδου της Δομικής Βιοπληροφορικής, οι κατηγορίες των βάσεων βιολογικών δεδομένων καθώς και η θέση του γνωστικού αντικειμένου της Βιοπληροφορικής στην ελληνική εκπαίδευση.

3.1 Ορισμός Βιοπληροφορικής και διεπιστημονικότητα

Είναι δύσκολο να προσδιορισθεί επακριβώς η προέλευση του όρου αλλά και του κλάδου της Βιοπληροφορικής. Ο όρος χρησιμοποιήθηκε αρχικά από την Ολλανδή βιολόγο Hogeweg (1977), ερευνήτρια στο Πανεπιστήμιο της Ουτρέχτης περιγράφοντας το πεδίο της έρευνας της ως «*Βιοπληροφορική*». Ωστόσο, ο όρος εκείνη την περίοδο δεν είχε σημαντική απήχηση στην κοινότητα των επιστημόνων. Στην Ευρώπη, το χρονικό σημείο αναγνώρισης του όρου φαίνεται να είναι η διοργάνωση του Συνεδρίου «*Η Βιοπληροφορική στα 90's*» στο Μάαστριχτ (1991). Στις ΗΠΑ είχε ιδρυθεί ήδη το *Εθνικό Κέντρο Πληροφοριών Βιοτεχνολογίας* (NCBI), όμως ακόμα απουσίαζε μια μακροπρόθεσμη στρατηγική που να συνδυάζει την πληροφορική και την επιστημονική έρευνα της μοριακής βιολογίας (Attwood et al., 2011).

Η συγκέντρωση βιοϊατρικών δεδομένων με ξέφρενους ρυθμούς από τα διάφορα κέντρα του κόσμου δημιούργησε στους ερευνητές την ανάγκη πρόσβασης και ανάλυσης τους. Η άνευ προηγουμένου γρήγορη συλλογή πληροφοριών βιολογικής αλληλουχίας ήταν άμεση συνέπεια μιας σειράς τεράστιων τεχνολογικών αλμάτων, με επακόλουθη εξέλιξη την ευρεία άνθιση αλγορίθμων και υπολογιστικών εργαλείων απαραίτητων για την ανάλυση, τη διαχείριση και την αποθήκευση των δεδομένων. Αυτές οι εξελίξεις οδήγησαν στη γέννηση του κλάδου που στις μέρες μας ονομάζουμε «*Βιοπληροφορική*» (Attwood et al., 2011).

Ο κλασικός όρος «*Βιοπληροφορική*» αναφέρεται στην πρακτική εφαρμογή, δηλαδή στην αξιοποίηση των υπολογιστικών τεχνικών για την απάντηση βιολογικών ερωτημάτων. Ο παραπλήσιος όρος «*υπολογιστική βιολογία*» αναφέρεται στα θεωρητικά αποτελέσματα που αξιοποιούνται προκειμένου να αναπτυχθεί μια κατάλληλη μεθοδολογία (Μπάγκος, 2015). Τις τελευταίες δεκαετίες, ο συνδυασμός της μεγάλης προόδου της γονιδιωματικής και της μοριακής έρευνας με αυτή των τεχνολογιών της πληροφορίας, οδήγησαν στην παραγωγή τεράστιου όγκου πληροφοριών που μπορούν να συνεισφέρουν σε εφαρμογές. Οι βασικές δραστηριότητες της Βιοπληροφορικής περιλαμβάνουν τη χαρτογράφηση και την ανάλυση γονιδιωματικών και αμινοξικών αλληλουχιών, την ευθυγράμμιση τους για σύγκριση και τη δημιουργία και προβολή 3D μοντέλων πρωτεϊνικών δομών (Sathyabama, Institute of Science and Technology).

Η Βιοπληροφορική περιλαμβάνει τη χρήση εργαλείων και τεχνικών από τρεις διαφορετικούς κλάδους:

- τη μοριακή βιολογία, που αποτελεί τη βασική πηγή των δεδομένων
- την επιστήμη των υπολογιστών, που παρέχει τα εργαλεία για την ανάλυση
- τα δίκτυα, μέσω των οποίων θα τελεστεί η επικοινωνία των αποτελεσμάτων

Οι τομείς στους οποίους δραστηριοποιείται η Βιοπληροφορική είναι:

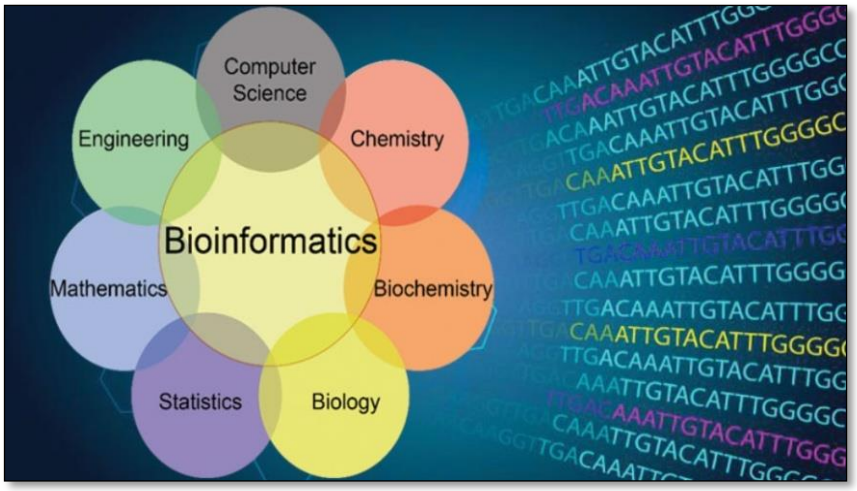
- Ανάλυση Μοριακής Αλληλουχίας
- Μοριακή Δομική Ανάλυση
- Μοριακή Λειτουργική Ανάλυση

(Sathyabama, Institute of Science and Technology)

Η συμβολή της Βιοπληροφορικής είναι σημαντική στις «*ομικές*» τεχνολογίες (omics) όπως η *γονιδιωματική* (genomics), *μεταγραφωμική* (transcriptomics), *πρωτεωμική* (proteomics) και *μεταβολωμική* (metabolomics), οι οποίες επιδιώκουν την ολιστική εξέταση των βιολογικών συστημάτων. Η συνεργασία αυτών των πεδίων αποτελεί τη *Βιολογία Συστημάτων* (Systems Biology) και η βασική προσέγγιση τους είναι ότι ένα πολύπλοκο σύστημα μπορεί να γίνει περισσότερο κατανοητό αν αντιμετωπισθεί ως σύνολο. Η συνεισφορά της Βιοπληροφορικής στη Βιολογία Συστημάτων έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές εφαρμογές όπως η διάγνωση και πρόγνωση γενετικών ασθενειών, η φαρμακογονιδιωματική, ο έλεγχος της τοξικότητας φαρμάκων και η διατροφογενωμική (Horgan & Kenny, 2011).

Συμπερασματικά, η Βιοπληροφορική είναι η μελέτη των βιολογικών συστημάτων με υπολογιστικές μεθοδολογίες, η οποία επικεντρώνεται στη δημιουργία και την ενίσχυση αλγορίθμων, βάσεων δεδομένων, υπολογιστικών και στατιστικών εργαλείων και θεωρίας που συνεισφέρει στην επίλυση πρακτικών κυρίως ζητημάτων που αναδύονται από τη διαχείριση και ανάλυση των βιολογικών δεδομένων (Sathyabama, Institute of Science and Technology).

Η Βιοπληροφορική αποτελεί έναν ραγδαία εξελισσόμενο διεπιστημονικό κλάδο, η έννοια του οποίου θα μπορούσε να ορισθεί ως το επιστημονικό πεδίο της σύμπραξης της επιστήμης της βιολογίας με άλλες επιστήμες, όπως η πληροφορική, η στατιστική και τα μαθηματικά (Σχήμα 3.1). Το ζητούμενο αυτού του γνωστικού χώρου είναι η εξερεύνηση νέων τρόπων προσέγγισης διαφόρων βιολογικών ζητημάτων καθώς παρουσιάζει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών, αλληλεπιδρώντας με τη δομική μοριακή βιολογία καθώς και με την πληθυσμιακή και την περιβαλλοντική βιολογία, την ιατρική πληροφορική και τη βιοστατιστική. Για την επίτευξη αυτού του στόχου αναπτύσσει μαθηματικές και υπολογιστικές μεθόδους ανάλυσης των βιολογικών πληροφοριών. Δεν αποτελεί αποκλειστική δραστηριότητα των βιολόγων, αλλά διεπιστημονικό κλάδο στον οποίο συνεισφέρουν επιστήμονες διακριτών ειδικοτήτων όπως βιολόγοι, επιστήμονες πληροφορικής και μαθηματικοί, οι οποίοι δεχόμενοι μία διεπιστημονική εκπαίδευση θα βρουν ένα κοινό τόπο και μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας (Μπάγκος, 2015).



Σχήμα 3.1 Η διεπιστημονικότητα της Βιοπληροφορικής (*https://thebiologynotes.com)*

3.2 Δομική Βιοπληροφορική

Η Δομική Βιοπληροφορική, αποτελεί κλάδο της Βιοπληροφορικής με αντικείμενο μελέτης την ανάλυση και την πρόγνωση της 3D δομής των βιολογικών μακρομορίων.

Η ανάλυση των 3D δομών περιλαμβάνει τρία επίπεδα:

- τους μαθηματικούς αλγόριθμους και το λογισμικό που χρησιμοποιούνται για οπτικοποίηση των βιολογικών δομών. Η συμβολή τους είναι σημαντική, καθώς η βελτιστοποίηση του μοντέλου βασίζεται στην επεξεργασία των δεδομένων της κρυσταλλογραφίας και των χαρτών ηλεκτρονικής πυκνότητας
- τη στοίχιση και υπέρθεση δομών και την αναγνώριση του πρωτεϊνικού διπλώματος αλλά και των επιπτώσεων του
- την κατασκευή 3D μοντέλων βιολογικών μακρομορίων

Ιδιαίτερα προκλητικό πεδίο αποτελεί η διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στη δομή και τη λειτουργία των βιομορίων, εξαιτίας της δυναμικής φύσης τους αλλά και του μεγάλου μεγέθους των μοριακών συγκροτημάτων. Η πολυπλοκότητα της μελέτης δυσχεραίνεται καθώς για τα σύνθετα συστήματα αξιοποιούνται πειραματικά δεδομένα όπως τα δεδομένα από την κρυσταλλογραφία ακτίνων X, NMR και φασματομετρία μάζας. Γι’ αυτό το λόγο έχουν αναπτυχθεί πολλές εφαρμογές λογισμικού που διευκολύνουν αυτή τη μελέτη. Οι αλγόριθμοι για την πρόβλεψη της δομής των συμπλεγμάτων μορίων είναι ανεκτίμητης αξίας καθώς συνεισφέρουν στο σχεδιασμό φαρμάκων (Cazals & Dreyfus, 2017). Δεδομένης της ύπαρξης της 3D δομής διαφόρων πρωτεϊνών, ξεκίνησε το μεγάλο ενδιαφέρον για την οπτικοποίηση τους (Μπάγκος, 2015).

3.3 Βάσεις βιολογικών δεδομένων

Οι βάσεις βιολογικών δεδομένων, αποτελούν τη βασική πηγή άντλησης δεδομένων προς ανάλυση. Οι ερευνητές έχουν την υποχρέωση καταχώρισης των πρωτογενών δεδομένων, σε αυτές με σκοπό τη διάθεση τους στην επιστημονική κοινότητα. Οι βάσεις αυτές περιέχουν έναν τεράστιο όγκο δεδομένων και ανανεώνονται σε καθημερινή βάση. Στη συντήρηση τους απασχολούνται εξειδικευμένοι επιστήμονες για τον εντοπισμό πιθανών λαθών και για τον έλεγχο των σχολιασμών των νέων δεδομένων. Η πρόσβαση στις βάσεις είναι απλή και επιτυγχάνεται μέσω του διαδικτύου.

Οι βιολογικές βάσεις δεδομένων, διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς περιλαμβάνουν τα πειραματικά δεδομένα και διακρίνονται ανάλογα με το είδος αυτών σε κατηγορίες:

- αλληλουχιών νουκλεοτιδίων: *Genbank* (NCBI) των ΗΠΑ, *DDBJ* (DNA Data Bank of Japan) της Ιαπωνίας και *EMBL* (Bank Nucleotide Sequence Database) της Ευρώπης
- αλληλουχιών αμινοξέων: *UniprotKB* (Uniprot Knowledgebase), η κύρια βάση διεθνώς
- 3D βιολογικών δομών: *PDB* (Protein Data Bank)
- γονιδιακής έκφρασης: *GEO* (GeneExpression Omnibus) των ΗΠΑ, *Array Express* της Ευρώπης, *SMD* (Stanford Microarray Database) του Stanford
- γενετικής ποικιλομορφίας: *dbSNP* (NCBI) και *HapMap* διεθνούς συνεργασίας
- βιβλιογραφίας: κυριότερη βάση είναι η *PubMed*

Οι δευτερογενείς βάσεις δεδομένων, περιλαμβάνουν κατηγοριοποιήσεις των πρωτογενών δεδομένων και διακρίνονται σε:

- βάσεις οικογενειών πρωτεϊνών: *PROSITE, PFAM, CATH* και *SCOP*
- εξειδικευμένες βάσεις: όπως η *TCDB, OMPdb, CAZy, MEROPS* κ.α.

3.4 Η Βιοπληροφορική στην ελληνική εκπαίδευση

Η Βιοπληροφορική αποτελεί αντικείμενο σπουδών σε προπτυχιακό επίπεδο δεκαοκτώ τμημάτων των ελληνικών πανεπιστημίων, τα οποία είναι τμήματα Βιολογίας, Μηχανικών Η/Υ, Πληροφορικής και Ιατρικές σχολές. Το μάθημα της Βιοπληροφορικής διδάσκεται σε όλα σχεδόν τα τμήματα με βιολογικό προσανατολισμό. Ενώ στο ΑΠΣ του ΕΚΠΑ η Βιοπληροφορική υπάρχει ως επιλεγόμενο μάθημα στα τμήματα «Βιολογίας» και «Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών», στο τμήμα «Μοριακής Βιολογίας» του ΔΠΘ υπάρχουν τέσσερα μαθήματα Βιοπληροφορικής και υπολογιστικής βιολογίας. Το ΕΜΠ και το τμήμα «Πληροφορικής και Μηχανικών» του ΑΠΘ δε διαθέτουν αντίστοιχο μάθημα, μάλλον εξαιτίας της μικρής συμβολής τους στη βιοπληροφορική έρευνα. Σχετικά με την εκπαίδευση σε μεταπτυχιακό επίπεδο, λειτουργούν οκτώ προγράμματα σπουδών που οδηγούν σε δίπλωμα ειδίκευσης στη Βιοπληροφορική. Αυτά που λειτούργησαν πρώτα είναι το «Βιοπληροφορικής» του τμήματος Βιολογίας του ΕΚΠΑ και το διατμηματικό του Πανεπιστημίου Πατρών «Πληροφορική Επιστημών Ζωής» (Μπάγκος, 2015).

Ο κεντρικός ρόλος της Βιοπληροφορικής στην ερμηνεία των βιολογικών εννοιών καθιστά επιτακτική την ανάγκη της ενσωμάτωσης της στη ΔΕ, τουλάχιστον στο Λύκειο, ώστε αυτό να εναρμονιστεί με τη σύγχρονη επιστημονική πραγματικότητα. Η ενσωμάτωση διδακτικών προσεγγίσεων Βιοπληροφορικής σε εκπαιδευτικά προγράμματα, καταδεικνύει τη σημαντική συμβολή της στη μαθησιακή αποτελεσματικότητα (Martins et al., 2020). Τα τελευταία έτη σημειώνονται διεθνείς προσπάθειες για την ενσωμάτωση της Βιοπληροφορικής στα ΑΠΣ της ΔΕ, οι οποίες αφορούν σε τρία επίπεδα:

Α) Διεθνή Συνέδρια

Το 2010 η «*International Society for Computational Biology Education Committee*» με κεντρικό θέμα τον τρόπο ενσωμάτωσης της Βιοπληροφορικής στο αντικείμενο της Βιολογίας του Λυκείου, συζήτησε σχετικά με την οργάνωση της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών των σχετικών ειδικοτήτων, τον τρόπο συμπερίληψης της Βιοπληροφορικής στα περιεχόμενα του διδασκόμενου αντικειμένου καθώς και τον τρόπο δημιουργίας απαραίτητων εκπαιδευτικών πόρων και εργαλείων Βιοπληροφορικής (Machluf & Yarden, 2013).

Β) Ίδρυση επιστημονικών περιοδικών

Τα περιοδικά αυτά παρέχουν ενημέρωση σχετικά με εκπαιδευτικά προγράμματα και υλικό για τους ενδιαφερόμενους εκπαιδευτικούς (Machluf & Yarden, 2013).

Γ) Χρηματοδότηση

Η χρηματοδότηση αφορά στην απαιτούμενη επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού (Machluf & Yarden, 2013).

Τα αναμορφωμένα ΑΠΣ της ΔΕ που διαμορφώθηκαν από το ΙΕΠ και πρόκειται να εφαρμοσθούν κατά τα επόμενα σχολικά έτη στη χώρα μας, λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη μιας πιο σύγχρονης οπτικής στη διδασκαλία της Βιολογίας έχουν προβλέψει την αξιοποίηση των εργαλείων Βιοπληροφορικής στη διδασκαλία της Βιολογίας της Γ' Λυκείου με θεματικό άξονα «*Βιολογία Συστημάτων: ανακαλύπτοντας τη βιολογία από την αρχή*» (ΙΕΠ, 2021). Η ενσωμάτωση των εργαλείων αυτών προτείνεται κατά τη διδασκαλία των θεματικών πεδίων της γονιδιωματικής, μεταγραφωμικής, πρωτεωμικής και μεταβολωμικής τα οποία περιλαμβάνονται στο περιεχόμενο σπουδών. Η αξιοποίηση αυτών των εργαλείων θα συμβάλλει ώστε οι μαθητές/-τριες να αναγνωρίσουν τη σημαντική συνεισφορά της Βιοπληροφορικής στη διαχείριση και επεξεργασία του μεγάλου όγκου δεδομένων που εξάγονται κατά τη μελέτη της Βιολογίας Συστημάτων. Επίσης, το αναμορφωμένο ΑΠΣ αναδεικνύει ορισμένες εφαρμογές των σύγχρονων μεθόδων ανάλυσης στον τομέα της υγείας και της διατροφής (ΙΕΠ, 2021).

Οι διδακτικές προσεγγίσεις με τη χρήση των εργαλείων Βιοπληροφορικής δίνουν νέες προοπτικές για την αντιμετώπιση του υψηλού βαθμού πολυπλοκότητας των επιστημονικών κλάδων, όπως η βιολογία

και η βιοχημεία. Τα υποστηρικτικά αυτά εργαλεία στη διδασκαλία σύνθετων επιστημονικών εννοιών, μέσω της εμβάθυνσης και της καλύτερης κατανόησης οδηγούν στην κατασκευή εννοιολογικών δομών και την αφομοίωση τους και καθιστούν δυνατή την ενίσχυση των δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας, διαχείρισης βάσεων δεδομένων και ανάλυσης πληροφοριών. Επιπλέον, με τη βοήθεια του διαδικτύου και γενικά με τη χρήση ΤΠΕ υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμένες διδακτικές προσεγγίσεις που πραγματοποιούνται σε ένα πλαίσιο ώστε η μάθηση να αποκτά νόημα, γεγονός που στις ΕτΦ ευνοεί την εκμάθηση εννοιών, επειδή φέρνουν τους/-ις μαθητές/-τριες αντιμέτωπους/-ες με καταστάσεις της πραγματικής ζωής (Cepeda & Para, 2021). Επίσης, συμβάλλουν στην παροχή ενός ενδιαφέροντος μαθησιακού περιβάλλοντος, που ενθαρρύνει την καλύτερη συνεργασία και την ανάπτυξη των ανώτερων γνωστικών λειτουργιών (Dall' Alba et al., 2016).

Σύμφωνα με τους Machluf και Yarden (2013), η Βιοπληροφορική στο ΑΠΣ του Λυκείου πρέπει να αποτελέσει αυτόνομο γνωστικό αντικείμενο των ΕτΦ ακολουθώντας ένα σπειροειδές μοντέλο για την εκμάθηση του και οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να έχουν διαρκή στήριξη με κατάλληλα σχεδιασμένα εκπαιδευτικά προγράμματα. Επίσης, οι ερευνητές τονίζουν την αναγκαιότητα της συνεργασίας όλων των εμπλεκόμενων για την ανάπτυξη αποτελεσματικών διδακτικών στρατηγικών και εργαλείων για τη διδασκαλία της Βιοπληροφορικής (Machluf & Yarden, 2013).

ΚΕΦ.4 Η ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Στο Κεφάλαιο αυτό γίνεται μια μικρή ιστορική αναδρομή σχετικά με τη μοριακή μοντελοποίηση, παρουσιάζεται ο ρόλος της οπτικοποίησης στη μάθηση, οι διαφορετικές κατηγορίες μοντέλων και η αξιοποίηση της χρήσης τους στη διδασκαλία των ΕτΦ. Επίσης, παρατίθεται η βιβλιογραφική επισκόπηση της χρήσης της μοριακής οπτικοποίησης στη διδασκαλία της Βιολογίας.

4.1 Ιστορική εξέλιξη

Τα ιστορικά θεμέλια της οπτικοποίησης των μοριακών δομών εντοπίζονται στις αρχές του 19ου αιώνα. Τα εύσημα για την πρώτη αναπαράσταση χημικών μορίων ως γεωμετρικούς συνδυασμούς ατόμων ανήκουν στον Dalton (1804). Τον 20ο αιώνα σημειώθηκε μια εκθετική αύξηση των γνώσεων σχετικά με τις μοριακές δομές. Πειραματικές μέθοδοι όπως η κρυσταλλογραφία ακτίνων Χ και η φασματοσκοπία NMR συνέβαλαν στον προσδιορισμό μοριακών δομών μεγάλης πολυπλοκότητας (Dutta & Dries, 2019).

Τη δεκαετία του 1950, από τους Watson και Crick καταδείχθηκε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της απεικονιστικής δύναμης, με την ανάπτυξη του μοντέλου της διπλής έλικας του DNA και τη δεκαετία του 1960, η τεχνολογία των υπολογιστών αποτέλεσε τον καταλύτη της προόδου της δομικής μοριακής βιολογίας (Olson, 2018). Το 1971 η τράπεζα δεδομένων πρωτεϊνών (PDB) ήταν γεγονός και στα τέλη της δεκαετίας του 1970 αναπτύχθηκε λογισμικό υπολογισμού των συντεταγμένων των μοριακών δομών, με αποτέλεσμα η μοντελοποίηση με τη χρήση υπολογιστή να γίνει δημοφιλής μεταξύ των δομικών βιολόγων (Dutta & Dries, 2019). Η δεκαετία του 1980 γνώρισε μια έκρηξη εφαρμογών στο πεδίο της δομικής βιολογίας και γρήγορη ανάπτυξη της αναπαράστασης και επικοινωνίας των βιομοριακών δομών. Η βελτιωμένη ικανότητα κατασκευής μοντέλων οδήγησε σε νέες εφαρμογές για τη σύνθεση, την ανάλυση και την κατανόηση πρωτεϊνικών δομών (Olson, 2018). Με την εμφάνιση του διαδικτύου η δημιουργία εικόνων από δημόσια αρχεία και ο αριθμός των κατατεθειμένων δομών στη PDB παρουσίασε τεράστια αύξηση (Dutta & Dries, 2019). Τη δεκαετία του 1990, η αύξηση της υπολογιστικής ισχύος και οι βελτιωμένες εργαστηριακές μεθοδολογίες, οδήγησαν στην ραγδαία αύξηση του αριθμού των διαθέσιμων 3D δομών και αναπτύχθηκαν λογισμικά οπτικοποίησης, όπως το *RasMol* το οποίο υιοθετήθηκε από την εκπαιδευτική κοινότητα της βιοχημείας. Η εξέλιξη αυτών των λογισμικών οδήγησε στα προγράμματα οπτικοποίησης που χρησιμοποιούνται σήμερα συστηματικά (Dutta & Dries, 2019).

Η οπτική εξερεύνηση βιομοριακών δομών βρίσκεται στο προσκήνιο λιγότερο από πενήντα χρόνια. Η πρόσβαση σε υπολογιστικές μηχανές, 3D δομικά δεδομένα και μια ποικιλία προγραμμάτων λογισμικού και πόρων έκανε δυνατή την οπτική εξερεύνηση βιομορίων στην εκπαίδευση και την έρευνα για την κατανόηση βιολογικών λειτουργιών, την ενσωμάτωση αποτελεσμάτων από πειράματα για την κατάθεση νέων ερευνητικών ερωτημάτων και τον σχεδιασμό μορίων με νέες ιδιότητες και λειτουργίες. Η οπτική κατανόηση πλέον βρίσκει πολλές ακαδημαϊκές, ιατρικές και εμπορικές εφαρμογές (Dutta & Dries, 2019).

4.2 Ο ρόλος της οπτικοποίησης στη μάθηση

Η ενσωμάτωση των εργαλείων οπτικοποίησης στη διδασκαλία έχουν σημαντική συμβολή στη βελτίωση των μαθησιακών επιτευγμάτων. Η *οπτικοποιημένη σκέψη* (visual thinking) αποτελεί μια ανώτερη νοητική διεργασία για την ερμηνεία του φυσικού κόσμου μέσω οπτικών αναπαραστάσεων. Η τάση ενός ατόμου προς οπτικοποίηση αντικειμένων ή διαδικασιών, είναι ο βαθμός εξοικείωσης του με το σχηματισμό οπτικών αναπαραστάσεων και τη χρήση τους ως εργαλεία κατά την επιτέλεση γνωστικών επεξεργασιών. Αυτή η δεξιότητα θεωρείται θεμελιώδης για την βελτίωση της αποτελεσματικότητας της σκέψης και συνδέεται με τα μαθησιακά επιτεύγματα και τη δεξιότητα επίλυσης προβλημάτων, μέσω της αποτελεσματικής ανάκλησης της γνώσης (Sung, 2017).

Η δεξιότητα επίλυσης προβλημάτων απαιτεί εκτός από τη λογική σκέψη, και την ενσωμάτωση της οπτικοποιημένης σκέψης. Ο Λεονάρντο ντα Βίντσι λόγω της αναλυτικής σκέψης του άφησε σπουδαία επιστημονικά επιτεύγματα (π.χ αρχιτεκτονικής, μηχανικής, φυσιολογίας), αλλά αποτέλεσε και σπουδαίο πνεύμα των τεχνών εξαιτίας της υψηλής διαίσθησης και φαντασίας του. Διαπιστώνεται ότι η *οπτική σκαλωσιά* (visual scaffolding) που χρησιμοποιείται για την κατανόηση του πλαισίου του προς επίλυση προβλήματος λειτουργεί σαν ένα μνημονικό εργαλείο που ενισχύει την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας γνωστικών πληροφοριών και την κατανόηση. Αυτή η επεξεργασία περιλαμβάνει παράλληλη χρήση λεκτικών και οπτικών πληροφοριών, απελευθερώνοντας τους/-ις μαθητές/-τριες από τη γνωστική προσπάθεια που απαιτείται για την ανάκληση και την αναγνώριση τους. Επομένως, οι οπτικές αναπαραστάσεις ενισχύουν την κατανόηση και προσφέρουν κανάλια για πλούσια επικοινωνία (Sung, 2017).

Σύμφωνη με αυτά τα ευρήματα είναι η έρευνα του Sung (2017) στην οποία συμμετείχαν 223 μαθητές/-τριες της Ε’ τάξης δημοτικού σχολείου της Νότιας Κορέας και επιλέχθηκαν καθώς σύμφωνα με τη θεωρία του Piaget στο στάδιο της γνωστικής ανάπτυξης που βρίσκονται έχουν αναπτύξει την ικανότητα κατανόησης αφηρημένων εννοιών. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης καταδεικνύουν σημαντικές θετικές συσχετίσεις μεταξύ της τάσης για οπτικοποίηση και της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων καθώς και της μαθησιακής επιτυχίας. Επειδή στην έρευνα συμμετείχαν μόνο μαθητές/-τριες δημοτικού σχολείου, η γενίκευση των αποτελεσμάτων απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση σχετικά με διαφορετικές ηλικιακές ομάδες μαθητών/-τριών αλλά και διαφορετικών μαθησιακών στυλ. Σύμφωνα με τον Sung (2017), η εποχή μας χαρακτηρίζεται από *οπτική κουλτούρα* (visual culture) και η αξιοποίηση των εργαλείων οπτικοποίησης στην ανάπτυξη διδακτικών στρατηγικών αφορά το ευρύτερο φάσμα της εκπαίδευσης (Sung, 2017).

Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι η ανάπτυξη των αναγνωστικών δεξιοτήτων των μαθητών/-τριών έως ένα κατάλληλο επίπεδο μέχρι να φτάσουν στην ΤΕ. Τα τμήματα της ΤΕ έχουν παρατηρήσει τις δυσκολίες των φοιτητών/-τριών στην κατανόηση των συγγραμμάτων τους (Matzner et al., 2020). Η οπτικοποίηση αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο μνήμης που μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της αναγνωστικής κατανόησης. Οι Damiri et al. (2022), ακολουθώντας έναν οιονεί πειραματικό ερευνητικό σχεδιασμό με δείγμα εξήντα δύο μαθητές/-τριες της Β’ Γυμνασίου του πρότυπου σχολείου «*SMP Negeri*

32 Bandar Lampung» στην Ινδονησία, διαπίστωσαν ότι η στρατηγική οπτικοποίησης ως διδακτική στρατηγική είναι πιο αποτελεσματική από μια συμβατική. Αυτό συμβαίνει γιατί ωθεί τους/τις μαθητές/-τριες να φανταστούν, τους διευκολύνει να ελευθερώσουν σημαντικό εγκεφαλικό χώρο στη μνήμη εργασίας και με αυτόν τον τρόπο επηρεάζεται θετικά η αναγνωστική τους κατανόηση. Το μικρό μέγεθος δείγματος αποτελεί τον περιορισμό αυτής της μελέτης και προτείνεται από τον ερευνητή οι μελλοντικές έρευνες να χρησιμοποιήσουν την ηλικία και το φύλο ως άλλες μεταβλητές, για να πραγματοποιήσουν πειραματικό έλεγχο σχετικό με αυτό το θέμα (Damiri et al., 2022).

4.3 Τα μοντέλα ως διδακτικά εργαλεία στις ΕτΦ

Ως «*μοντέλο*» ορίζεται μια απλή αναπαράσταση ενός αντικειμένου ή μιας ιδέας, ενός γεγονότος ή μιας διαδικασίας και γενικότερα ενός συστήματος (Αθανασίου, 2015). Τα μοντέλα αποτελούν βασικό συστατικό της επιστημονικής σκέψης και σημαντικά εργαλεία για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις ΕτΦ. Τα διδακτικά μοντέλα αξιοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς για να συμβάλλουν στην τροποποίηση των ήδη δομημένων νοητικών μοντέλων των μαθητών/-τριών, ώστε να κατανοήσουν περισσότερο τα επιστημονικά εννοιολογικά μοντέλα (Χαλκιά, 2012).

Η χρήση τους ως διδακτικά εργαλεία είναι συμβατή με τη θεωρία μάθησης της εγκαθιδρυμένης γνώσης, σύμφωνα με την οποία οι γνωστικοί μηχανισμοί είναι βαθιά ριζωμένοι και δε μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα από την αισθησιοκινητική αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Αυτή η θεωρία δίνει ιδιαίτερη σημασία στη χρήση μεταφορών και αναλογιών για την κατάκτηση της γνώσης, μέσω της αλληλεπίδρασης με τον φυσικό κόσμο. Ανέκαθεν οι επιστήμονες κατέφευγαν στη χρήση αναλογιών για να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου και αποτελούν βασικό στοιχείο για τη δόμηση των επιστημονικών μοντέλων. Επίσης, αποτελούν πολύτιμο εργαλείο εκλαΐκευσης της επιστήμης καθώς αποτελούν τη γέφυρα μεταξύ επιστημονικής και καθημερινής γλώσσας. Στη σχολική πράξη οι αναλογίες συχνά παρέχουν τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να γίνουν προσιτές οι αφηρημένες έννοιες στους/-ις μαθητές/-τριες (Χαλκιά, 2012). Προκειμένου να κατανοήσουμε πως συντελείται η μάθηση μέσω των αναπαραστάσεων των επιστημονικών φαινομένων είναι αναγκαίο να κατανοήσουμε τις δυνατότητες διάδρασης που παρέχουν στους/ις μαθητές/-τριες (Manches & Ainsworth, 2022).

Οι κατηγορίες αναπαραστατικής μορφής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως διδακτικά εργαλεία είναι:

- τα στατικά μοντέλα (2D απεικονίσεις ή διαγράμματα των σχολικών εγχειριδίων)
- τα φυσικά 3D μοντέλα και οι χειρομορφές
- οι δυναμικές οπτικοποιήσεις (π.χ. animation)
- η εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα
- οι διαδραστικές αναπαραστάσεις (π.χ. προσομοιώσεις)

(Manches & Ainsworth, 2022)

Η αξία της χρήσης των μοντέλων στη διδασκαλία των ΕτΦ είναι αναμφισβήτητη. Κατά τη δημιουργία των μοντέλων δίνεται έμφαση στα επιλεγμένα χαρακτηριστικά στα οποία επιδιώκουμε να στρέψουν την προσοχή τους οι μαθητές/-τριες και δεν υπάρχει απόλυτη ταύτιση τους με το στόχο που αναπαριστούν (Χαλκιά, 2012). Επομένως, τα περισσότερα μοντέλα είναι ατελή και ο τρόπος με τον οποίο τα αντιλαμβάνονται οι επιστήμονες και οι μαθητές/-τριες είναι διαφορετικός (Αθανασίου, 2015). Ενώ οι επιστήμονες είναι σε θέση να οπτικοποιήσουν αφηρημένες έννοιες και παράλληλα να αναγνωρίσουν τη σκοπιμότητα των μοντέλων, οι μαθητές/-τριες τα αντιλαμβάνονται περιορισμένα ως μοντέλα κλίμακας της πραγματικότητας (Χαλκιά, 2012). Οι μαθητές/-τριες κατανοούν τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά δημιουργώντας παράλληλα εναλλακτικές ιδέες για τα υπόλοιπα καθώς αδυνατούν να διακρίνουν τα όρια μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας και να το εφαρμόσουν σε διαφορετικά πλαίσια (Αθανασίου, 2015). Επομένως, είναι ανάγκη να κατανοήσουν ότι τα μοντέλα δεν αποτελούν πραγματικές οντότητες, αλλά ένα διδακτικό εργαλείο προκειμένου να επικεντρωθούν σε συγκεκριμένες διαστάσεις ενός αντικειμένου ή φαινομένου (Χαλκιά, 2012).

Προκειμένου οι μαθητές/-τριες να ωφεληθούν από τη χρήση των μοντέλων χωρίς να αναπτύξουν εναλλακτικές ιδέες, προτείνονται οι παρακάτω τρόποι αξιοποίησης τους στην εκπαιδευτική πράξη:

- Κατά τη διδασκαλία ο εκπαιδευτικός να μην εστιάζει στη γενίκευση του μοντέλου αλλά να δίνει ιδιαίτερη έμφαση στους περιορισμούς του
- Η διδασκαλία ενός φαινομένου να βασίζεται στην αξιοποίηση πολλών εναλλακτικών μοντέλων, πρακτική που αποκαλύπτει τους περιορισμούς του καθενός από αυτά
- Η διδασκαλία ενός φαινομένου να πραγματοποιείται με τη διδασκαλία της ιστορικής εξέλιξης του μοντέλου, παραθέτοντας τις διαδοχικές μορφές του κατά την πάροδο του χρόνου
- Η διδασκαλία να αξιοποιεί τη χρήση μοντέλων που δημιουργούν οι μαθητές/-τριες και μπορούν να τροποποιήσουν ή ανακατασκευάσουν μέσω της εννοιολογικής αλλαγής.

(Χαλκιά, 2012)

4.4 Η συμβολή των μοντέλων στη διδασκαλία της Βιολογίας

4.4.1 3D εκτύπωση

Η 3D εκτύπωση ως ψηφιακή δημιουργία αναδεικνύεται ως μια καινοτόμος παιδαγωγική προσέγγιση για την υποστήριξη της μάθησης των Επιστημών STEM. Σύμφωνα με τη επισκόπηση της βιβλιογραφίας των ερευνών της περιόδου 2000-2020 από τους Hansen et al. (2020), δημιουργήθηκαν κυρίως μοντέλα οργάνων και πολύπλοκων μορίων για την επίτευξη των στόχων μαθημάτων της ανατομίας και βιοχημείας αντίστοιχα και μοντέλα υποστηρικτικών τεχνολογιών για άτομα με ειδικές ανάγκες (Hansen et al., 2020), όπως η κατασκευή προσθετικών χεριών (Cook et al., 2015). Οι μαθητές/-τριες θα πρέπει να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία σχεδιασμού των μοντέλων (Hansen et al., 2020) και προς αυτήν την κατεύθυνση είναι η μελέτη των Vones et al. (2018), η οποία τους εισήγαγε στην περιβαλλοντική επιστήμη αξιοποιώντας πλαστικό ωκεανού. Τα αποτελέσματα των ερευνών κατέδειξαν σημαντικά οφέλη της χρήσης

των 3D εκτυπωμένων μοντέλων στην εννοιολογική κατανόηση, την ικανοποίηση και την άποψη των μαθητών/-τριών για τη μηχανική και τη βιομηχανική (Hansen et al., 2020). Η ανάλυση μελετών της ιατρικής εκπαίδευσης, της περιόδου 2015-2020 από τους Ye et al. (2020), έδειξε ότι η χρήση 3D μοντέλων είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερες επιδόσεις και μεγαλύτερη ικανοποίηση των φοιτητών/-τριών σε σχέση με αυτούς που έκαναν χρήση φυσικών ή 2D μοντέλων (Ye et al., 2020). Η πλειονότητα των εκπαιδευτικών θεωρεί ότι αυτά τα εργαλεία προωθούν την εκμάθηση των δεξιοτήτων μάθησης και ζωής (Trust & Maloy, 2017), ενώ διαπιστώθηκε απουσία ερευνών που να επικεντρώθηκαν στην απαιτούμενη επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών για την ενσωμάτωση των ψηφιακών κατασκευών στο πλαίσιο της βιολογικής εκπαίδευσης (Hansen et al., 2020).

4.4.2 Εικονική και Επαυξημένη πραγματικότητα

Η εικονική (VR) και επαυξημένη πραγματικότητα (AR), θα μπορούσε να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο οπτικού γραμματισμού των μαθητών/-τριών της ΔΕ (Biro et al., 2017). Μια μέθοδος που διευκολύνει τη διδασκαλία των βιολογικών μακρομορίων αφορά στη χρήση AR και δομών που παρέχονται από την τράπεζα PDB (Peterson et al., 2019). Η ενσωμάτωση δραστηριοτήτων AR στη διδασκαλία μπορεί να ενισχύσει την εννοιολογική κατανόηση ιδιαίτερα στους/-ις μαθητές/-τριες με μικρότερη χωρική αντιληπτική ικανότητα και να συνεισφέρει στην προσέλκυση του ενδιαφέροντος και στη δημιουργία κινήτρου, στην παιγνιοποίηση της πραγματικότητας, στην ορατότητα του αόρατου κόσμου και στη διαδραστικότητα, στοιχεία που είναι σπουδαία διδακτικά εργαλεία για την εκπαίδευση στη μοριακή βιολογία (Safadel & White, 2019). Η δημιουργία στοιχείων AR από τους/-ις μαθητές/-τριες καθιστά πιο αποτελεσματική τη μάθηση, καθώς σημειώνεται κατάκτηση των διδακτικών στόχων με ταχύτερο ρυθμό σε υψηλότερο επίπεδο, λόγω της αύξησης των εποικοδομητικών παιδαγωγικών στοιχείων στη διδασκαλία (Biro et al., 2017).

4.4.3 Κινούμενα σχέδια

Η χρήση «*κινούμενων εικόνων*» (animation) αποτελεί μια μαθητοκεντρική λύση για την προώθηση της αποτελεσματικής μάθησης, λόγω της επίδρασης τους στη δημιουργική σκέψη και τη φαντασία (Aigedum, 2020). Τα εργαλεία αυτά συμβάλλουν στην υποστήριξη των οπτικοποιημένων διαδικασιών της μακροπρόθεσμης μνήμης με την εμπλοκή των μαθητών/-τριών σε μία ενεργή διαδικασία μάθησης στην οποία μέσω της ανάκλησης, εφαρμογής, ανάλυσης και αξιολόγησης των πληροφοριών επιτυγχάνουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Younis, 2017). Επιπλέον, σε συνδυασμό με την αφήγηση, η παράλληλη επεξεργασία οπτικών και λεκτικών μονοπατιών διευκολύνει την κατασκευή νοητικών δομών, που ενσωματώνονται στις προηγούμενες, ώστε να προκύπτει ουσιαστική μάθηση (Upula et al., 2019). Σύμφωνα με την Aiyedum (2020), η ενσωμάτωση των κινούμενων σχεδίων είναι επιτακτική ανάγκη για την βελτίωση των μαθησιακών επιτευγμάτων και τη διατήρηση του ενδιαφέροντος των μαθητών/-τριών για

θέματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Η μείωση του προβληματισμού στην κατανόηση των εννοιών οδηγεί σε υψηλότερη μνημονική διατήρηση σε σύγκριση με τη συμβατική προσέγγιση (Aiyedum, 2020).

4.4.4 Εικονικά εργαστήρια

Τα εικονικά εργαστήρια σε σχέση με τα φυσικά φέρουν ορισμένα πλεονεκτήματα όπως εύκολη πρόσβαση για προσωπική χρήση, αποφυγή υψηλού κόστους εξελιγμένων εγκαταστάσεων, απόκτηση γνώσης χωρίς τον κίνδυνο της άμεσης επαφής με επικίνδυνες χημικές ουσίες ή καταπόνηση εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της πρακτικής εξάσκησης (Ray & Srivastava, 2020). Η εφαρμογή των αναδυόμενων αυτών εργαλείων στην εκπαίδευση των χρηστών φωτονικού μικροσκοπίου υπερτερεί στα μαθησιακά αποτελέσματα σχετικά με τον τρόπο ασφαλούς λειτουργίας σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους (Paxinou et al., 2020). Η αξιοποίηση τους στη μελέτη της ανατομίας του ανθρώπινου σώματος επιτρέπει στους/-ις διδασκόμενους/-ες να κατανοήσουν τη δυναμική φύση της λειτουργίας των οργάνων και των οργανικών συστημάτων και να αναγνωρίσουν τη σχέση μεταξύ των διαφορετικών δομών στο χώρο (Fatikhova & Sayfutdiyarova, 2017). Η μελέτη της ανθρώπινης ανατομίας πρέπει να συνοδεύεται από τεχνολογικά στοιχεία που συμπληρώνουν τη μελέτη κλασικών βιβλίων (Tiznado-Matzner et al., 2020). Η ενσωμάτωση 3D γραφικών σε μεθόδους διδασκαλίας της βιολογίας ατόμων με νοητική υστέρηση και μειωμένη κοινωνική λειτουργία, οδήγησε σε βελτίωση της αφομοίωσης της επιστημονικής γνώσης και αύξηση της μαθησιακής αποτελεσματικότητας (Fatikhova & Sayfutdiyarova, 2017).

4.4.5 Μοριακή Οπτικοποίηση

Βασικές τεχνολογικές απαιτήσεις μοριακής εξερεύνησης

Η υπολογιστική ισχύς, οι μονάδες επεξεργασίας γραφικών (GPU) καθώς και οι νεότερες εκδόσεις των προγραμμάτων έχουν προσαρμοστεί για γρηγορότερη απόδοση αναπαραστάσεων μεγάλων μοριακών δομών (Dutta & Dries, 2019). Η σύγχρονη επιστημονική οπτικοποίηση βασίζεται στο διαδίκτυο και σε αναδυόμενες τεχνολογίες όπως *WebGL* (Web Graphics Library) και *WebGPU* για 3D γραφικά υπολογιστών και *WebXR* για συσκευές VR και AR πραγματικότητας. Αυτές οι τεχνολογίες, προσφέρουν μια εμπειρία χρήστη πέρα από τα συμβατικά συστήματα οπτικοποίησης (Franke & Haehn, 2020). Η κοινότητα της δομικής βιολογίας οφείλει να προσαρμόσει τις τεχνολογίες αυτές για την επέκταση των δυνατοτήτων της οπτικοποίησης των βιομορίων (Olson, 2018).

Τα εργαλεία μοριακής οπτικοποίησης

Η οπτική εξερεύνηση απαιτεί λογισμικά σχεδιασμένα κατάλληλα για την ανάγνωση συντεταγμένων ατόμων και απόδοση 3D δομών. Σήμερα τα περισσότερα προγράμματα είναι ανοικτού κώδικα και δωρεάν διάθεσης και αποτελούν αυτόνομες εφαρμογές που εγκαθίστανται τοπικά σε υπολογιστή ή αποτελούν πρόσθετες εφαρμογές του διαδικτύου. Αυτές οι εφαρμογές παρέχουν τη δυνατότητα διαδραστικής εξερεύνησης και πολλαπλών αναπαραστάσεων μοριακών δομών. Ο χρήστης

ανάλογα με την απαίτηση του μπορεί να επιλέξει μεταξύ αυτών των απεικονίσεων (π.χ. για τη μελέτη της αναδίπλωσης μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας προσφέρεται το μοντέλο «*ribbon*», ενώ για την εστίαση στο ενεργό κέντρο το «*ball and stick*». Επιπλέον, τα λογισμικά αυτά παρέχουν εργασίες δομικής βιοπληροφορικής (π.χ. υπολογισμό αποστάσεων ατόμων ή δομικής στοίχισης) (Μπάγκος, 2015). Λογισμικά αυτού του τύπου που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι τα *PyMOL, Jmol, VMD, Cn3D /iCn3D, Swiss PDB Viewer και UCSF Chimera.* Το *PyMOL* το οποίο είναι βασισμένο στη γλώσσα προγραμματισμού *Python* αποτελεί μια πολύ επιτυχημένη εφαρμογή, εύχρηστη, με δυνατότητα πολλών επιλογών και άριστη απόδοση γραφικών (Dutta & Dries, 2019). Σήμερα, το *Mol Viewer* αποτελεί μια ισχυρή διαδικτυακή εφαρμογή για την οπτικοποίηση και ανάλυση μοριακών δεδομένων, που οι δυνατότητες του υπερβαίνουν άλλα διαθέσιμα εργαλεία του ιστού. Η εφαρμογή αυτή αποδίδει σημαντικά μεγαλύτερα μοριακά συμπλέγματα όπως ριβοσώματα και καψίδια ιών και προσφέρει προηγμένες λειτουργίες επιλογής και υπέρθεσης δομών. Προκειμένου να διευκολυνθεί η κοινή χρήση και η συνεργασία είναι διαθέσιμη δωρεάν υπό την άδεια του Τεχνολογικού Ινστιτούτου Μασαχουσέτης (MIT) στη διεύθυνση https://molstar.org/ (Sehnal, 2021).

Οι εκπαιδευτικοί πόροι για την μοριακή οπτική εξερεύνηση

Με την έλευση του διαδικτύου, αναπτύχθηκαν διάφοροι πόροι υλικού διαθέσιμου για οπτική εξερεύνηση της δομής και λειτουργίας των βιομορίων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα δημιουργήματα του Martz, μια συλλογή σεμιναρίων που συνδέεται με μια πληθώρα εργαλείων οπτικοποίησης και φυσικών μοντέλων και ο «*Atlas of Macromolecules»* για οπτικές αναπαραστάσεις μιας πλούσιας συλλογής βιομορίων. Το 1996, ο Marcey παρουσίασε τη συλλογή διαδραστικών βιομοριακών αποδόσεων «*Online Macromolecular Museum»*, η οποία εξακολουθεί να εξυπηρετεί εκπαιδευτικές ανάγκες. Το 2000, ο Goodsell δημιούργησε τη σειρά RCSB PDB «*Molecule of the Month»,* στοχεύοντας στην ανάδειξη μιας νέας βιομοριακής δομής κάθε μήνα (Dutta & Dries, 2019). Δημοφιλή πόρο μεταξύ των βιοχημικών αποτελεί η «*Proteopedia*», η οποία παρέχει εργαλεία για σχολιασμό δομών και αφήγηση μοριακών ιστοριών. Οι πιο δημοφιλείς μοριακές δομές για την εκπαίδευση όπως η αιμοσφαιρίνη και το ριβόσωμα, έχουν λάβει πληροφορίες από πολλούς εκπαιδευτικούς παγκοσμίως και έχουν επεκτείνει τις σελίδες τους σχετικά με την ανάλυση των ενεργών θέσεων τους (Dutta & Dries, 2019).

Οι βιομοριακές δομές έχουν εμπνεύσει ακόμα και καλλιτέχνες για να προσελκύσουν τον θεατή σε έναν μικροσκοπικό κόσμο. Τέτοια έργα τέχνης μπορούν αποτελέσουν ένα μέσο για τους/-ις μαθητές/-τριες να συμμετάσχουν στην οπτική εξερεύνηση της βιομοριακής δομής και λειτουργίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η αφίσα «*Molecular Machinery*», η οποία αναπτύχθηκε από τον πόρο RCSB PDB και παρουσιάζει μια βιτρίνα πρωτεϊνικών δομών με ποικιλία από γεωμετρικά χαρακτηριστικά και μεγέθη (Dutta & Dries, 2019).

Τέλος, ο εκπαιδευτικός πόρος PDB-101 εστιάζει στην εκπαίδευση και στη μεταφορά της δύναμης της δομικής βιολογίας σε αρχάριους χρήστες. Αυτός ο πόρος προσφέρει πλήθος εκπαιδευτικών

εργαλείων, μεταξύ των οποίων διαδραστικές εικόνες και εκτυπώσιμα πρότυπα για κατασκευή χάρτινων μοντέλων βιομορίων (Dutta & Dries, 2019).

Μοριακή Οπτικοποίηση σε υπολογιστή

Είναι κοινός τόπος μεταξύ των επιστημόνων ότι η βιολογία και η βιοχημεία περιλαμβάνουν σύνθετα θέματα των οποίων η διδασκαλία με συμβατικούς τρόπους επιφέρει χαμηλή ακαδημαϊκή επίδοση ή έλλειψη κινήτρων για τη μάθηση. Η εκμάθηση των πρωτεϊνικών δομών και η συσχέτιση με τις λειτουργίες τους, αλλά και τα μεταβολικά μονοπάτια στα οποία συμμετέχουν, είναι δυσνόητες έννοιες για τους/-ις μαθητές/-τριες λόγω της υψηλής πολυπλοκότητας και αφαιρετικότητας τους. Ως εκ τούτου, αντιμετωπίζονται με έναν επιφανειακό τρόπο από εκπαιδευτικούς και μαθητές/-τριες και οι μέθοδοι διδασκαλίας οδηγούν σε κατακερματισμένη κατανόηση και κατασκευή εναλλακτικών ιδεών. Η διδασκαλία αυτών των αντικειμένων αποτελεί πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς οι οποίοι προκειμένου να διευκολύνουν τη μαθησιακή διαδικασία είναι αναγκαίο να σχεδιάζουν και να εφαρμόζουν νέες διδακτικές μεθόδους (Cepeda & Para, 2021).

Με την εξέλιξη των ΤΠΕ αυθεντικά προγράμματα λογισμικού μοριακής μοντελοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στη διδασκαλία της βιολογίας σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, δεδομένου του γενικού ενδιαφέροντος που εκδηλώνει η νέα γενιά για την τεχνολογία (Burgin et al., 2018). Οι προσομοιώσεις πολλαπλών αναπαραστάσεων που βασίζονται σε υπολογιστή, παρέχουν στους χρήστες τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσουν με ένα απλοποιημένο μοντέλο, αλλάζοντας τις τιμές για ορισμένες μεταβλητές και να παρατηρήσουν τις συνέπειες που γίνονται εμφανείς στις παρεχόμενες απεικονίσεις. Επομένως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη της δημιουργίας υποθέσεων, τη συλλογή δεδομένων και στη συνέχεια την επακόλουθη εξέταση των επιπτώσεων τους, για να διαπιστωθεί εάν χρειάζονται νέες υποθέσεις, στο πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης (Burgin et al., 2018). Όταν οι προσομοιώσεις αυτές είναι αποτέλεσμα κατάλληλου σχεδιασμού έχει αποδειχθεί ότι ενισχύουν τη μάθηση. Είναι πολύτιμα εργαλεία οπτικοποίησης καταστάσεων οι οποίες είναι αδύνατο να παρατηρηθούν στον πραγματικό κόσμο. Η αναγνώριση της διδακτικής αξίας τους ως πρωταρχικής σημασίας, με την ανατροφοδότηση και τη σκαλωσιά που παρέχουν είναι διαρκώς αυξανόμενη (Manches & Ainsworth, 2022).

Η βιβλιογραφική επισκόπηση των τελευταίων πέντε ετών, όπως φαίνεται παρακάτω, κατέδειξε ότι υπάρχουν αρκετές έρευνες διεθνώς σχετικά με την ενσωμάτωση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων μοριακής οπτικοποίησης στη διδασκαλία της βιολογίας και της βιοχημείας στην ΤΕ, ενώ στη ΔΕ αντίστοιχες μελέτες είναι περιορισμένες. Στη χώρα μας υπάρχει βιβλιογραφικό κενό καθώς η επισκόπηση εντόπισε μόνο την έρευνα των Stasinakis και Nikolaou (2017), που αφορά στην επίδραση διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του Cn3D στη μαθησιακή αποτελεσματικότητα της Βιολογίας Β’ Λυκείου σχετικά με την κατανόηση των επιπέδων οργάνωσης των πρωτεϊνών και τη συσχέτιση της δομής και της λειτουργίας τους. Η διδακτική παρέμβαση εφαρμόστηκε σε 141 μαθητές/-τριες κατά το σχολικό έτος 2012-13 και 84

μαθητές/-τριες κατά το σχολικό έτος 2014-15, χρησιμοποιώντας ένα διερευνητικό μοντέλο μάθησης με φύλλο εργασίας. Οι ερευνητές διαπίστωσαν πως επιτεύχθηκε υψηλότερου βαθμού κατανόηση των σχετικών εννοιών και κριτική εξέταση των υπό μελέτη θεμάτων από τους μαθητές/-τριες και προτείνουν την εκμάθηση των βασικών χαρακτηριστικών του λογισμικού στα πλαίσια του αντικειμένου της Πληροφορικής πριν τη χρήση του στα πλαίσια της Βιολογίας. Επίσης, προτείνουν την επέκταση της έρευνας και σε άλλα θεματικά πεδία, όπως οι μεταλλάξεις και οι επιπτώσεις τους, οι αλληλεπιδράσεις των αμινοξέων και οι δομικές αλλαγές των πρωτεϊνών ως αποτέλεσμα της επίδρασης διαφόρων παραγόντων όπως θερμοκρασίας και pH (Stasinakis & Nikolaou, 2017).

Στο σημείο αυτό αναφέρονται ορισμένες έρευνες που καταδεικνύουν τα μαθησιακά οφέλη αλλά και τους προβληματισμούς που εγείρονται από τη χρήση αυτών των εκπαιδευτικών προγραμμάτων στη διδασκαλία της Βιολογίας.

Οι Burgin et al. (2018), εισήγαγαν σε τάξεις του γυμνασίου νοτίων ΗΠΑ σε μαθητές/-τριες ηλικίας 14-16 ετών το «*Visual Molecular Dynamics*» ένα επαγγελματικό πρόγραμμα λογισμικού μοριακής μοντελοποίησης που χρησιμοποιείται από ερευνητές βιοχημικούς για την προβολή και ανάλυση μοριακής δυναμικής κυρίως πρωτεϊνών. Η επιλογή του προγράμματος βασίστηκε στην ανάγκη εισαγωγής των μαθητών/-τριών σε μια αυθεντική εμπειρία επιστημονικού τρόπου εργασίας. Η διερευνητική δραστηριότητα αφορούσε στη μελέτη μιας πρωτεΐνης που επηρεάζεται από μια γενετική ασθένεια. Οι μαθητές/-τριες αναζήτησαν στην PDB ένα ψηφιακό αρχείο της πρωτεΐνης και μέσω του προγράμματος διερεύνησαν πολλαπλές 3D αναπαραστάσεις της. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι μαθητές/-τριες κατέκτησαν έναν υψηλότερο βαθμό κατανόησης των μοντέλων για τις πρωτεΐνες. Η αξιολόγηση των μαθητών/-τριών και των εκπαιδευτικών για την αυθεντική φύση του προγράμματος και τις δυνατότητες της 3D απόδοσης πρωτεϊνών ήταν θετική μολονότι οι εκπαιδευτικοί σημείωσαν την αδυναμία τους να «ξεκλειδώσουν» πλήρως τις δυνατότητες του, εξαιτίας της έλλειψης σχετικής εμπειρίας. Ωστόσο, τα συλλεγμένα δεδομένα υποδεικνύουν ότι η χρήση αυθεντικών εργαλείων μοριακής μοντελοποίησης στις τάξεις του γυμνασίου υπερτερεί έναντι των όποιων περιορισμών. Η μελέτη αυτή προτρέπει τους εκπαιδευτικούς βιολογίας γυμνασίου να συνεργαστούν με επιστήμονες και να ανακαλύψουν δημιουργικούς τρόπους για να εμπλέξουν τους/-ις μαθητές/-τριες σε επιστημονικές πρακτικές (Burgin et al., 2018).

Ο σχεδιασμός νέων φαρμάκων παρέχει μια εξαιρετική ευκαιρία για την εισαγωγή εννοιών βιοχημείας. Οι Daina et al. (2017), προτείνουν μια απλοποιημένη άποψη ενός εργαστηρίου που επιτρέπει στο ευρύ κοινό να ανακαλύψει τα βασικά στάδια ανακάλυψης φαρμάκων καθώς και τη σημασία της βιοπληροφορικής ως βιοεπιστήμης. Στη μελέτη τους περιγράφουν τις δυνατότητες του «*Drug Design Workshop*», ενός εκπαιδευτικού εργαλείου του διαδικτύου, το οποίο πριν την ευρεία εφαρμογή του δοκιμάσθηκε σε φοιτητές/-τριες των τμημάτων «*Φαρμακευτικών Επιστημών*» του Πανεπιστημίου της

Γενεύης και της «*Βιοχημείας*» του Πανεπιστημίου του Fribourg, στην Ελβετία. Το εργαστήριο αυτό αξιοποιεί το λογισμικό 3D απεικόνισης «*CADD*» το οποίο παρέχει πρόσβαση σε απλές υπολογιστικές μεθοδολογίες για την αξιολόγηση της δυνατότητας μορίων να αξιοποιηθούν ως πραγματικά φάρμακα. Από το 2015 που ξεκίνησε το εργαστήριο υλοποιήθηκε με επιτυχία σε περισσότερα από 1.500 άτομα. Τα τελευταία δύο χρόνια περίπου εννιακόσιοι μαθητές λυκείου, ηλικίας 15-19 ετών, παρακολούθησαν ένα υπολογιστικό εργαστήριο σχεδιασμού φαρμάκου σε πενήντα διαφορετικές συνεδρίες. Η αξιολόγηση από τους/-ις μαθητές/-τριες έδωσε πολύ θετικά αποτελέσματα και ο ιστότοπος αναβαθμίστηκε με βάση τα εποικοδομητικά σχόλια τους. Πλέον, ο επόμενος στόχος είναι οι μαθητές/-τριες και οι εκπαιδευτικοί Γυμνασίου, καθώς όλοι οι συμμετέχοντες έδειξαν μεγάλο ενθουσιασμό ανεξάρτητα από το επιστημονικό τους υπόβαθρο (Daina et al., 2017).

Οι Tao et al. (2018), του Τμήματος «*Βιοιατρικών Επιστημών και Φαρμακευτικής*» του Πανεπιστημίου στο Αϊντάχο της Αμερικής στα πλαίσια του μαθήματος «*Principles of Drug Action*» ερεύνησαν σε ένα δείγμα πρωτοετών φοιτητών/-τριών την αποτελεσματικότητα της χρήσης της διαδικτυακής εφαρμογής μοριακής μοντελοποίησης σχεδιασμού φαρμάκων «*ezCADD*», για τον εκδημοκρατισμό της βιοϊατρικής έρευνας. Η εφαρμογή αυτή περιλαμβάνει 2D/3D δυνατότητες οπτικοποίησης αλληλεπίδρασης πρωτεϊνών με μόρια συνδέτες. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το 99-100% των φοιτητών/-τριών θεώρησε ότι η εφαρμογή αυτή ενισχύει την κατανόηση δομής φαρμακευτικών μορίων και υποδοχέων καθώς και την κατανόηση της έννοιας της αναγνώρισης του υποδοχέα και της δέσμευσης σε αυτόν. Οι φοιτητές/-τριες σε ποσοστό 84% ολοκλήρωσαν τον πειραματικό χειρισμό πλήρως και 14% μερικώς. Σε ποσοστό 88% χαρακτήρισαν την εφαρμογή εύκολη και φιλική στη χρήση για ερευνητική ανακάλυψη σε δραστηριότητες STEM, γεγονός που δηλώνει πιο ελκυστική βιοϊατρική έρευνα στη γενιά του ιστού (Tao et al., 2018).

Οι Sun et al. (2019), εφάρμοσαν ένα εργαστήριο βιοπληροφορικής στο «*College of Life Sciences*» στην πόλη Taishan της Κίνας για τη μελέτη της δομής του rRNA στα πλαίσια μαθημάτων βιοχημείας. Οι φοιτητές/-τριες αναζήτησαν από τη βάση δεδομένων PDB μοριακές δομές της υπομονάδας 5S rRNA για να προβλέψουν στη συνέχεια τη δευτεροταγή δομή τους χρησιμοποιώντας τα εργαλεία πρόβλεψης δομής RNA «*Mfold»* και «*LocARNA»* και ακολούθησε η 3D παρατήρηση με το εργαλείο οπτικοποίησης «*Jmol».* Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης έδειξαν ότι αυτό το εργαστήριο βιοπληροφορικής είναι κατάλληλο και χρήσιμο για την εκμάθηση της δομής του RNA καθώς οι φοιτητές/-τριες βελτίωσαν την κατανόηση τους και ολοκληρώθηκε η προσέγγιση με επιτυχία τρεις φορές στο μάθημα της βιοχημείας του τμήματος Βιοτεχνολογίας τα τελευταία τρία χρόνια (Sun et al., 2019).

Οι βιομοριακές δομές έχουν εμπνεύσει επιστήμονες υπολογιστών να δελεάσουν τους χρήστες μέσω παιχνιδιών στην εξερεύνηση μοριακών δομών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το παιχνίδι

«*FoldIt*». Οι μαθητές/-τριες μπορούν να το χρησιμοποιήσουν ως μέσο για να κατανοήσουν την αναδίπλωση των πρωτεϊνών και τις υπεύθυνες διαμοριακές αλληλεπιδράσεις. Επίσης, μπορούν να επιλύουν παζλ αναδίπλωσης πρωτεϊνών που δημοσιεύονται από επιστήμονες συμβάλλοντας στην αυθεντική επιστημονική έρευνα. Αυτός ο τρόπος εμπλοκής των χρηστών σε ένα έργο επιστήμης των πολιτών έχει συμβάλλει στην ανακάλυψη νέων οικογενειών πρωτεϊνών και στην επίλυση προκλητικών προβλημάτων της δομικής βιολογίας (Dutta & Dries, 2019). Οι εκπαιδευτικοί που χρησιμοποιούν το «*Foldit*» στις τάξεις τους καινοτομούν, καθώς παρέχει στους/-ις μαθητές/-τριες ενδελεχή πρακτική εξάσκηση σχετικά με την πρωτεϊνική δομή και λειτουργία, σε ένα διασκεδαστικό περιβάλλον παιχνιδιού. Οι Dsilva et al. (2019), στη μελέτη τους εισήγαγαν ένα νέο χαρακτηριστικό του παιχνιδιού που ονομάζεται *προσαρμοσμένοι διαγωνισμοί* (custom contests), το οποίο παρέχει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν παζλ συμβατά με το πρόγραμμα σπουδών τους, δυνατότητα που δεν υπήρχε έως τώρα. Η αποτελεσματικότητα του χαρακτηριστικού υποδεικνύεται από τη χρήση πέντε διαφορετικών προσαρμοσμένων διαγωνισμών από τους ερευνητές σε ένα τμήμα οκτώ μεταπτυχιακών φοιτητών/-τριών βιοχημείας στα πλαίσια του μαθήματος «*Θέματα στη Βιοχημεία*». Σύμφωνα με τους ερευνητές η νέα αυτή λειτουργία μπορεί να εφαρμοστεί και σε τάξεις της ΔΕ. Οι τροποποιήσεις που πρότειναν οι φοιτητές/-τριες περιλάμβαναν την ενσωμάτωση των παζλ στις συζητήσεις της ολομέλειας της τάξης (Dsilva et al., 2019).

Μία διδακτική παρέμβαση η οποία εφαρμόστηκε στην εκπαίδευση από απόσταση σε μαθητές/-τριες της Γ΄ τάξης ενός ιδιωτικού γυμνασίου στην πόλη Σάντα Μαρία, της Βραζιλίας χρησιμοποίησε ως διδακτικό εργαλείο το «*TinkerCad*», έναν ιστότοπο που διαθέτει δωρεάν λογισμικό 3D μοντελοποίησης και εκτύπωσης. Στη μελέτη συμμετείχαν εξήντα δύο μαθητές/-τριες και κλήθηκαν ακολουθώντας τις οδηγίες σεμιναρίου να μοντελοποιήσουν με ακρίβεια τμήματα DNA, RNA και πολυπεπτιδικής αλυσίδας, οπτικοποιώντας το «*Κεντρικό Δόγμα της Μοριακής Βιολογίας*», να μελετήσουν τις διαδικασίες του, να συνθέσουν μια περιγραφή αναφερόμενοι στη συμπληρωματικότητα των βάσεων και το γενετικό κώδικα. Η συγκεκριμένη προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές/-τριες να οικοδομήσουν τις γνώσεις τους για την επιστήμη και στους εκπαιδευτικούς να εντοπίσουν γρήγορα ποιο επίπεδο κατανόησης έχουν κατακτήσει οι μαθητές/-τριες τους για πολύπλοκα θέματα. Η εφαρμογή απαιτεί ο εκπαιδευτικός να προετοιμάσει μια εικονική τάξη στο «*TinkerCad*», αφού δημιουργήσει προσωπικό λογαριασμό χρήστη αλλά και λογαριασμούς χρηστών των μαθητών/-τριών (Lucas, 2021).

Ενώ η επιστημονική κοινότητα διαθέτει εργαλεία οπτικοποίησης της εξέλιξης του γονιδιώματος για ερευνητικούς σκοπούς, όσον αφορά στην εκπαίδευση δεν υπάρχουν κάποια επί του παρόντος. Οι Bryan et al. (2017), ανέπτυξαν το «*Synteny Explorer*», ένα εργαλείο διαδραστικής απεικόνισης για την εξέλιξη του γονιδιώματος με σκοπό την ενίσχυση της επιστημονικής έρευνας αλλά και το μετασχηματισμό της στην εκπαίδευση. Το εργαλείο αποτελεί ένα αρχικό βήμα στη δημιουργία λογισμικού οπτικοποίησης μελέτης των αρχών της γονιδιωματικής εξέλιξης μέσω της ανακατασκευής του γονιδιώματος προγονικών

εξαφανισμένων ειδών. Η διαδραστική απεικόνιση της εξέλιξης των χρωμοσωμάτων από έναν κοινό πρόγονο σε πολλούς απόγονους επιτρέπει την αναγνώριση και παρακολούθηση τμημάτων ομόλογου DNA που μοιράζονται μεταξύ διαφόρων ειδών σε μεγάλα χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της εξέλιξης. Η εφαρμογή του σε προπτυχιακούς φοιτητές/-τριες βιολογίας που αποτέλεσαν τρεις ομάδες και η σύγκριση των σχεδίων καρυογράμματος μέσω του «*Synteny Explorer»* της μιας ομάδας, με τις κοινές αναπαραστάσεις χαρτογράφησης γονιδιώματος των δύο άλλων ομάδων, είχε θετικά αποτελέσματα ως προς την εννοιολογική κατανόηση και την ικανοποίηση των φοιτητών/-τριών (Bryan et al., 2017).

Το πλαίσιο διδασκαλίας στη μοριακή οπτικοποίηση

Οι Cepeda και Para (2021), καταθέτουν μια διδακτική προσέγγιση ως πρόταση για τη διδασκαλία των εννοιών της βιοχημείας στο πλαίσιο μελέτης των πρωτεϊνών του ιού Sars Cov2, ιδανικό εξαιτίας του προκαλούμενου ενδιαφέροντος στα πλαίσια της πανδημίας Covid-19. Στην έρευνα συμμετείχαν τριάντα προπτυχιακοί φοιτητές/-τριες του τρίτου έτους του προγράμματος «*Bachelor of Chemistry»* του «*Παιδαγωγικού Τμήματος*» του Πανεπιστημίου της Μπογκοτά, στην Κολομβία. Ο οιονεί πειραματικός σχεδιασμός χωρίς ομάδα ελέγχου, περιλάμβανε διδακτική παρέμβαση με χρήση βιοπληροφορικών πόρων και εργαλείων σχεδιασμού και πρόβλεψης των πρωτεϊνικών δομών. Η ακαδημαϊκή επίδοση των φοιτητών/-τριών αξιολογήθηκε μέσω νοητικών χαρτών, αρχικών και τελικών ερωτηματολογίων, καθώς και δοκίμιο που αναλύθηκε με την υποστήριξη του λογισμικού «*Atlas.ti*». Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες/-χουσες ανέπτυξαν μεγάλο ενδιαφέρον να εμβαθύνουν σε θέματα σχετικά με το ρόλο ορισμένων βιομορίων στη δομή και στη διαδικασία μόλυνσης από το Sars Cov 2. Αυτή η πτυχή ενισχύει τη σημασία της διδασκαλίας της βιοχημείας σε διαφορετικά πλαίσια, ειδικά εκείνα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για αυτούς/-ες. Επίσης, είχαν κάποιες αρχικές ιδέες κάπως περιορισμένες και ασύνδετες με άλλες έννοιες της βιοχημείας. Η προσέγγιση αυτή επέτρεψε την κατανόηση, την αφομοίωση και την κατασκευή εννοιών που σχετίζονται με τα επίπεδα οργάνωσης της δομής και τις λειτουργίες των πρωτεϊνών και θερμοδυναμικά φαινόμενα που σχετίζονται με τη βιοχημεία. Μία από τις πιο σχετικές πτυχές αυτού του προβλήματος είναι ότι φοιτητές/-τριες δυσκολεύονται να κατανοήσουν ότι όλες οι μοριακές αλληλεπιδράσεις διαμεσολαβούνται από επιφάνειες, όπως η αλληλεπίδραση ενζύμων με υποστρώματα και η επίδραση της προσέγγισης από αυτήν την άποψη ήταν θετική (Cepeda & Para, 2021).

Επιπλέον, προηγούμενες μελέτες αναφέρουν ότι είναι δύσκολο να εξηγηθεί με σαφήνεια η πολυπλοκότητα των δομών των πρωτεϊνών, χρησιμοποιώντας 2D προβολές επομένως, η διαθεσιμότητα λογισμικού μοριακής οπτικοποίησης ικανού να παράγει 3D γραφικά είναι μια οικονομική λύση για τη συμπλήρωση και υποστήριξη της διδασκαλίας. Ωστόσο, υπάρχουν εργασίες που τονίζουν ότι η 3D αναπαράσταση από μόνη της δεν είναι αρκετή για την κατανόηση των μοριακών αλληλεπιδράσεων και είναι απαραίτητο για τη δημιουργία μιας πραγματικής νοητικής δομής να εφαρμόζονται διδακτικές προσεγγίσεις με χρήση μιας πολύπλευρης μεθοδολογίας, που ενσωματώνει μεταξύ άλλων ΣΜ,

εννοιολογικούς χάρτες, πολυμέσα, σεμινάρια, που έχουν δείξει θετικά αποτελέσματα σε πτυχές όπως η επίδοση των μαθητών/-τριών, το κίνητρο για μάθηση βιοχημικών εννοιών και η μείωση των εννοιολογικών λαθών (Cepeda & Para, 2021).

Σχετικά με τη χρήση των αναπαραστάσεων επειδή οι μαθητές/-τριες μπορεί να μη διαθέτουν την απαραίτητη μεταγνώση και υπάρχει ο κίνδυνος επιφανειακής μελέτης ή εστίασης σε πτυχές μικρότερης αξίας, οι μαθητές/-τριες χρειάζονται την υποστήριξη του εκπαιδευτικού για τη σωστή κατανόηση των κλιμάκων μεγεθών, των εννοιών καθώς και των σχέσεων μεταξύ των εννοιών (Manches & Ainsworth, 2022).

ΚΕΦ.5 Η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η σύνδεση της εν λόγω έρευνας με προηγούμενες έρευνες, ο σκοπός διεξαγωγής της, τα ερευνητικά ερωτήματα και οι υποθέσεις της. Επίσης, τεκμηριώνεται η αναγκαιότητα της έρευνας και αποδίδεται η σημασία της για την εκπαίδευση στη Βιολογία.

5.1 Η οριοθέτηση της έρευνας

Σύμφωνα με τον κοινωνικό εποικοδομισμό, ο οποίος εντάσσεται στις ΘΜ που χαρακτηρίζονται κοινωνικοπολιτισμικές, με βασική θεωρητική πηγή τις μελέτες του Vygotsky (1978), η κατασκευή της γνώσης επιτυγχάνεται με βάση τις κοινωνικές και πολιτισμικές αλληλεπιδράσεις του ατόμου. Η θεωρία αυτή αναδεικνύει το σημαντικό ρόλο του κοινωνικού πλαισίου στο οποίο πραγματώνεται η μάθηση για την κατάκτηση της γνώσης (Χαλκιά, 2012). Η έννοια της ΖΕΑ που εισήγαγε θέτει τον εκπαιδευτικό σε ρόλο καθοδηγητικό και ορίζει ως βασικές απαιτήσεις για την οικοδόμηση της γνώσης ενεργητικές διδακτικές μεθόδους, όπως τη διερευνητική διδασκαλία, τις πολλαπλές αναπαραστάσεις περιεχομένου, τα περιβάλλοντα πρόκλησης, τις ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες και την κοινωνική διαπραγμάτευση (Πασιάς κ. συν., 2018).

Η Νέα επιστήμη και εκπαίδευση στη Βιολογία ακολουθώντας τις προσταγές του 21^{ου} αιώνα επικεντρώνονται στην αντιμετώπιση των μεγάλων διεθνών προκλήσεων που συνοψίζονται στους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης. Στο πλαίσιο της υποστήριξης αυτών των στόχων, η Νέα εκπαίδευση οφείλει να διευκολύνει την ανάπτυξη της αυτονομίας των μαθητών/-τριών, με κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές για την επίτευξη υψηλής ποιότητας διδασκαλία και μάθηση (Wibowo & Saidikin, 2019). Το NRC (2012) με στόχο την υποστήριξη του επιστημονικού γραμματισμού πρότεινε το σύγχρονο μοντέλο διδασκαλίας και μάθησης των ΕτΦ, σύμφωνα με το οποίο οι μαθητές/-τριες είναι αναγκαίο να εμπλέκονται σε αυθεντικές επιστημονικές πρακτικές (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

Η μοντελοποίηση αποτελεί βασικό συστατικό της επιστημονικής σκέψης και διδακτικό εργαλείο των σύγχρονων προσεγγίσεων στις ΕτΦ, με σκοπό την τροποποίηση των ήδη δομημένων νοητικών μοντέλων των μαθητών/-τριών, ώστε αυτοί/-ές να κατανοήσουν πολύπλευρα τα επιστημονικά εννοιολογικά μοντέλα (Χαλκιά, 2012). Η αξία της χρήσης των μοντέλων ως διδακτικά εργαλεία είναι αναμφισβήτητη και είναι συμβατή με τη ΘΜ της εγκαθιδρυμένης γνώσης, η οποία πυροδότησε την εκπαιδευτική έρευνα σχετικά με το σχεδιασμό αποτελεσματικών μαθησιακών εμπειριών (Manches & Ainsworth, 2022).

Με την εξέλιξη των ΤΠΕ και δεδομένου του ιδιαίτερου ενδιαφέροντος που εκδηλώνει η νέα γενιά για την τεχνολογία, αυθεντικά υπολογιστικά προγράμματα μοριακής μοντελοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στη διδασκαλία της βιολογίας σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Burgin et al., 2018). Ο οπτικός γραμματισμός έχει αναγνωριστεί ως βασική δεξιότητα αντιμετώπισης των δυσκολιών εκμάθησης εννοιών της μοριακής βιολογίας, βιοχημείας και κυτταρικής βιολογίας καθώς και ανατροπής εναλλακτικών ιδεών που προκύπτουν με τις συμβατικές διδακτικές μεθόδους (Στασινάκης &

Καλογιαννάκης, 2017). Ειδικότερα, η εκμάθηση της δομής των πρωτεϊνών και η συσχέτιση με τις λειτουργίες τους, θεωρούνται δυσνόητες έννοιες λόγω της υψηλής πολυπλοκότητας και αφαιρετικότητας τους. Στις συμβατικές μεθόδους διδασκαλίας, οι 2D εικόνες παρουσιάζουν δυσκολία αντιστοίχισης σε μια πραγματική αναπαράσταση δημιουργώντας παρανοήσεις, καθώς εμφανίζουν μόνο μία όψη των βιομορίων διατηρώντας κρυμμένες σημαντικές τοποθεσίες τους. Τα αποτελέσματα αυτών των προσεγγίσεων είναι κατακερματισμένη κατανόηση, χαμηλή επίδοση και έλλειψη κίνητρου για τη μάθηση (Peterson et al., 2019).

Η μελέτη των βιολογικών δομών και των αλληλεπιδράσεων των συστατικών τους σε μικροσκοπικό επίπεδο αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση της κατανόησης της ποικιλομορφίας της δομής και λειτουργίας του έμβιου κόσμου σε μακροσκοπικό επίπεδο (Στασινάκης & Καλογιαννάκης, 2017). Η διδασκαλία αυτών των αντικειμένων αποτελεί πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς οι οποίοι προκειμένου να διευκολύνουν τη μαθησιακή διαδικασία είναι αναγκαίο να σχεδιάζουν και να εφαρμόζουν νέες διδακτικές μεθόδους (Cepeda & Para, 2021). Οι προσομοιώσεις πολλαπλών αναπαραστάσεων διεγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών/-τριών και γίνονται πολύτιμα εργαλεία οπτικοποίησης καταστάσεων, οι οποίες είναι αδύνατο να παρατηρηθούν στον πραγματικό κόσμο. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να υποστηρίξει τους/-ις μαθητές/-τριες να συσχετίσουν τις γνώσεις τους, να εξοικειωθούν με τις μεταφορές και να κατανοήσουν τα πλαίσια τους για να έχουν πραγματικό νόημα (Dutta & Dries, 2019). Επίσης, δίνεται η δυνατότητα διάδρασης με τα μοριακά μοντέλα αλλάζοντας τις τιμές μεταβλητών και παρατήρησης του αποτελέσματος. Επομένως, προσφέρονται για την υποστήριξη της δημιουργίας υποθέσεων και τον έλεγχο αυτών μέσω της συλλογής δεδομένων, στα πλαίσια της διερευνητικής μάθησης (Cepeda & Para, 2021).

Η αναγνώριση της διδακτικής αξίας της μοριακής οπτικοποίησης ως πρωταρχικής σημασίας, με την *οπτική σκαλωσιά* (visual scaffolding) που παρέχει είναι διαρκώς αυξανόμενη (Manches & Ainsworth, 2022). Η *οπτικοποιημένη σκέψη* (visual thinking) συνδέεται με τα μαθησιακά επιτεύγματα και θεωρείται θεμελιώδης για την βελτίωση της αποτελεσματικότητας της σκέψης (Sung, 2017). Πολλές διεθνείς μελέτες καταδεικνύουν τη μοριακή οπτικοποίηση στη διδασκαλία της βιολογίας ως σπουδαίο διδακτικό εργαλείο, το οποίο μέσω της διερεύνησης και της ανακάλυψης βοηθάει τους/-ις μαθητές/-τριες να βηματίσουν πέρα από τις καθιερωμένες διδακτικές μεθόδους και καταδεικνύουν τη θετική επίδραση της στην κατανόηση των βιολογικών εννοιών (Leon et al., 1998· Canning & Cox, 2001· Stieff et al., 2005· White et al., 2010· Bryan et al., 2017· Tao et al., 2018· Dsilva et al., 2019· Peterson et al., 2019· Safadel & White 2019· Sun et al., 2019· Cepeda & Para, 2021· Manches & Ainsworth, 2022). Οι έρευνες αυτές αφορούν στη διδασκαλία της Βιολογίας στην ΤΕ, όμως η βιβλιογραφική επισκόπηση των τελευταίων πέντε ετών εντόπισε ορισμένες έρευνες που καταδεικνύουν την ίδια θετική επίδραση και στη διδασκαλία στη ΔΕ (Biro et al., 2017· Daina et al., 2017·Younis, 2017· Burgin et al., 2018· Upula et al., 2019· Chai et al., 2021· Lucas, 2021).

Επιπλέον, έχει διαπιστωθεί ότι η μοριακή οπτικοποίηση με τη χρήση του λογισμικού Cn3D στη διδασκαλία της Βιολογίας σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο με διερευνητικές δραστηριότητες στη ΔΕ μπορούν να οδηγήσουν σε βελτίωση των επιδόσεων και καλλιέργεια κριτικής σκέψης (Porter, 2007· Stasinakis et al., 2008· Stasinakis & Nikolaou, 2017), ενώ η Dean (2016) θεωρεί το Cn3D ένα πολύ καλό εργαλείο για την εκμάθηση εννοιών δομής πρωτεϊνών και αλληλεπιδράσεων αμινοξέων, στο πλαίσιο μαθημάτων βιοχημείας στην ΤΕ.

Η παρούσα μελέτη εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο της αξιοποίησης εποικοδομητικών διδακτικών παρεμβάσεων με χρήση διδακτικών εργαλείων ΤΠΕ, με απώτερο σκοπό την προώθηση της μάθησης. Ειδικότερα, μελετά την επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης που αξιοποιεί: α) τις δυνατότητες μοριακής οπτικοποίησης, διαδραστικής δομικής ανάλυσης και ευθυγράμμισης αμινοξικών ακολουθιών του διαδικτυακού εργαλείου iCn3D και β) πρωτεϊνικές δομές του βιοπληροφορικού πόρου PDB, για την οργάνωση διερευνητικών και ανακαλυπτικών δραστηριοτήτων, με προσδοκώμενο μαθησιακό αποτέλεσμα την εμβάθυνση στην εννοιολογική κατανόηση της δομής των πρωτεϊνών, της λειτουργίας τους, των αλληλεπιδράσεων των αμινοξέων τους, των αλλαγών τους με την επίδραση μεταλλάξεων και της γενετικής ποικιλομορφίας τους. Οι έννοιες «δομή και λειτουργία των πρωτεϊνών» εμπεριέχονται στις ενότητες *1.2.1 Ιοί* και *1.3.2 Αντισώματα, 1.3.2 Ενεργητική ανοσία* του *Κεφ.1: Άνθρωπος και Υγεία* και οι έννοιες «μεταλλάξεις» και «γενετική ποικιλομορφία» στην *ενότητα 3.4.7* του *Κεφ.3: Εξέλιξη* του σχολικού εγχειριδίου (Αδαμαντιάδου κ. συν., 2021).

Ως πλαίσιο μελέτης χρησιμοποιήθηκε η δομή της γλυκοπρωτεΐνης S του ιού *Sars Cov 2*, η αλληλεπίδραση της με τον υποδοχέα των ανθρώπινων κυττάρων (hACE2), η δέσμευση της από τα εξουδετερωτικά αντισώματα B38, ο ρόλος των μεταλλάξεων στην εμφάνιση στελεχών με νέες ιδιότητες και η γενετική ποικιλομορφία των κυτταρικών υποδοχέων (bACE2) των νυχτερίδων του γένους *Rhinolophus*. Η επιλογή του συγκεκριμένου πλαισίου έγινε με κριτήριο τη σύνδεση του θέματος με την καθημερινή ζωή και την επικαιρότητα και εξαιτίας του μεγάλου ενδιαφέροντος των μαθητών/-τριών για την πανδημία Covid-19 (Cepeda & Para, 2021).

5.2 Η σημασία της έρευνας

Η αναγκαιότητα της έρευνας προκύπτει από το γεγονός ότι ενώ η σύγχρονη παιδαγωγική απαιτεί την αξιοποίηση ενεργητικών μορφών μάθησης, όπως η μοριακή οπτικοποίηση μέσω υπολογιστή, η πλειονότητα των εκπαιδευτικών προτιμάει να εφαρμόζει παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις και ως εκ τούτου τα μαθήματα διεξάγονται κυρίως με δασκαλοκεντρικό τρόπο (Upula et al., 2019). Επομένως, καθίσταται απαραίτητο να διερευνηθούν οι διδακτικές στρατηγικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιωθεί η διδασκαλία της Βιολογίας, καθώς οι συσχετίσεις των εννοιών αποτελούν τη βάση για τη μάθηση της (Upula et al., 2019).

Η συμβολή της μοριακής οπτικοποίησης και 3D απεικόνισης στη διδασκαλία των μαθημάτων βιολογίας και βιοχημείας της ΤΕ, έχει αποτελέσει θέμα έντονης ερευνητικής δραστηριότητας των τελευταίων δεκαετιών. Ωστόσο, αντίστοιχες μελέτες στη ΔΕ είναι περιορισμένες. Η βιβλιογραφική επισκόπηση κατέδειξε ότι υπάρχει διεθνώς έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον σχετικά με την ενσωμάτωση εκπαιδευτικών προγραμμάτων μοριακής οπτικοποίησης στη διδασκαλία της βιολογίας, πρωτίστως στην ΤΕ και δευτερευόντως στη ΔΕ. Στη χώρα μας όμως υπάρχει βιβλιογραφικό κενό καθώς η επισκόπηση εντόπισε μία έρευνα που αφορά στην επίδραση διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του Cn3D στη μαθησιακή αποτελεσματικότητα της Βιολογίας Β' Λυκείου, η οποία αφορούσε τη δομή του DNA και τα επίπεδα οργάνωσης των πρωτεϊνών (Stasinakis & Nikolaou, 2017) και υλοποιήθηκε σε διαφορετικό πλαίσιο.

Όπως προέκυψε από την ανασκόπηση της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας, η πρωτοτυπία της συγκεκριμένης μελέτης έγκειται στο γεγονός ότι εξετάζει την επίδραση μιας διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης που αξιοποιεί ως διδακτικό εργαλείο το λογισμικό iCn3D, στην αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας των εννοιών που σχετίζονται με τις πρωτεΐνες των Κεφ. «*Άνθρωπος και Υγεία*» και «*Εξέλιξη*» της Βιολογίας Β΄ Γενικού Λυκείου (Αδαμαντιάδου κ. συν., 2021), θέμα για το οποίο δεν έχει διενεργηθεί αντίστοιχη έρευνα. Επομένως, η συγκεκριμένη έρευνα αφορά ένα γνωστικό αντικείμενο το οποίο δεν έχει καταστεί έως τώρα αντικείμενο μελέτης και θα επεκτείνει τη γνώση μας σχετικά με την αξιοποίηση των λογισμικών μοριακής οπτικοποίησης ως εργαλεία στη διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας στη ΔΕ. Επίσης, οι διερευνητικές δραστηριότητες που εφαρμόστηκαν κατά τη διδακτική παρέμβαση καλύπτουν ένα μεγαλύτερο εύρος του γνωστικού περιεχομένου αφού εκτός από τη δομή και τα επίπεδα οργάνωσης των πρωτεϊνών, αφορούν και στις αλληλεπιδράσεις τους, τις μεταλλάξεις και τη γενετική ποικιλομορφία, θέματα για τα οποία δεν έχει προηγηθεί κάποια μελέτη. Συνεπώς, η παρούσα έρευνα θα μπορούσε να χαρακτηρισθεί πρωτότυπη και καινοτόμος.

5.3 Ο σκοπός και τα ερευνητικά ερωτήματα

Ο σκοπός αυτής της έρευνας είναι η μελέτη της συμβολής της μοριακής οπτικοποίησης των πρωτεϊνών στη διδασκαλία της Βιολογίας της Β' Λυκείου, στα πλαίσια των ενοτήτων που αφορούν στην υγεία του ανθρώπου, χρησιμοποιώντας τη διερευνητική μάθηση.

Σε συνάρτηση με τη βιβλιογραφική γνώση τα ερευνητικά ερωτήματα που εξετάζει η παρούσα μελέτη είναι:

<u>Πρώτο ερευνητικό ερώτημα</u>

Κατά την εφαρμογή ενός μοντέλου διερευνητικής μάθησης σε μαθητές/-τριες της Β' Λυκείου στα πλαίσια του μαθήματος της Βιολογίας η χρήση της μοριακής οπτικοποίησης επιφέρει μεταβολές στο γνωστικό τους υπόβαθρο;

Ερευνητικές υποθέσεις

- H_o: Η χρήση της μοριακής οπτικοποίησης δεν επιφέρει μεταβολές στο γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών/-τριών της Β' Λυκείου κατά την εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου.
- H_1: Η χρήση της μοριακής οπτικοποίησης επιφέρει μεταβολές στο γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών/-τριών της Β' Λυκείου κατά την εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου.

Δεύτερο ερευνητικό ερώτημα

Κατά την εφαρμογή ενός μοντέλου διερευνητικής μάθησης με τη χρήση της μοριακής οπτικοποίησης, σε μαθητές/-τριες της Β' Λυκείου στα πλαίσια του μαθήματος της Βιολογίας, οι μεταβολές στο γνωστικό τους υπόβαθρο σχετίζονται με παράγοντες όπως το φύλο ή/και τη συνεργατικότητα;

Ερευνητικές υποθέσεις

- H_o: Οι μεταβολές στο γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών/-τριών της Β' Λυκείου κατά την εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου διερευνητικής μάθησης με τη χρήση της μοριακής οπτικοποίησης, δε σχετίζονται με παράγοντες όπως το φύλο ή/και τη συνεργατικότητα.
- H_1: Οι μεταβολές στο γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών/-τριών της Β' Λυκείου κατά την εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου διερευνητικής μάθησης με τη χρήση της μοριακής οπτικοποίησης, σχετίζονται με παράγοντες όπως το φύλο ή/και τη συνεργατικότητα.

Τρίτο ερευνητικό ερώτημα

Ποιες είναι οι απόψεις των μαθητών/-τριών της Β' Λυκείου σχετικά με τον τρόπο ενημέρωσης για την πανδημία, το μάθημα της Βιολογίας, τη διερευνητική διδακτική παρέμβαση και τη χρήση του εργαλείου iCn3D;

ΚΕΦ.6 Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία της παρούσας έρευνας, δηλαδή η ερευνητική μέθοδος και ο σχεδιασμός της καθώς και τα μεθοδολογικά υλικά και εργαλεία που επιλέχτηκαν. Επίσης, περιγράφεται η εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας, η τεχνική ανάλυσης των δεδομένων και η δεοντολογία και ηθική σχετικά με αυτήν.

6.1 Η ερευνητική προσέγγιση

Η λογική μιας επιστημονικής έρευνας αναδεικνύεται με την επιλογή του ερευνητή μεταξύ δύο πιθανών προσεγγίσεων, της *επαγωγικής* (inductive) και της *παραγωγικής (*deductive*)*. Η επαγωγική έρευνα παρέχει τη δυνατότητα μετάβασης από το ειδικό στο γενικό, ενώ η παραγωγική έρευνα ακολουθεί την αντίθετη πορεία, από το γενικό στο ειδικό (Χαλικιάς κ. συν., 2015). Αυτό στην πράξη σημαίνει ότι στην επαγωγική προσέγγιση ο ερευνητής αξιοποιώντας τα συλλεγμένα δεδομένα επιδιώκει την εξαγωγή γενικεύσιμων συμπερασμάτων, δηλαδή νέων θεωρητικών μοντέλων. Αντίθετα, στην παραγωγική προσέγγιση ο ερευνητής αξιοποιώντας νέα εμπειρικά δεδομένα επιδιώκει τον έλεγχο των ήδη υπαρχόντων θεωρητικών μοντέλων. Επομένως, η επαγωγική λογική είναι αυτή που επιδιώκει να αναπτύξει νέα θεωρία, ενώ η παραγωγική μέσω της συλλογής νέων δεδομένων ελέγχει την ήδη υπάρχουσα θεωρία (Bryman, 2012). Η παρούσα μελέτη ακολουθεί την *παραγωγική ερευνητική προσέγγιση* καθώς έχει ως στόχο να τεθούν συγκεκριμένες υποθέσεις από τη μελέτη της θεωρίας και στη συνέχεια να ελεγχθούν με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος IBM SPSS Statistics v28. Κατ' αυτόν τον τρόπο εξετάζουμε αν η θεωρία μπορεί να εξηγήσει το υπό μελέτη φαινόμενο στις συνθήκες που πραγματοποιείται η έρευνα.

6.2. Η ερευνητική μέθοδος

Μεταξύ της ποιοτικής, ποσοτικής και μεικτής ερευνητικής μεθόδου επιλέχθηκε η *ποσοτική* (quantitative) καθώς αυτή συνεπάγεται μια παραγωγική προσέγγιση της σχέσης θεωρίας και έρευνας. Η μέθοδος αυτή που αναπτύχθηκε αρχικά από τις ΕτΦ εμπερικλείει πρακτικές και κανόνες του θετικισμού και καθώς λειτουργεί ανεξάρτητα από τον ερευνητή που τη διεξάγει αποτελεί καταγραφή μιας αντικειμενικής θεώρησης των υπό μελέτη φαινομένων (Bryman, 2012). Αντίθετα, η ποιοτική ερευνητική μέθοδος αναπτύχθηκε στις κοινωνικές επιστήμες, χρησιμοποιεί την επαγωγική προσέγγιση (Bryman, 2012) και αντιπροσωπεύει τον κονστρουκτιβισμό (Edmonds & Kennedy, 2017). Πρωτίστως, η διαφοροποίηση αυτών των δύο μεθόδων αφορά τη φύση της γνώσης και είναι απόρροια της διαφορετικής κοσμοθεωρίας τους, ενώ σημαντικό ρόλο κατέχει και ο σκοπός της έρευνας. Δευτερευόντως, η διαφοροποίηση αυτή σχετίζεται και με τον τρόπο συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων (Bryman, 2012). Η ποσοτική μεθοδολογία χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση του προβλήματος μέσω της παραγωγής αριθμητικών δεδομένων ή δεδομένων που μπορούν να μετατραπούν σε αξιοποιήσιμα στατιστικά στοιχεία και παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων μέσω της ανάλυσης αυτών (Wyse, 2011).

Χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση απόψεων και άλλων καθορισμένων μεταβλητών με τη χρήση στατιστικών μεθόδων (Bryman, 2012) και καταβάλλεται προσπάθεια γενίκευσης των εξαγόμενων συμπερασμάτων από το δείγμα στον ευρύτερο πληθυσμό. Οι μεικτές μέθοδοι αποτελούν συνδυασμό της επαγωγικής και της παραγωγικής συλλογιστικής (Wyse, 2011).

Ο τύπος της μελέτης που είναι πιο διαδεδομένος στις θετικές επιστήμες είναι η *πειραματική μελέτη* καθώς το πείραμα, στο οποίο βασίζεται η επιστημονική μέθοδος, παρέχει στον ερευνητή τη δυνατότητα ελέγχου υποθέσεων μέσω καλά σχεδιασμένων δοκιμασιών. Ως πείραμα ορίζεται κάθε έμπρακτη δοκιμή ή εφαρμογή της θεωρίας και γενικότερα κάθε έλεγχος της γνώσης που προκύπτει σε θεωρητικό επίπεδο και δύναται να μετρηθεί. Η μεθοδική αναπαραγωγή κάθε φαινομένου από τον ερευνητή στοχεύει στη διερεύνηση της φύσης του και των νόμων που το διέπουν (Προμπονάς, 2015).

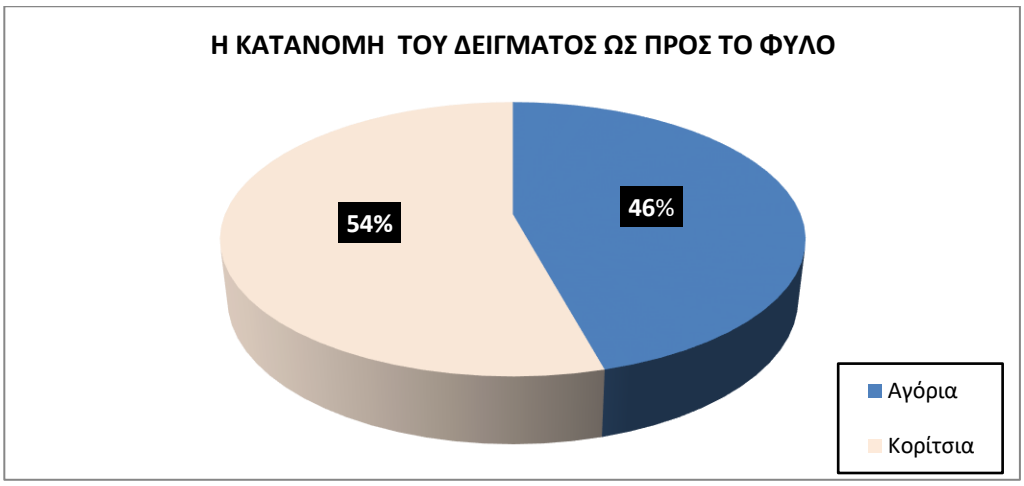
Στην πειραματική μελέτη παρατηρούμε την επίδραση της αλλαγής της τιμής μιας μεταβλητής που αποκαλείται *ανεξάρτητη μεταβλητή* (independent variable) και αποτελεί τη μεταβλητή εισόδου σε μια άλλη που αποκαλείται *εξαρτημένη μεταβλητή* (dependent variable) και αποτελεί τη μεταβλητή αποτελέσματος (Cohen et al., 2008). Σε αυτήν την έρευνα η κύρια ανεξάρτητη μεταβλητή ήταν η διδακτική παρέμβαση, η οποία πραγματοποιήθηκε στο δείγμα των μαθητών/-τριών, ενώ δευτερεύουσες ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν το φύλο τους και η ομάδα στην οποία συμμετείχαν κατά την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης. Η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν τα μαθησιακά αποτελέσματα πριν και μετά την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης. Αυτά μετρήθηκαν με την επίδοση των μαθητών/-τριών στα ερωτηματολόγια *προελέγχου* (pro-test) και *μεταελέγχου* (post-test), τα οποία τους χορηγήθηκαν πριν και μετά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης.

6.3 Ο σχεδιασμός της έρευνας

6.3.1 Τύπος δειγματοληψίας και δείγμα

Καθώς ο σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας και τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν σχετίζονται με τη συμβολή διδακτικής παρέμβασης στη μαθησιακή αποτελεσματικότητα συγκεκριμένων ενοτήτων του γνωστικού αντικείμενου της Βιολογίας της Β’ τάξης του Γενικού Λυκείου, ως πληθυσμός της έρευνας ορίσθηκε το σύνολο των μαθητών της Β’ τάξης των Γενικών Λυκείων της επικράτειας.

Ένα σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού μιας έρευνας είναι ο προσδιορισμός του δείγματος με το οποίο θα ασχοληθεί η έρευνα. Η *δειγματοληψία* (sampling) αποτελεί μια διαδικασία που βασίζεται στην επιλογή ενός υποσυνόλου υποκειμένων, αντικειμένων ή μετρήσεων, από ένα ευρύτερο σύνολο (Παπαναστασίου & Παπαναστασίου, 2005). Το δείγμα εφαρμογής της διδακτικής παρέμβασης αποτέλεσαν 83 μαθητές/-τριες των τεσσάρων εκ των πέντε τμημάτων της Β’ τάξης ενός Γενικού Λυκείου των νοτίων προαστίων του νομού Αττικής κατά το σχολικό έτος 2021-22, όπου η ερευνήτρια διδάσκει το γνωστικό αντικείμενο της Βιολογίας. Το πέμπτο τμήμα με 23 μαθητές/-τριες αποτέλεσε το δείγμα του πιλοτικού ελέγχου. Από τους/-ις συμμετέχοντες/-χουσες στην κύρια έρευνα, όπως φαίνεται στο Γράφημα 6.1, τα 38 ήταν αγόρια (45,78%) και τα 45 ήταν κορίτσια (54,22%).



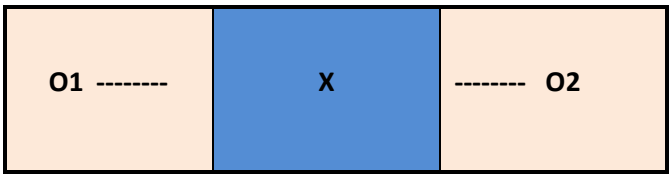
Γράφημα 6.1. Κατανομή του δείγματος με βάση το φύλο

Στην παρούσα μικρής κλίμακας έρευνα επιλέχθηκε η *βολική ή ευκαιριακή δειγματοληψία* (convenience sampling) καθώς το δείγμα στο οποίο εστίασε αποτελείται από μαθητές/-τριες που ήταν διαθέσιμοι/-ες στο σχολικό περιβάλλον της ερευνήτριας και φοιτούσαν σε μία ήδη σχηματισμένη τάξη (Cohen et al., 2008). Το δείγμα αυτό είναι ένα δείγμα *μη πιθανοτήτων* που επιλέχθηκε εξαιτίας της διαθεσιμότητας του για τη συλλογή όλων των παρατηρήσεων στις οποίες η ερευνήτρια είχε εύκολη πρόσβαση (Cohen et al., 2008). Πρόκειται για μία *μελέτη περίπτωσης* στην οποία το δείγμα αντιπροσωπεύει μόνο τον εαυτό του ή παρόμοιες περιπτώσεις και δεν είναι αντιπροσωπευτικό του ευρύτερου μαθητικού πληθυσμού της Β' Λυκείου. Επομένως, τα συμπεράσματα που προκύπτουν δεν είναι δυνατό να γενικευθούν σε αυτό το ευρύτερο σύνολο (Cohen et al., 2008). Παρά τη μη αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος αυτός ο τύπος δειγματοληψίας παρουσίασε το πλεονέκτημα της ευκολότερης συγκρότησης του δείγματος και ευκολότερης οργάνωσης και προγραμματισμού των διαδικασιών για την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης σε σχέση με ένα τυχαίο δείγμα πιθανοτήτων (Cohen et al., 2008).

6.3.2. Ο πειραματικός σχεδιασμός

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε ο *οιονεί πειραματικός σχεδιασμός* (quasi experimental design) γιατί η δειγματοληψία δεν έγινε με τυχαίο τρόπο καθώς η σύσταση τεχνητών ομάδων για το πείραμα ήταν δύσκολο να πραγματοποιηθεί χωρίς να διαταραχθεί η ομαλή λειτουργία της σχολικής μονάδας και η μαθησιακή διαδικασία εντός της σχολικής τάξης. Στην εκπαιδευτική έρευνα συχνά εφαρμόζονται οιονεί πειραματικοί σχεδιασμοί αντί των αληθινών πειραματισμών καθώς η τυχαία επιλογή του δείγματος και η ένταξη των συμμετεχόντων σε ομάδες ελέγχου ή πειραματικές που απαιτεί η πειραματική έρευνα είναι χρονοβόρα και επίπονη. Κατά τον Kerlinger (1970), πρόκειται για συμβιβαστικά σχέδια που βρίσκουν εφαρμογή όταν η τυχαία επιλογή σχολείων ή τάξεων δεν είναι εφικτή (Cohen et al., 2008). Η μορφή του οιονεί πειραματικού σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκε είναι το *προ-πειραματικό σχέδιο* καθώς δεν περιλαμβάνει ομάδα ελέγχου για να γίνει σύγκριση της με την πειραματική ομάδα. Πρόκειται για ένα

σχεδιασμό προελέγχου - μεταελέγχου για μία μεμονωμένη πειραματική ομάδα (*One Group Pre-test - Post-test Design*), ο οποίος παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.1 και περιλαμβάνει τη διδακτική παρέμβαση ως πειραματικό χειρισμό (Χ), έναν έλεγχο πριν (Ο1) και έναν έλεγχο μετά την παρέμβαση (Ο2) (Creswell, 2009).



Σχήμα 6.1. Σχεδιασμός προελέγχου - μεταελέγχου για μία μεμονωμένη πειραματική ομάδα

6.3.3 Η διδακτική μέθοδος

Η διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε στον πειραματικό χειρισμό της παρούσας μελέτης ήταν αυτή της *καθοδηγούμενης διερεύνησης*. Στην εκπαίδευση των ΕτΦ η διερεύνηση αποτελεί μία σύγχρονη προσέγγιση για τη διδασκαλία και τη μάθηση που τα ιστορικά της θεμέλια εντοπίζονται στον 20^{ο} αιώνα. Αρχικά, πριν την ανάδυση του εποικοδομητισμού υπήρξε ως ανακαλυπτική μέθοδος διδασκαλίας (Athanasiou, 2015). Ο Dewey (1859 - 1952), υπέρμαχος της προοδευτικής εκπαίδευσης και της κοινωνικής μάθησης στην Αμερική (Wiliams, 2017), αμφισβήτησε έντονα το παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021) και εισήγαγε τη διερευνητική διδασκαλία στο εκπαιδευτικό σύστημα (Athanasiou, 2015).

Την περίοδο της εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης ο Schwab(1963), υπερασπίστηκε την αλλαγή των μεθόδων διδασκαλίας ως αποτέλεσμα της αλλαγής της επιστήμης (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021) και εισήγαγε τη διερευνητική μέθοδο στη διδακτική των ΕτΦ (Athanasiou, 2015). Με την εμφάνιση της θεωρίας του εποικοδομισμού το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στις ιδέες των μαθητών/-τριών και η διερευνητική μέθοδος εξελίχθηκε στην εποικοδομητική διερευνητική μάθηση και διδασκαλία κατά την οποία επιδιώκουμε την εννοιολογική αλλαγή με την ενεργή εμπλοκή μαθητών/-τριών σε διερευνητικές διαδικασίες (Athanasiou, 2015).

Διερευνητική διδασκαλία και μάθηση

Σύμφωνα με τα NSES που διατυπώθηκαν από το NRC της Αμερικής, στον όρο έρευνα που σχετίζεται με την άσκηση των μαθητών/-τριών έχει αποδοθεί τριπλό περιεχόμενο:

Α) Επιστημονική έρευνα: Ο όρος αναφέρεται στη μύηση των μαθητών/-τριών στον επιστημονικό τρόπο εργασίας (Χαλκιά, 2012), ο οποίος προωθεί την ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα χρήσιμων για τη ζωή τους (στόχος), με την εμπλοκή τους σε διερευνητικές διαδικασίες (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

Β) Διερευνητική διδασκαλία: Ο όρος παρουσιάζεται ως διδακτική μέθοδος η οποία βασίζεται σε διερευνητικές δραστηριότητες (μέσο επίτευξης του στόχου) (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021). Αυτή αποτελεί την κύρια στρατηγική της διδακτικής των ΕτΦ με στόχο να απαντηθούν ερωτήματα που πηγάζουν από τις εμπειρίες των μαθητών/-τριών (Χαλκιά, 2012).

Γ) Διερευνητική μάθηση: Η μάθηση που στηρίζεται στη διερεύνηση φιλοδοξεί να εμπλέξει τους/-ις συμμετέχοντες/-χουσες σε αυθεντικές διαδικασίες επιστημονικής ανακάλυψης. Κατ' αυτόν τον τρόπο οι μαθητές/-τριες οικοδομούν τη γνώση εντός μιας ενεργής διαδικασίας και αποκτούν την ευθύνη της μάθησης τους, εφόσον οι ίδιοι/-ες ανακαλύπτουν τη γνώση (Pedaste et al., 2015).

Φάσεις διερευνητικής διδασκαλίας

Η διερεύνηση στη διδασκαλία έχει πολλές πτυχές και σύμφωνα με τα NSES μερικές από αυτές είναι: η παρατήρηση, η διατύπωση υποθέσεων, η αναζήτηση πληροφοριών από πηγές, ο σχεδιασμός έρευνας, η χρήση εργαλείων συλλογής και ανάλυσης δεδομένων, η παράθεση επιχειρημάτων και η εξαγωγή συμπερασμάτων (Pedaste et al., 2015).

Η περιγραφή των φάσεων της διερευνητικής μεθόδου στις διάφορες ερευνητικές προτάσεις παρουσιάζει αποκλίσεις. Χαρακτηριστικό μοντέλο εφαρμογής της μεθόδου αποτελεί το μοντέλο 5Ε που αποτελείται από τα εξής στάδια: 1. *Εμπλοκή* (Engagement) *2. Εξερεύνηση* (Exploration) 3. *Επεξήγηση* (Explanation) 4. *Επεξεργασία* (Elaboration)και 5. *Εκτίμηση* (Evaluation) (Bybee et al., 2006).

Επίπεδα διερευνητικής διδασκαλίας

Ανάλογα με το βαθμό αυτονομίας των μαθητών/-τριών η διερευνητική διδασκαλία εμφανίζει τέσσερα επίπεδα: *Επιβεβαιωτική*, *Καθοδηγούμενη*, *Προσανατολισμένη* και *Ανοικτή διερεύνηση*. Καθώς προχωράμε από την επιβεβαιωτική προς την ανοικτή διερεύνηση η παροχή των στοιχείων στους μαθητές/-τριες ελαττώνεται και παράλληλα αυξάνεται η απαίτηση για τη δική τους πρωτοβουλία σχετικά με τη διατύπωση ερωτημάτων και το σχεδιασμό πειραμάτων ελέγχου των υποθέσεων τους (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

Στην διδακτική παρέμβαση που εφαρμόσθηκε στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε η *καθοδηγούμενη διερεύνηση.* Οι μαθητές/-τριες κλήθηκαν να απαντήσουν ορισμένα αρχικά ερωτήματα του φύλλου εργασίας που υποβλήθηκαν από την εκπαιδευτικό ώστε να είναι προσιτά σε αυτούς/-ες είτε γιατί ήταν συναφή με όσα είχαν διδαχθεί προηγουμένως, είτε γιατί προέρχονταν από την καθημερινή εμπειρία τους (Παπαναστασίου, 2011). Οι μαθητές/-τριες εργάσθηκαν σε ομάδες και κατευθύνθηκαν από την εκπαιδευτικό να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους σε αυτά τα αρχικά ερωτήματα. Στη συνέχεια ακολουθώντας συγκεκριμένες οδηγίες εκτέλεσαν διαδραστικές δραστηριότητες με τη χρήση του λογισμικού iCn3D και ασκήθηκαν στον επιστημονικό τρόπο εργασίας. Οι μαθητές/-τριες παρατήρησαν,

κατέγραψαν τα δεδομένα τους, έκαναν συγκρίσεις, συζήτησαν στην ομάδα τους και αντάλλαξαν απόψεις για να καταλήξουν στην επιστημονικά ορθή απάντηση και να αποδεχθούν ή να απορρίψουν την αρχική τους υπόθεση (Παπαναστασίου, 2011). Με τη διατύπωση υποθέσεων και τον έλεγχο τους μέσω παρατηρήσεων, οι μαθητές/-τριες συνειδητοποίησαν τις εσφαλμένες αρχικές τους ιδέες και ανακάλυψαν νέες σχέσεις μεταξύ των επιστημονικών εννοιών (Pedaste et al., 2015). Χρησιμοποιώντας το λογισμικό με το οποίο είχαν προηγουμένως εξοικειωθεί, ήταν σε θέση να συσχετίσουν τις νέες εμπειρίες με τις προγενέστερες και να οδηγηθούν στην οικοδόμηση της νέας γνώσης (Sen & Oskay, 2017).

Ένας βασικός λόγος που η μάθηση μέσω διερεύνησης αποκτά συνεχώς μεγαλύτερη δημοτικότητα είναι ότι εξαιτίας της εξέλιξης της τεχνολογίας υποστηρίζεται από ηλεκτρονικά περιβάλλοντα μάθησης (Pedaste et al., 2015). Η μαθησιακή αποτελεσματικότητα της διερευνητικής μάθησης έχει διαπιστωθεί και το μοντέλο της είναι γνωστό διεθνώς ως *Inquiry-Based Learning* (IBL), ενώ ο όρος «*μάθηση μέσω μικρών ερευνών*» αποτελεί την ελληνική απόδοση του (Χαλκιά, 2012).

6.4. Μεθοδολογικό υλικό και εργαλεία

6.4.1 Τα ερευνητικά εργαλεία συλλογής δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων για την επίλυση του προβλήματος που εξετάζουμε έγινε με την τεχνική του *ερωτηματολογίου* (*questionnaire*) που αποτελεί ένα από τα πιο δημοφιλή μέσα συλλογής πληροφοριών στην εκπαιδευτική έρευνα καθώς παρουσιάζει μια σειρά πλεονεκτημάτων έναντι άλλων τεχνικών (Munn & Dreyer,1990). Το ερωτηματολόγιο προσφέρει στον ερευνητή τη δυνατότητα συλλογής μεγάλου αριθμού πληροφοριών σε σύντομο χρονικό διάστημα (αφού συμπληρώνεται ταυτόχρονα από το σύνολο των συμμετεχόντων/-χουσών). Οι πληροφορίες που συλλέγονται μπορούν να μετατραπούν σε δεδομένα τα οποία στη συνέχεια αναλύονται προκειμένου να εξαχθούν ορισμένα συμπεράσματα σχετικά με τα ερευνητικά ερωτήματα που έχουν τεθεί εξαρχής (Παπαναστασίου & Παπαναστασίου, 2005).

Βασική επιδίωξη του ερωτηματολογίου ήταν να συλλέξει πληροφορίες από τους/-ις συμμετέχοντες/-χουσες στην έρευνα σχετικά με τις γνώσεις και τις απόψεις τους (Cohen et al., 2008). Κατά τη δημιουργία των ερωτημάτων του ερωτηματολογίου καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε αυτά να καλύψουν όσο το δυνατό πληρέστερα το εννοιολογικό εύρος των ερευνητικών ερωτημάτων. Για το σκοπό αυτό εντοπίσθηκαν οι διαστάσεις αυτών των ερωτημάτων και ενσωματώθηκαν στις προτάσεις - ερωτήσεις των εργαλείων μέτρησης (Ουζούνη & Νακάκης, 2011).

Η μέριμνα που ελήφθη κατά το σχεδιασμό των ερωτήσεων ήταν η διατύπωση τους να είναι σαφής καθώς δεν θα υπήρχε κανένα περιθώριο διαπραγμάτευσης ή διευκρινήσεων τους, οι επιλογές για τους/-ις ερωτώμενους/-ες να καλύπτουν όλο το φάσμα των απαντήσεων και να ακολουθήσει η αναγκαία πιλοτική δοκιμή τους (Munn & Dreyer, 1990). Οι μαθητές/-τριες κλήθηκαν να απαντήσουν ένα ερωτηματολόγιο προελέγχου και ένα ερωτηματολόγιο μεταελέγχου. Οι ερωτήσεις του γνωστικού μέρους ήταν ίδιες και στα δύο ερωτηματολόγια. Το ερωτηματολόγιο προελέγχου μοιράσθηκε σε αυτούς/-ές μία - δύο μέρες πριν τη διδακτική παρέμβαση με σκοπό την ανίχνευση των γνώσεων και απόψεων τους, ενώ το ερωτηματολόγιο

μεταελέγχου μία μέρα μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Οι μαθητές/-τριες πριν προχωρήσουν στην απάντηση των ερωτήσεων συμπλήρωσαν έναν *μοναδικό κωδικό* (ID ερωτηματολογίου) σε κάθε ερωτηματολόγιο που είναι απαραίτητος για την επεξεργασία των δεδομένων καθώς μας παρέχει τη δυνατότητα να συσχετίσουμε τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων προελέγχου και μεταελέγχου και ταυτόχρονα να διατηρήσουμε την ανωνυμία των ερωτώμενων. Αυτός στο ερωτηματολόγιο προελέγχου περιλάμβανε την ημερομηνία συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου, τα αρχικά του ονόματος του πατέρα και της μητέρας καθώς και την ημέρα γέννησης τους. Στο ερωτηματολόγιο μεταελέγχου περιλάμβανε τα ίδια στοιχεία και επιπλέον το μοναδικό κωδικό της ομάδας (ID ομάδας) στην οποία συμμετείχαν κατά την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης. Επίσης, συμπλήρωσαν ορισμένα δημογραφικά στοιχεία (Ε1. Τάξη, Ε2.Τμήμα, Ε3.Φύλο).

<u>Το ερωτηματολόγιο προελέγχου</u>

Το ερωτηματολόγιο προελέγχου περιλάμβανε είκοσι δύο *ερωτήσεις κλειστού τύπου* (closed questions) εκ των οποίων οι δεκαοκτώ ερωτήσεις ήταν ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής οι οποίες είχαν μία μόνο σωστή απάντηση και αποτέλεσαν το εργαλείο ελέγχου του γνωστικού μέρους (Ε4-Ε21) και κάλυψης του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος. Ο στόχος αυτών των ερωτήσεων ήταν η ανίχνευση των προϋπάρχουσων ιδεών των μαθητών/-τριών σχετικά με τις έννοιες της Βιολογίας τις οποίες πραγματεύεται η διδακτική παρέμβαση και συναντούν στα κεφάλαια «*Άνθρωπος και Υγεία*» και «*Εξέλιξη*» του σχολικού εγχειριδίου που διδάσκονται (Αδαμαντιάδου κ. συν., 2021). Οι έννοιες αυτές αφορούν στη δομή και τη λειτουργία των ιών και των κυτταρικών υποδοχέων, στη δομή και τη δράση των εξουδετερωτικών αντισωμάτων, το ρόλο των εμβολίων, τη γενετική ποικιλομορφία των ιών και των κυτταρικών υποδοχέων των ξενιστών ως αποτέλεσμα της δράσης των μεταλλάξεων αλλά και το ρόλο της φυσικής επιλογής στην επικράτηση συγκεκριμένων στελεχών ιών.

Στον πίνακα 6.1 παρουσιάζεται η συσχέτιση της κάθε εννοιολογικής διάστασης του ερευνητικού ερωτήματος με τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα (ΠΜΑ) που επιχείρησε να ελέγξει το κάθε ερώτημα του ερωτηματολογίου προελέγχου και η δραστηριότητα - εργασία του φύλλου εργασίας μέσω της οποίας επιδιώχθηκε η κατάκτηση του.

Πίνακας 6.1. Συσχέτιση ερευνητικών ερωτημάτων, ΠΜΑ ερωτήσεων γνωστικού μέρους (Ε4-Ε21) ερωτηματολογίων προελέγχου και μεταελέγχου και δραστηριοτήτων φύλλου εργασίας.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ	**ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΝΝΟΙΑ**	**ΕΡ.**	**ΠΜΑ**	**ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΚΕΦ.1 ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ ΕΝΟΤΗΤΑ1.2.1: ΙΟΙ**	**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**
1. Κατά την εφαρμογή ενός μοντέλου διερευνητικής μάθησης σε μαθητές/-τριες της Β' Λυκείου, στα πλαίσια του μαθήματος της Βιολογίας, η χρήση της μοριακής οπτικοποίησης επιφέρει μεταβολές στο γνωστικό τους υπόβαθρο;	Λειτουργία των γλυκοπρωτεϊνών του ελύτρου των ιών	**Ε4**	**εννοιολογικής κατανόησης**	Τα δομικά μόρια ενός ιού τα οποία είναι υπεύθυνα για την αναγνώριση των ξενιστικών κυττάρων και την πρόσδεση του σε αυτά είναι οι γλυκοπρωτεΐνες του ελύτρου του.	Δραστηρ. 2 Εργασία 2
	Δομή των γλυκοπρωτεϊνών του ελύτρου των ιών	**Ε5**		Οι γλυκοπρωτεΐνες του ελύτρου του ιού είναι σύνθετα μόρια που προκύπτουν από τη σύνδεση σακχάρων και πρωτεϊνών.	Δραστηρ. 1 Εργασία Ε
		Ε6		Το πρωτεϊνικό τμήμα μιας γλυκοπρωτεΐνης αποτελείται από μία ή περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες.	Δραστηρ. 1 Εργασίες 1Α-Γ
		Ε7		Η αλληλουχία των αμινοξέων καθορίζει την τελική στερεοδιαμόρφωση του πρωτεϊνικού τμήματος μιας γλυκοπρωτεΐνης.	Δραστηρ. 1 Εργασίες Δ και ΣΤ
	Λειτουργία των γλυκοπρωτεϊνών του ελύτρου των ιών	**Ε8**		Η αλληλεπίδραση γλυκοπρωτεϊνών ελύτρου ιών και του υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την εισβολή ενός ιού στο ξενιστικό κύτταρο.	Δραστηρ. 2 Εργασία 2
		Ε9		Ένας ιός είναι σε θέση να προσβάλλει μόνο τα κύτταρα στα οποία συναντά τους υποδοχείς με τους οποίους αναπτύσσει	Δραστηρ. 2 Εργασία 2Α-Ε

				αλληλεπίδραση.	
		Ε10		Οι παράγοντες που καθορίζουν την εμφάνιση και την ένταση των συμπτωμάτων που συνοδεύουν μία λοίμωξη από ιό είναι η λειτουργικότητα και η συγκέντρωση των κυτταρικών υποδοχέων στους οποίους προσδένεται ο ιός.	Δραστηρ. 2 Εργασία 2 ΣΤ
		ΕΡ.	**ΠΜΑ**	**ΕΝΟΤΗΤΑ 1.3.2: ΑΝΤΙΣΩΜΑΤΑ - ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΑΝΟΣΙΑ**	**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**
	Αιτιολογία εξειδικευμένης δράσης αντισωμάτων	**Ε11**		Η εξειδικευμένη δράση των αντισωμάτων, απέναντι στο αντιγόνο που προκάλεσε την παραγωγή τους, καθορίζεται από την αλληλουχία των αμινοξέων τμήματος της ελαφριάς και της βαρειάς αλυσίδας.	Δραστηρ. 3 Εργασία 2Α-Β
	Ρόλος αντισωμάτων	**Ε12**		Η σύνδεση της μεταβλητής περιοχής με τον αντιγονικό στόχο έχει ως αποτέλεσμα την εξουδετέρωση του αντιγόνου και την απώλεια της δυνατότητας σύνδεσης του στον κυτταρικό υποδοχέα.	Δραστηρ. 3 Εργασία 2Γ-Ε
	Ρόλος εμβολίων	**Ε13**	**εννοιολογικής κατανόησης**	Η ενεργοποίηση του ανοσοβιολογικού μηχανισμού μέσω του εμβολιασμού έχει ως αποτέλεσμα την πρόληψη από τη φυσική νόσηση εξαιτίας της παραγωγής εξουδετερωτικών αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης.	Δραστηρ. 3
		Ε14		Η ιατρική πράξη του	Δραστηρ. 3

				εμβολιασμού κρίνεται σωτήρια καθώς εξαιτίας αυτής η εμφάνιση πολλών θανατηφόρων μολυσματικών ασθενειών έχει περιορισθεί σημαντικά.	Εργασία 2Ε
		ΕΡ.	**ΠΜΑ**	**ΚΕΦ.3 ΕΞΕΛΙΞΗ** **ΕΝΟΤΗΤΑ 3.4.7:** **ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΟΙΚΙΛΟΜΟΡΦΙΑ**	
	Συμβολή των σημειακών μεταλλάξεων στη γενετική ποικιλομορφία των αντιγονικών στόχων	**Ε15**		Μικρές αλλαγές στην αμινοξική αλληλουχία ενός ιικού αντιγονικού στόχου μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση στην τελική διαμόρφωση του μορίου και τη λειτουργικότητά του.	Δραστηρ. 4 Εργασία 4Α-Δ
	Αιτιολογία εμφάνισης νέων στελεχών ιών	**Ε16**		Οι γονιδιακές μεταλλάξεις των ιών που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή της αμινοξικής αλληλουχίας του αντιγονικού στόχου οδηγούν στη δημιουργία παραλλαγών με νέες ιδιότητες εξαιτίας των νέων αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των αμινοξέων αυτού του αντιγονικού στόχου αλλά και μεταξύ των αμινοξέων του αντιγονικού στόχου και των αμινοξέων του κυτταρικού υποδοχέα.	Δραστηρ. 4 Εργασία 4Β-ΔΙΙ
	Εξειδικευμένη δράση αντισωμάτων	**Ε17**		Η φυσική ή τεχνητή ενεργοποίηση του ανοσοβιολογικού μηχανισμού ενός ξενιστή έχει ως αποτέλεσμα	Δραστηρ. 4 Εργασία 4Β-ΔΙΙΙ

				την παραγωγή αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης απέναντι σε ένα συγκεκριμένο στέλεχος ιού.	
	Γενετική ποικιλομορφία κυτταρικών υποδοχέων ξενιστών	**Ε18**		Ο βαθμός αλληλεπίδρασης ιού και υποδοχέα ξενιστικού κυττάρου διαφέρει μεταξύ ατόμων διαφορετικού γένους - διαφορετικού είδους αλλά και μεταξύ ατόμων του ίδιου είδους.	Δραστηρ. 5 Εργασία 5Α-V
	Ο ρόλος της φυσικής επιλογής στην επικράτηση νέων στελεχών ιών	**Ε19**	**εννοιολογικής κατανόησης**	Η φυσική επιλογή με πρώτη ύλη τις μεταλλάξεις που συμβαίνουν στο γενετικό υλικό των ιών οδηγεί στην εμφάνιση νέων στελεχών τα οποία είναι δυνατό να προκαλούν ηπιότερη νόσηση αλλά και νέων στελεχών αυξημένης μεταδοτικότητας και μολυσματικότητας ή ανοσολογικής διαφυγής.	Δραστηρ. 4 -5
		Ε20	**εννοιολογικής κατανόησης**	Ο έλεγχος μιας πανδημίας που οφείλεται σε έναν ιό και ο περιορισμός των λοιμώξεων που αυτός προκαλεί είναι δυνατός αν περιορίσουμε την εξέλιξη του ιού μειώνοντας τις ευκαιρίες του για μεταλλάξεις οι οποίες οδηγούν στην εμφάνιση των παραλλαγών ανησυχίας.	Δραστηρ. 4 -5
		Ε21		Η ενίσχυση της εμπιστοσύνης απέναντι στο επιστημονικό έργο των ειδικών επιστημόνων: Ο ιός *Sars-CoV-2* που ευθύνεται για την πανδημία Covid-19 είναι πιθανότερο να είναι αποτέλεσμα της δράσης των μεταλλάξεων επί	Δραστηρ. 4 -5

				του *Sars-CoV* που προϋπήρχε και της φυσικής επιλογής που ακολούθησε παρά να είναι εργαστηριακά κατασκευασμένος.	

Επίσης, το ερωτηματολόγιο αυτό περιλάμβανε δύο ερωτήσεις (Ε22 - Ε23) με κλίμακα τύπου Likert πέντε θέσεων (Jamieson, 2004), ως εργαλείο διερεύνησης του τρόπου ενημέρωσης των μαθητών/-τριών για την εξέλιξη της πανδημίας Covid-19 και της άποψης τους σχετικά με το μάθημα της Βιολογίας.

Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζεται η συσχέτιση ερευνητικού ερωτήματος και ερωτημάτων άποψης των μαθητών/-τριών.

Πίνακας 6.2. Συσχέτιση ερευνητικού ερωτήματος και ερωτημάτων άποψης (Ε22-Ε23) ερωτηματολογίου προελέγχου

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ	**ΕΡ.**	**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΟΨΕΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/-ΤΡΙΩΝ**
3. Ποια είναι η απόψη των μαθητών/-τριών της Β' Λυκείου σχετικά με τον τρόπο ενημέρωσης για την πανδημία;	**Ε22**	Διερεύνηση του τρόπου και του βαθμού ενημέρωσης για την εξέλιξη της πανδημίας Covid-19 (Ε22α-ε: κοινωνικό περιβάλλον, μέσα μαζικής ενημέρωσης, έντυπο και ηλεκτρονικό τύπο, πλατφόρμες κοινωνικών δικτύων, επίσημους επιστημονικούς φορείς).
3. Ποια είναι η άποψη των μαθητών/-τριών για το μάθημα της Βιολογίας;	**Ε23**	Διερεύνηση της άποψης των μαθητών σχετικά με μάθημα της Βιολογίας (Ε23: βαθμός δυσκολίας, κατανόησης και χρησιμότητας του).

Το ερωτηματολόγιο προελέγχου παρατίθεται αυτούσιο στο Παράρτημα Ι.

<u>Το ερωτηματολόγιο μεταελέγχου</u>

Το ερωτηματολόγιο μεταελέγχου περιλάμβανε είκοσι επτά ερωτήσεις κλειστού τύπου εκ των οποίων οι δεκαοκτώ ερωτήσεις που αποτέλεσαν το εργαλείο μεταελέγχου του γνωστικού μέρους (Ε4-Ε21) ήταν ίδιες με αυτές του ερωτηματολογίου προελέγχου. Επιπλέον, το ερωτηματολόγιο αυτό περιλάμβανε έξι ερωτήσεις αξιολόγησης της διδακτικής παρέμβασης εκ των οποίων οι τρεις (Ε22,Ε23,Ε29) ήταν ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής οι οποίες στόχευσαν στη διερεύνηση ύπαρξης ανάλογης προηγούμενης εμπειρίας, του ενδιαφέροντος που τους προκάλεσε η διδακτική παρέμβαση και της επάρκειας των οδηγιών που τους δόθηκαν. Οι υπόλοιπες τρεις (Ε24, Ε25 και Ε26) ήταν ερωτήσεις κλίμακας τύπου Likert οι οποίες στόχευσαν στη διερεύνηση της συμβολής του λογισμικού iCn3D στην καλύτερη κατανόηση των

εννοιών της θεωρίας, της άποψης τους για το συγκεκριμένο λογισμικό και την επιθυμία τους να διδαχθούν και άλλες ενότητες με παρόμοιο τρόπο. Επίσης, περιλάμβανε δύο ερωτήσεις αξιολόγησης της συνεργασίας των μαθητών/-τριών στην ομάδα εκ των οποίων η μία (Ε27) ήταν κλίμακας τύπου Likert και στόχευσε στη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της συνεργασίας στην ομάδα και η άλλη (Ε28) ήταν πολλαπλής επιλογής και στόχευσε στη διερεύνηση της ισόμετρης συμμετοχής των μελών στην ομαδική εργασία. Τέλος, περιλάμβανε μία ερώτηση πολλαπλής επιλογής (Ε30) που στόχευσε στη διερεύνηση της επίδρασης του λογισμικού στην άποψη τους για το μάθημα της Βιολογίας.

Στον πίνακα 6.3 παρουσιάζεται η συσχέτιση των ερευνητικών ερωτημάτων και των ερωτημάτων άποψης των μαθητών/-τριών.

Πίνακας 6.3. Συσχέτιση ερευνητικών ερωτημάτων και ερωτημάτων άποψης (Ε22 - Ε30) ερωτηματολογίου μεταελέγχου.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ	**ΕΡ.**	**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΟΨΕΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/-ΤΡΙΩΝ**	
3. Ποια είναι η άποψη των μαθητών/-τριών της Β' Λυκείου για τη διερευνητική διδακτική παρέμβαση;	**Ε22**	**Άποψη για τη διδακτική παρέμβαση**	Διερεύνηση προηγούμενης εμπειρίας: Επαφή με εργαλεία Βιοπληροφορικής κατά το παρελθόν
	Ε23		Ως προς το προκαλούμενο ενδιαφέρον
	Ε29		Ως προς την επάρκεια των οδηγιών που δόθηκαν
3. Ποια είναι η άποψη των μαθητών/-τριών της Β' Λυκείου για τη χρήση του εργαλείου iCn3D στη διερευνητική προσέγγιση της διδασκαλίας	**Ε24**	**Άποψη για το λογισμικό iCn3D**	Ως προς τη συμβολή του στην κατανόηση της σχετικής θεωρίας
	Ε25		Ως προς την ελκυστικότητα του
	Ε26		Ως προς την επιθυμία να διδαχθούν με παρόμοιο τρόπο και άλλες ενότητες της θεωρίας
	Ε30		Ως προς τη συμβολή του στην αλλαγή της γνώμης τους για το μάθημα της Βιολογίας
3. Ποια είναι η άποψη των μαθητών/-τριών της Β' Λυκείου για τη συνεργασία στην ομάδα;	**Ε27**	**Άποψη για τη συνεργασία των μελών στην ομάδα**	Ως προς την αποτελεσματικότητα της
	Ε28		Ως προς τη συμβολή των μελών

Το ερωτηματολόγιο μεταελέγχου παρατίθεται αυτούσιο στο Παράρτημα ΙΙ.

6.4.2 Το λογισμικό iCn3D

I. Γενικά χαρακτηριστικά

Για την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης επιλέχτηκε να χρησιμοποιηθεί το λογισμικό οπτικοποίησης *iCn3D* (I-see-in-3D) το οποίο διατίθεται δωρεάν από το *NCBI* (National Center for Biotechnology Information) (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/) της Αμερικής και εκτελείται μέσω της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript κατά τη διάρκεια της περιήγησης στον παγκόσμιο ιστό (Wang et al., 2020). Πρόκειται για ένα εργαλείο Βιοπληροφορικής που χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση μακρομορίων, ώστε οι έννοιες που αφορούν στο μικρόκοσμο να παρουσιάζονται με λιγότερο αφαιρετικό τρόπο. Το συγκεκριμένο λογισμικό είναι εύχρηστο, οι μαθητές/-τριες δεν αντιμετωπίζουν δυσκολίες εξοικείωσης και παρέχει τη δυνατότητα επιλογής και διερεύνησης διαφόρων πρωτεϊνικών δομών από βάσεις δεδομένων με σκοπό την εμβάθυνση στα επίπεδα οργάνωσης τους και τη συσχέτιση της δομής με τη λειτουργία τους (Στασινάκης κ. συν., 2008).

Η ευρεία διαθεσιμότητα ισχυρών προσωπικών υπολογιστών και φορητών συσκευών παρέχει τη δυνατότητα διαδραστικής οπτικοποίησης μεγάλων μοριακών δομών μέσω τεχνολογιών όπως το *WebGL* που βασίζονται στον παγκόσμιο ιστό (Wang et al., 2018). Το WebGL είναι μια διεπαφή λογισμικού (API JavaScript) για την απόδοση διαδραστικών γραφικών 2D και 3D μέσα από οποιοδήποτε πρόγραμμα περιήγησης του ιστού, χωρίς την εγκατάσταση επιπλέον βοηθητικών προγραμμάτων (plug-ins) *(https://technewsingreek.blogspot.com/).*

Ο προκάτοχος του iCn3D, το λογισμικό Cn3D, που αναπτύχθηκε από το NCBI αποτελεί μια αυτόνομη εφαρμογή που δημιουργήθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού C++. Οι χρήστες του είναι υποχρεωμένοι να εγκαταστήσουν την εφαρμογή στον υπολογιστή τους και να διαμορφώσουν τα προγράμματα περιήγησης του ιστού ώστε να είναι σε θέση να προβάλλουν και να χειρίζονται 3D μοριακές δομές. Τα μειονεκτήματα μιας τέτοιας εφαρμογής, όπως το κόστος εγκατάστασης και η συνεχής ανάγκη έκδοσης ενημερώσεων για την ανάπτυξη νέων δυνατοτήτων, μπορούν πλέον να εξαλειφθούν αξιοποιώντας την προηγμένη τεχνολογία Web. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε από το NCBI το iCn3D, στο οποίο ο χρήστης έχει πρόσβαση στην εφαρμογή απλώς έχοντας εξασφαλίσει ένα πρόγραμμα περιήγησης του ιστού που υποστηρίζει WebGL (Wang et al., 2020). Οι χρήστες αρκεί να ενημερώσουν τις ρυθμίσεις του προγράμματος περιήγησης παλαιότερης έκδοσης ή να χρησιμοποιήσουν μια νεότερη έκδοση του η οποία υποστηρίζει WebGL από προεπιλογή (NCBI). Η τεχνολογία αυτή απαιτεί επίσης μία σύγχρονη κάρτα γραφικών με κατάλληλους οδηγούς (drivers) *(https://technewsingreek.blogspot.com/).* Η πρόσβαση των χρηστών στο λογισμικό iCn3D μπορεί να πραγματοποιηθεί από τη σελίδα σύνοψης δομής για συγκεκριμένη εγγραφή στη βάση δεδομένων *MMDB* (Molecular Modeling Database). Εναλλακτικά, ένας χρήστης μπορεί να έχει άμεση πρόσβαση μέσω URL και καθώς το λογισμικό είναι ανοικτού κώδικα, μπορεί να αποκτήσει τον πηγαίο κώδικα ο οποίος είναι διαθέσιμος στη διεύθυνση *https://github.com/ncbi/icn3d* για να εκτελέσει τοπικά την εφαρμογή ή να συνεισφέρει σε αυτόν (NCBI).

Το iCn3D επιλέχθηκε για την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης καθώς καλύπτει πολλές από

τις δυνατότητες που παρέχει το Cn3D, όπως ο συγχρονισμός των παραθύρων δομής και ακολουθίας (Wang et al., 2018), ενώ ταυτόχρονα εισάγει ορισμένα καινοτόμα χαρακτηριστικά τα οποία παρουσιάζουν μία τριπλή λειτουργική εστίαση: *Μοριακή Οπτικοποίηση, Διαδραστική Δομική Ανάλυση, Κοινή χρήση - συνεργασία - δημοσίευση* (Youkharibache et al., 2020).

Μοριακή Οπτικοποίηση

Το λογισμικό iCn3D έκανε την εμφάνιση του το 2016 ως πρόγραμμα προβολής με συγχρονισμένες 1D, 2D και 3D προβολές δομών και πολλούς σχολιασμούς. Πρόκειται για ένα εργαλείο οπτικοποίησης ταυτοχρόνως 3D βιομοριακών δομών, 2D μοριακών επαφών και 1D αμινοξικών και νουκλεοτιδικών αλληλουχιών και ευθυγράμμισης των τελευταίων. Το λογισμικό αυτό παρέχει τη δυνατότητα τα προκαθορισμένα μοριακά χαρακτηριστικά να επιλέγονται σε οποιοδήποτε από τα 1D/2D/3D παράθυρα και αυτές οι επιλογές να συγχρονίζονται δυναμικά σε όλες τις οθόνες (Wang et al., 2020).

Επίσης, το iCn3D έχει τη δυνατότητα: α) σύγκρισης 3D δομών εμφανίζοντας ευθυγραμμίσεις δομής – δομής με τη χρήση του εργαλείου VAST+ που φιλοξενεί το NCBI και β) χρήσης του εργαλείου BLAST, μιας οικογένειας προγραμμάτων του NCBI, με το οποίο οι χρήστες εκτελούν αναζητήσεις ομοιότητας πρωτεϊνικών και νουκλεοτιδικών αλληλουχιών αντλώντας υλικό από το εσωτερικό βάσεων δεδομένων, οι οποίες ενημερώνονται συνεχώς (Wang et al., 2022).

Διαδραστική Δομική Ανάλυση

Το iCn3D, επιτρέπει στο χρήστη την αλληλεπίδραση με μοριακές δομές: επισήμανση, οριοθέτηση και εξαγωγή δομικών ιδιοτήτων σε οποιοδήποτε επίπεδο λεπτομέρειας (άτομο, υπόλειμμα, τομέας, αλυσίδα ή οποιοδήποτε αυθαίρετο σύνολο υπολειμμάτων ή ατόμων) για να αποκαλύψει το δομικό υπόβαθρο και μοριακές αλληλεπιδράσεις των συστατικών. Όλα αυτά είναι πολύ γνωστά περιγραφικά στοιχεία: ομοιοπολικοί δεσμοί, δεσμοί υδρογόνου, ασθενείς αλληλεπιδράσεις Van der Waals. Το λογισμικό iCn3D έχει τη δυνατότητα να αντιμετωπίζει αναλυτικά οποιοδήποτε σύνολο τέτοιων στοιχείων μεμονωμένα, συλλογικά και σε αλληλεπίδραση (Youkharibache et al., 2020). Επομένως, επιτρέπει με έναν απλό τρόπο την οπτικοποίηση και την ανάλυση μοριακών δομών και αλληλεπιδράσεων σε οποιοδήποτε επίπεδο 1D, 2D, 3D παρέχοντας πίνακες αριθμητικών δεδομένων και προσκαλεί τους χρήστες να εξερευνήσουν τη σχέση αλληλουχιών και 3D δομών, αλλά και χαρακτηριστικά που ορίζονται από αυτούς (Wang et al., 2020).

Κοινή χρήση - συνεργασία - δημοσίευση

Το πιο δυνατό σημείο του λογισμικού είναι ότι σχεδιάστηκε για να επιτρέπει τη διαδραστική συνεργατική έρευνα και την κοινή χρήση δεδομένων (Youkharibache, 2020). Η τρίτη αυτή λειτουργία του iCn3D μέσω συνδέσμων παρέχει τη δυνατότητα κοινής χρήσης δομικών αναλύσεων και σχολιασμών με συνεργάτες και χρήση τους σε δημοσιεύσεις. Οποιαδήποτε προσαρμοσμένη προβολή από το iCn3D

μπορεί να κοινοποιηθεί σε μια μόνιμη και συντομευμένη διεύθυνση URL (Wang et al., 2022). Ο πρωτόγνωρος όγκος νέων δομών και δεδομένων αλληλουχίας που διαμοιράζονται μέσω του παγκόσμιου ιστού κάνει επιτακτική την ανάγκη για γρήγορη εκτέλεση δομικών αναλύσεων και κοινή χρήση των αποτελεσμάτων με συνεργάτες μέσω διαδικτυακών δημοσιεύσεων. Αυτή η δυνατότητα προσφέρει ένα σημείο εκκίνησης για προκλητικές αναλύσεις και συμβάλλει στην ενίσχυση της συλλογικής έρευνας στον παγκόσμιο ιστό (Youkharibache, 2020). Επομένως, το λογισμικό iCn3D αναδύεται από ένα νέο παράδειγμα που εστιάζει στη δομική οπτικοποίηση, τη διαδραστική ανάλυση και κοινή χρήση (Youkharibache, 2020). Επιπλέον, μπορεί να εξάγει αρχεία για 3D εκτύπωση και στο μέλλον αναμένεται να υιοθετήσει αναδυόμενες τεχνολογίες 3D, όπως η εικονική πραγματικότητα (Wang et al., 2022).

Τέλος, ως προς την τεχνική του αρτιότητα το iCn3D ακολουθεί το σύστημα κατευθυντήριων αρχών *FAIR* για τους ψηφιακούς πόρους, δηλαδή τις αρχές της *Ευρεσιμότητας* (Findability), *Προσβασιμότητας* (Accessibility), *Διαλειτουργικότητας* (Interoperability) και *Επαναχρησιμότητας* (Reusability), όπως διατυπώθηκαν από τους εμπνευστές του ακρωνυμίου στο επιστημονικό περιοδικό *Scientific Data* (Wilkinson et al., 2016). Το παραπάνω σύστημα κανόνων διασφαλίζει την επαναχρησιμοποίηση των ερευνητικών αντικειμένων ώστε αυτά να είναι όσο το δυνατό αξιοποιήσιμα από την κοινότητα των χρηστών εξαιτίας των πολλών διαφορετικών υλοποιήσεων (Mons et al., 2017). Το ακρωνύμιο FAIR είναι εμπνευσμένο από τις έννοιες της δικαιοσύνης και της ίσης πρόσβασης στη γνώση και σε αυτό το πνεύμα επιτυγχάνεται ο διαμοιρασμός και η κοινοχρησία των ερευνητικών αντικειμένων που προκύπτουν από τη χρήση του iCn3D στην κοινωνία της γνώσης και των πολιτών (Κάλλας κ. συν., 2022).

ΙΙ. Η συνεισφορά του iCn3D στον περιορισμό της πανδημίας Covid-19

Με ισχυρό κίνητρο τον περιορισμό της πανδημίας COVID-19 αναπτύχθηκε σημαντικά η ικανότητα μας να μελετάμε ενδελεχώς και συνεργατικά τον ιό καθώς και τις αλληλεπιδράσεις ιού - ξενιστή. Σε μοριακό επίπεδο γνωρίζουμε πλέον βασικές δομικές πρωτεΐνες του ιού *Sars Cov-2* και αλληλεπιδράσεις που επιτρέπουν στην ακίδα του ιού να δεσμεύει τον ανθρώπινο κυτταρικό υποδοχέα hACE2 (Youkharibache et al., 2020).

Με την εμφάνιση της πανδημίας, μια χιονοστιβάδα νέων πειραματικών και μοντελοποιημένων δομών έγινε διαθέσιμη σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα στον παγκόσμιο ιστό, ενώ νέες πειραματικές 3D δομές παράγονται με πρωτοφανή ρυθμό. Χρειάστηκαν μόνο λίγες εβδομάδες μετά τη δημοσίευση της αλληλουχίας του γονιδιώματος του ιού *Sars Cov-2* για να οπτικοποιηθούν οι αλληλεπιδράσεις των 3D δομών της ακίδας του ιού με τον ανθρώπινο υποδοχέα ACE2. Πολλές βρίσκονται σε αποθετήρια και οι περιγραφές/σχολιασμοί τους διαμοιράζονται στο διαδίκτυο. Αυτές οι δομές αποτελούν τη βάση ενός πολύ μεγάλου αριθμού κρίσιμων δομικών αναλύσεων, προσπαθειών μοντελοποίησης και σχεδιασμών εμβολίων, εξουδετερωτικών αντισωμάτων και νέων φαρμάκων των οποίων η άμεση διάθεση παγκοσμίως είναι επιτακτική ανάγκη. Για να συμβεί αυτό, πρέπει να καταφέρουμε να χαμηλώσουμε το φράγμα εισόδου στη μελέτη μοριακών δομών και να επιτρέψουμε τη διαδικασία διαμοιρασμού και κοινής χρήσης

των αναλύσεων (Youkharibache et al., 2020).

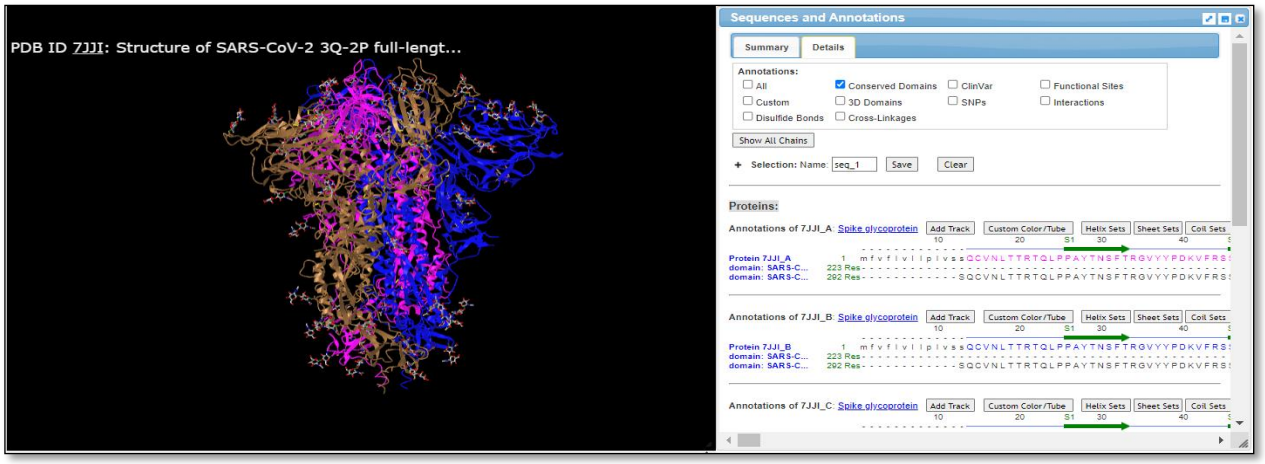
Ο σχεδιασμός αντιγόνων, η υπολογιστική βιολογία και η μηχανική πρωτεϊνών υποδεικνύουν μεθόδους για την κατασκευή εμβολίων με ταχύτητα και ακρίβεια. Ο σχεδιασμός φαρμάκων με βάση τη δομή ανοίγει το δρόμο για πιθανές θεραπείες. Η ευρεία γεωγραφική ποικιλομορφία της πανδημίας απαιτεί πολλαπλές προσεγγίσεις σχεδιασμού εμβολίων και φαρμάκων γεγονός που απαιτεί τη συνεργασία βιομηχανίας, κυβερνήσεων και ακαδημαϊκής κοινότητας σε πρωτοφανή κλίμακα (Youkharibache et al., 2020). Η διακοπή της πανδημίας θα μπορούσε να βασίζεται στις εντατικές προσπάθειες των δομικών βιολόγων για την οπτικοποίηση των πρωτεϊνών του ιού *Sars Cov-2* και τη χρήση τους για το σχεδιασμό φαρμάκων και εμβολίων (Scudellari, 2020). Ωστόσο, τα τρέχοντα εργαλεία είναι περιορισμένα στην ικανότητα τους να ανταλλάσσουν πληροφορίες στο απαιτούμενο επίπεδο. Το iCn3D προσφέρει μια αρχική συνεισφορά προς αυτή την κατεύθυνση, καθιστώντας δυνατή την κοινή χρήση δεδομένων και τη συνεργασία (Youkharibache et al., 2020).

III. Η αξιοποίηση του iCn3D στη διδακτική παρέμβαση

Η ικανότητα οπτικοποίησης είναι μία σημαντική εξέλιξη στην τεχνολογία των υπολογιστών και μπορεί να είναι ιδιαίτερα επωφελής για την προώθηση της μάθησης στη Βιολογία καθώς η κατανόηση των εννοιών είναι ικανοποιητικότερη σε ένα τέτοιο περιβάλλον έναντι αυτής που επιτυγχάνεται με τις συμβατικές μεθόδους διδασκαλίας (Porter et al., 2007). Η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόσθηκε στην παρούσα έρευνα επιδίωξε να αξιοποιήσει τις δυνατότητες του λογισμικού iCn3D με τον ακόλουθο τρόπο:

1η Δραστηριότητα: Δραστηριότητα Μοριακής Οπτικοποίησης

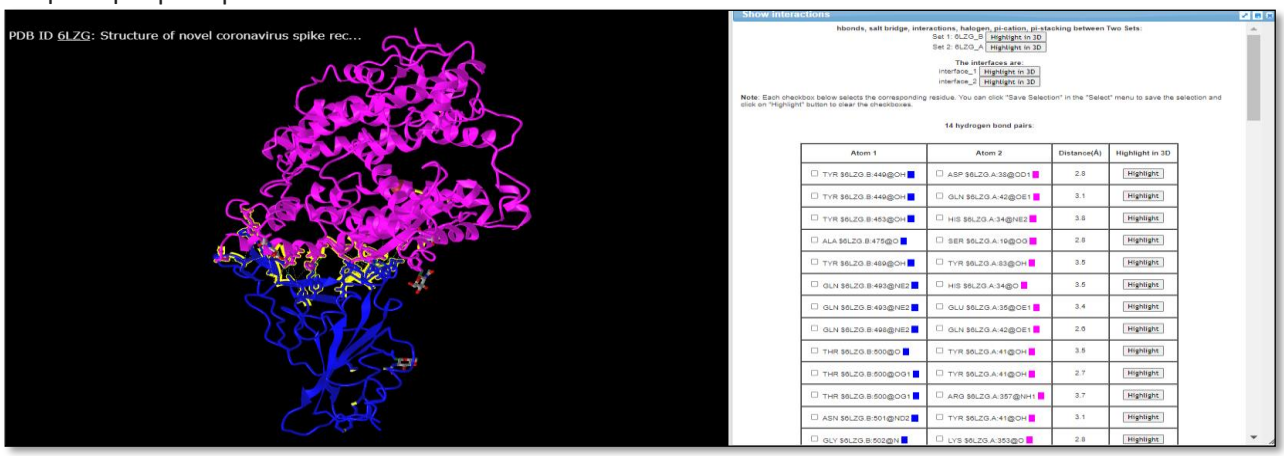
Η πρώτη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας με τίτλο: «*Δραστηριότητα 1. Μελέτη της μοριακής δομής της γλυκοπρωτεΐνης S του ελύτρου του ιού Sars Cov-2*» εκμεταλλεύεται τη δυνατότητα μοριακής οπτικοποίησης του λογισμικού και προσκαλεί τους μαθητές/-τριες να προβάλλουν 3D και να παρατηρήσουν την αρχιτεκτονική του τριμερούς της γλυκοπρωτεΐνης S του ελύτρου του ιού *Sars Cov-2*, να μεγεθύνουν και να εστιάσουν σε περιοχές ενδιαφέροντος του μορίου, να περιστρέψουν τη μοριακή δομή ώστε να έχουν πιο σφαιρική θέαση και να ανακαλύψουν με διαδραστικό τρόπο βασικά χαρακτηριστικά της (τον αριθμό αμινοξέων και την αλληλουχία των πολυπεπτιδικών αλυσίδων της, τις δευτεροταγείς δομές της, τη σύνδεση της με γλυκάνες) με συγχρονισμό των οθονών Όπως φαίνεται στην εικόνα 6.1, πρόκειται για μια μελέτη της γλυκοπρωτεΐνης S με ταυτόχρονη απεικόνιση των ακολουθιών των πολυπεπτιδικών αλυσίδων της γλυκοπρωτεΐνης (1D), της οργάνωσης των τομέων της (2D) και της τελικής διαμόρφωσής της (3D).



Εικόνα 6.1. Μοριακή οπτικοποίηση της γλυκοπρωτεΐνης S του ελύτρου του ιού Sars Cov-2.

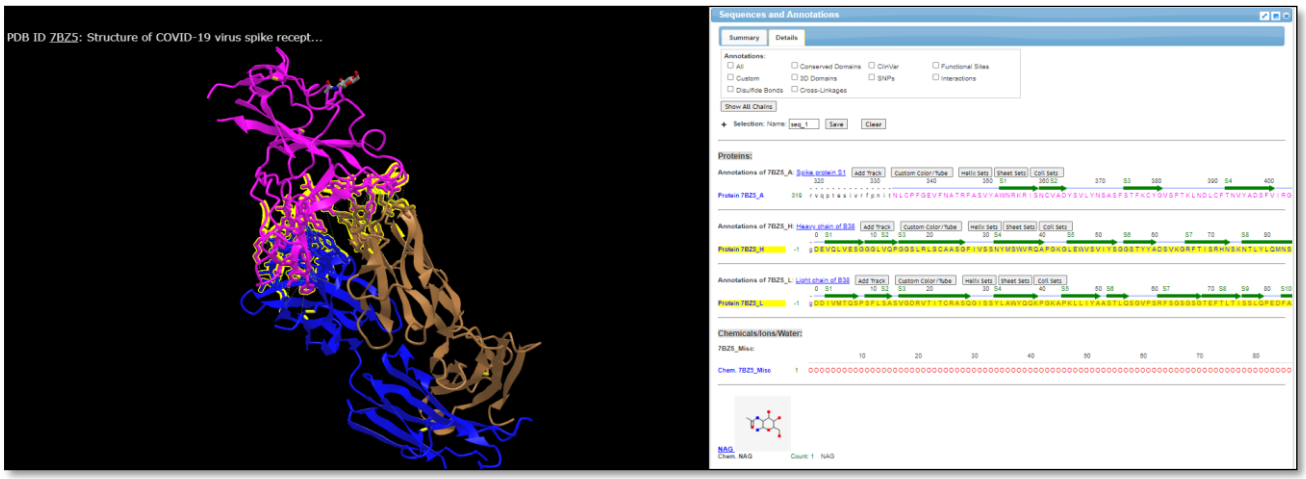
<u>2η , 3η, 4η Δραστηριότητα: Δραστηριότητες Διαδραστικής Δομικής Ανάλυσης</u>

Η δεύτερη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας με τίτλο: «*Δραστηριότητα 2. Μελέτη της δέσμευσης της γλυκοπρωτεΐνης S στον υποδοχέα του ανθρώπινου ξενιστικού κυττάρου hACE2*» προκειμένου να μεταφέρει τη δύναμη της διαδραστικής δομικής ανάλυσης στους/-ις μαθητές/-τριες τους/-ις προσκαλεί να διερευνύσουν ένα μοριακό σύστημα τρέχοντος ενδιαφέροντος: τη δέσμευση της γλυκοπρωτεΐνης S στον υποδοχέα hACE2 και τις αλληλεπιδράσεις τους στο αρχικό στάδιο (πριν από τη σύντηξη). Εστιάζοντας στη διεπαφή δέσμευσης της περιοχής *RBD* (Receptor Binding Domain) στον υποδοχέα hACE2 οι μαθητές/-τριες εμβάθυναν στην ανάλυση των λεπτομερειών των μοριακών αλληλεπιδράσεων των υπολειμμάτων τους. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.2, εντόπισαν τα αμινοξέα της περιοχής RBD που αλληλεπιδρούν με τον hACE2, την ύπαρξη διαφορετικών χημικών δεσμών, τα ζεύγη των αμινοξέων που συμμετέχουν σε δεσμούς υδρογόνου και ιοντικούς. Στη συνέχεια της μελέτης τους κατέληξαν σε συμπεράσματα σχετικά την επίδραση των μεταλλάξεων σε αυτές τις αλληλεπιδράσεις και τη σχέση της γενετικής βάσης των κυτταρικών υποδοχέων hACE2 (συγκέντρωση και λειτουργικότητα) με την εκδήλωση συμπτωμάτων.



Εικόνα 6.2. Διαδραστική δομική ανάλυση της διεπαφής RBD - h ACE2.

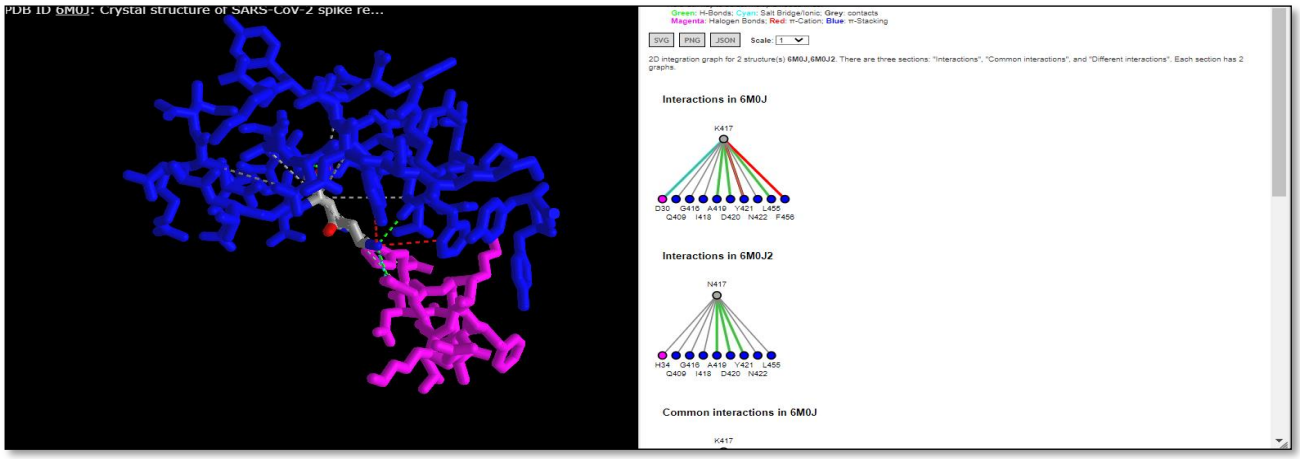
Η τρίτη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας με τίτλο: «*Δραστηριότητα 3. Μελέτη της δράσης των εξουδετερωτικών αντισωμάτων έναντι της γλυκοπρωτεΐνης S του ιού Sars Cov-2*» έχει ως αντικείμενο τη μελέτη της δράσης των εξουδετερωτικών αντισωμάτων έναντι του αντιγονικού στόχου RBD της γλυκοπρωτεΐνης S, που αποτελεί και το επίκεντρο της έρευνας για τον περιορισμό της πανδημίας (Youkharibache et al., 2020). Η δραστηριότητα αυτή προτείνει τη μελέτη μιας διαθέσιμης δομής του αντισώματος B38 που δεσμεύει την RBD της γλυκοπρωτεΐνης S. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.3, οι μαθητές/-τριες καλούνται αρχικά να εντοπίσουν τα αμινοξέα της RBD που αλληλεπιδρούν με τα αμινοξέα της βαρειάς και ελαφριάς αλυσίδας του αντισώματος και στη συνέχεια να τα συγκρίνουν με αυτά που δεσμεύονται στον κυτταρικό υποδοχέα ACE2. Ολοκληρώνοντας τη μελέτη τους κατέληξαν σε συμπεράσματα σχετικά με τον τρόπο δράσης των αντισωμάτων και την απόκτηση τεχνητής ενεργητικής ανοσίας μέσω του εμβολιασμού.



Εικόνα 6.3. Διαδραστική ανάλυση της μοριακής αλληλεπίδρασης του εξουδετερωτικού αντισώματος B38 με την RBD της γλυκοπρωτεΐνης S.

Η τέταρτη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας με τίτλο: «*Δραστηριότητα 4. Μελέτη της επίδρασης των μεταλλάξεων στη δομή και τη λειτουργία της γλυκοπρωτεΐνης S του ιού Sars Cov-2*» προσκαλεί τους μαθητές/-τριες να διερευνύσουν τον τρόπο με τον οποίο προκύπτουν τα νέα στελέχη του ιού με σκοπό την ανάδειξη του ρόλου των μεταλλάξεων. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.4, οι μαθητές/-τριες μελέτησαν τρεις σημαντικές σημειακές μεταλλαγές, τις K417N, E484K και N501Y τις οποίες συναντάμε σε στελέχη που αποτελούν «*παραλλαγές ανησυχίας*» συγκρίνοντας τις αλληλεπιδράσεις των αμινοξέων της RBD μεταξύ τους αλλά και τις αλληλεπιδράσεις των αμινοξέων της RBD με τα αμινοξέα του υποδοχέα hACE2 πριν και μετά την μετάλλαξη. Η σύγκριση αυτή τους οδήγησε στην ανακάλυψη της ύπαρξης των νέων αλληλεπιδράσεων που οδηγούν στη δημιουργία στελεχών με νέες ιδιότητες όπως αυξημένη μεταδοτικότητα και μολυσματικότητα, ανοσολογική - διαγνωστική και θεραπευτική διαφυγή. Επίσης, οι

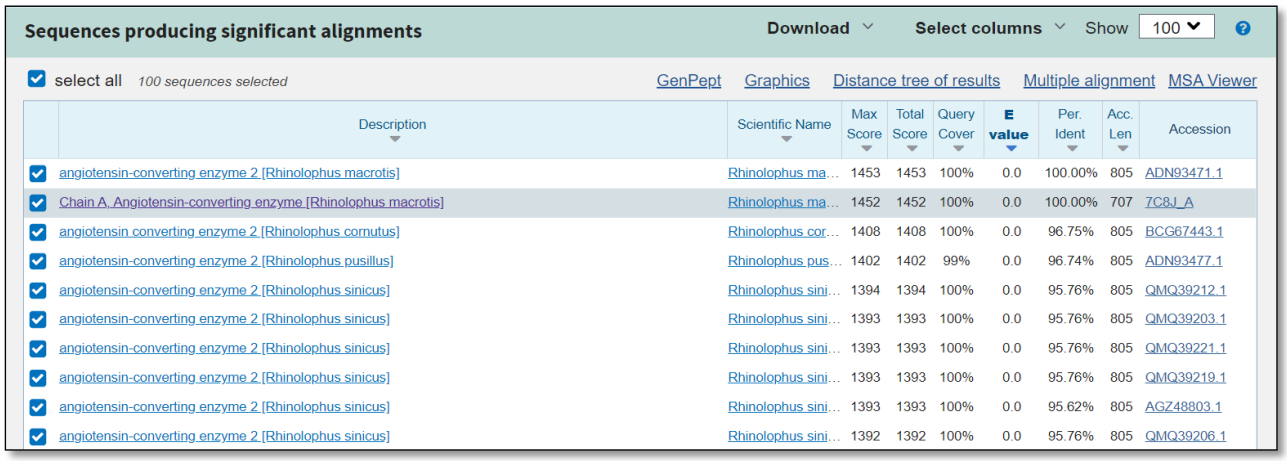
μαθητές/-τριες οδηγήθηκαν στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την εξειδικευμένη δράση των αντισωμάτων και την ανάγκη επανασχεδιασμού των εμβολίων.



Εικόνα 6.4. Οπτικοποίηση των νέων αλληλεπιδράσεων της RBD και της διεπαφής RBD - hACE2 εξαιτίας της δράσης μετάλλαξης.

5η Δραστηριότητα: Δραστηριότητα ευθυγράμμισης αμινοξικών ακολουθιών

Στην πέμπτη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας με τίτλο: «*Δραστηριότητα 5. Νυχτερίδα Rhinolophus: Η Φυσική δεξαμενή του ιού SARS-COV-2;;;*», όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.5, οι μαθητές/-τριες είχαν την ευκαιρία να κάνουν χρήση του εργαλείου *BLASTp* (protein) για τη σύγκριση της αμινοξικής αλληλουχίας του κυτταρικού υποδοχέα bACE2 της νυχτερίδας *Rhinolophus macrotis* με τις πιο όμοιες αλληλουχίες από μια πρωτεϊνική βάση δεδομένων. Η σύγκριση αυτή τους οδήγησε στην καλύτερη κατανόηση της διαφορετικής ικανότητας δέσμευσης του κυτταρικού υποδοχέα εξαιτίας της γενετικής ποικιλομορφίας στα διαφορετικά είδη του γένους *Rhinolophus*. Παρατηρώντας τα υψηλά ποσοστά ομοιότητας της αμινοξικής αλληλουχίας του υποδοχέα bACE2 με αυτή υποδοχέων ειδών διαφορετικού γένους οδηγήθηκαν σε συμπεράσματα σχετικά με την ικανότητα του ιού να μολύνει διαφορετικά γένη που μπορούν να λειτουργήσουν ως ενδιάμεσοι ξενιστές για τη μετάδοση στον άνθρωπο με φυσική δεξαμενή τις νυχτερίδες του γένους *Rhinolophus*.



Sequences producing significant alignments — Download — Select columns — Show 100

select all 100 sequences selected — GenPept — Graphics — Distance tree of results — Multiple alignment — MSA Viewer

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
angiotensin-converting enzyme 2 [Rhinolophus macrotis]	Rhinolophus ma...	1453	1453	100%	0.0	100.00%	805	ADN93471.1
Chain A, Angiotensin-converting enzyme [Rhinolophus macrotis]	Rhinolophus ma...	1452	1452	100%	0.0	100.00%	707	7C8J_A
angiotensin converting enzyme 2 [Rhinolophus cornutus]	Rhinolophus cor...	1408	1408	100%	0.0	96.75%	805	BCG67443.1
angiotensin-converting enzyme 2 [Rhinolophus pusillus]	Rhinolophus pus...	1402	1402	99%	0.0	96.74%	805	ADN93477.1
angiotensin-converting enzyme 2 [Rhinolophus sinicus]	Rhinolophus sini...	1394	1394	100%	0.0	95.76%	805	QMQ39212.1
angiotensin-converting enzyme 2 [Rhinolophus sinicus]	Rhinolophus sini...	1393	1393	100%	0.0	95.76%	805	QMQ39203.1
angiotensin-converting enzyme 2 [Rhinolophus sinicus]	Rhinolophus sini...	1393	1393	100%	0.0	95.76%	805	QMQ39221.1
angiotensin-converting enzyme 2 [Rhinolophus sinicus]	Rhinolophus sini...	1393	1393	100%	0.0	95.76%	805	QMQ39219.1
angiotensin-converting enzyme 2 [Rhinolophus sinicus]	Rhinolophus sini...	1393	1393	100%	0.0	95.62%	805	AGZ48803.1
angiotensin-converting enzyme 2 [Rhinolophus sinicus]	Rhinolophus sini...	1392	1392	100%	0.0	95.76%	805	QMQ39206.1

Εικόνα 6.5. BLASTp: Κατάλογος ειδών με σημαντική ομοιότητα της αλληλουχίας του υποδοχέα τους ACE2 με αυτή του είδους Rhinolophus macrotis.

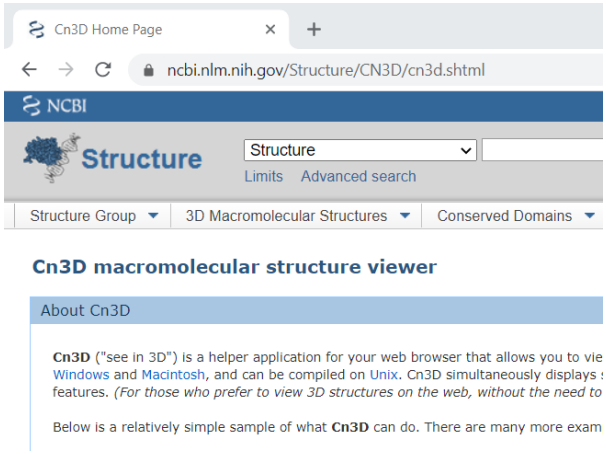
6.4.3 Η ανάλυση του φύλλου εργασίας

Το φύλλο εργασίας που χορηγήθηκε στις ομάδες των μαθητών/-τριών κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης αποτελείται από τρία μέρη: α) Εισαγωγή στη Βιοπληροφορική που αποσκοπεί στη γνωριμία των μαθητών/-τριών με την ηλεκτρονική τράπεζα δεδομένων PDB του NCBI καθώς και την ανάκληση γνώσεων τους σχετικά με τη δομή των πρωτεϊνών, β) μελέτη μεμονωμένης πρωτεϊνικής δομής (γλυκοπρωτεΐνης S του ιού *Sars CoV2*) και παράλληλη εξοικείωση με την πλατφόρμα και το λογισμικό οπτικοποίησης iCn3D και γ) μελέτη συνδεδεμένων πρωτεϊνικών δομών όπως της γλυκοπρωτεΐνης S με τον ανθρώπινο κυτταρικό υποδοχέα (hACE2) και της γλυκοπρωτεΐνης S με το εξουδετερωτικό αντίσωμα B38. Σε αυτό το μέρος επίσης διερευνάται η επίδραση των μεταλλάξεων στη δομή και τη λειτουργία της γλυκοπρωτεΐνης S καθώς και η πιθανή προέλευση του ιού *Sars CoV2* με φυσική δεξαμενή τις νυχτερίδες του γένους *Rhinolophus*.

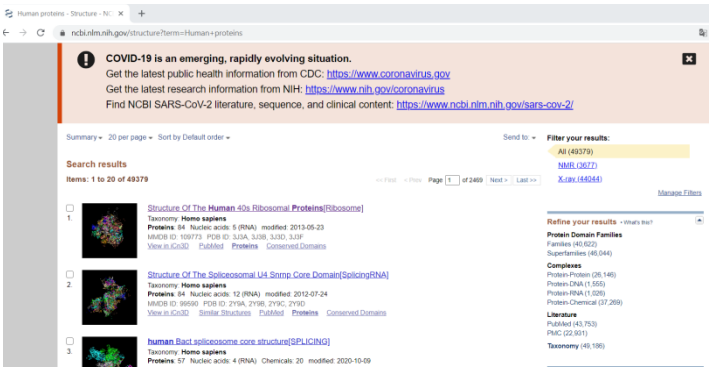
Πριν την υλοποίηση των δραστηριοτήτων του φύλλου εργασίας οι μαθητές/-τριες συμπλήρωσαν σε αυτό το *μοναδικό κωδικό της ομάδας* (ID ομάδας) στην οποία συμμετείχαν. Ο κωδικός αυτός περιελάμβανε την ημερομηνία συμπλήρωσης του φύλλου εργασίας και τα αρχικά του ονόματος και του επιθέτου του κάθε μέλους.

Στον πίνακα 6.4 παρουσιάζονται οι δραστηριότητες του φύλλου εργασίας και τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα (ΠΜΑ) από την εφαρμογή τους.

Πίνακας 6.4. Συσχέτιση δραστηριοτήτων φύλλου εργασίας και προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων (ΠΜΑ).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ	
Α. Γνωριμία με την τράπεζα πρωτεϊνικών δομών PDB	**Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα (ΠΜΑ)**
Προκειμένου να παρατηρήσουμε τη μοριακή δομή μίας πρωτεΐνης χρειάζεται να εισέλθουμε σε μία ηλεκτρονική τράπεζα δεδομένων όπως η **PDB** του **NCBI** (*National Center for Biotechnology Information*) της Αμερικής και να χρησιμοποιήσουμε το ***Cn3D*** ένα λογισμικό που αναπτύχθηκε για την απεικόνιση πρωτεϊνικών δομών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε το φυλλομετρητή ***Google Chrome*** και στη μηχανή αναζήτησης **Google** πληκτρολογούμε τον όρο αναζήτησης ***Cn3D.*** Στα αποτελέσματα της αναζήτησης μας επιλέγουμε ***Cn3D Home Page – NCBI.*** Στο αναδυόμενο μενού που εμφανίζεται πάνω αριστερά μετά την είσοδο μας επιλέγουμε την κατηγορία ***Structure*** (Εικόνα 1).  **Εικόνα 1. Ιστοσελίδα λογισμικού Cn3D** Στο διπλανό **πλαίσιο αναζήτησης** πληκτρολογούμε τον όρο ***Proteins*** και πατάμε ***Search*** για να δούμε τις καταχωρίσεις των πρωτεϊνικών δομών έως αυτή τη στιγμή στη συγκεκριμένη τράπεζα δεδομένων. Εμφανίζεται η καρτέλα αποτελεσμάτων με πολλές αναφορές υπό μορφή καταλόγου (Εικόνα 2). Παρατηρώντας τα αποτελέσματα αναζήτησης βλέπουμε	Οι μαθητές να έρθουν σε επαφή με έναν επιστημονικό τρόπο αναζήτησης και διερεύνησης της δομής των πρωτεϊνικών μορίων μέσω της γνωριμίας τους με την ηλεκτρονική τράπεζα δεδομένων PDB (*Protein Data Bank*) του NCBI (*National Center for Biotechnology Information*).

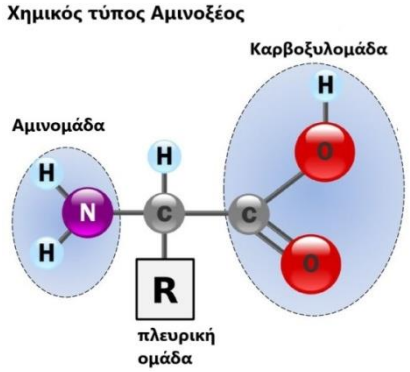
πως προκύπτουν πολλά διαφορετικά καθώς στην τράπεζα καταχωρούνται τρισδιάστατες δομές πρωτεϊνών αλλά και υποπεριοχών των πρωτεϊνών. (Στις δραστηριότητες που ακολουθούν για να εντοπίσουμε μία συγκεκριμένη δομή στο πλαίσιο αναζήτησης θα πληκτρολογούμε κάθε φορά το μοναδικό κωδικό αναζήτησης της πρωτεϊνικής δομής **- ID** μορίου - **με λατινικούς χαρακτήρες**).



Εικόνα 2.Κατάλογος πρωτεϊνικών δομών PDB

Β. Δομή πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες των οργανισμών οικοδομούνται από 20 διαφορετικά αμινοξέα τα οποία περιγράφονται από το χημικό τύπο της Εικόνας 3.



Εικόνα 3. Χημικός τύπος αμινοξέος

Ανάκληση των γνώσεων που οι μαθητές απέκτησαν στη Γ' Γυμνασίου και στη Β' Λυκείου όπως:

Δομικοί λίθοι πρωτεϊνών: Αμινοξέα

Χημικός τύπος αμινοξέος

Τα ονόματα και οι συντομογραφίες τους παρατίθενται στον Πίνακα 1. Τα αμινοξέα συνδεόμενα σε διαφορετικούς συνδυασμούς σχηματίζουν ένα μεγάλο πλήθος διαφορετικών πρωτεϊνικών μορίων.

Συντομογραφίες ονόματος αμινοξέων

Σχηματισμός πολυπεπτιδικών αλυσιδών

Αμινοξύ	Συντ/γραφία τριών γραμμάτων	Συντ/γραφία ενός γράμματος	Αμινοξύ	Συντ/γραφία τριών γραμμάτων	Συντ/γραφία ενός γράμματος
Αλανίνη	Ala	A	Ιστιδίνη	His	H
Αργινίνη	Arg	R	Κυστεΐνη	Cys	C
Ασπαραγίνη	Asn	N	Λευκίνη	Leu	L
Ασπαραγινικό οξύ	Asp	D	Λυσίνη	Lys	K
Βαλίνη	Val	V	Μεθειονίνη	Met	M
Γλουταμίνη	Gln	Q	Προλίνη	Pro	P
Γλουταμινικό οξύ	Glu	E	Σερίνη	Ser	S
Γλυκίνη	Gly	G	Τυροσίνη	Tyr	Y
Θρεονίνη	Thr	T	Φαινυλαλανίνη	Phe	F
Θρυπτοφάνη	Trp	W	Ασπαραγίνη ή ασπαραγινικό οξύ	Asx	B
Ισολευκίνη	Ile	I	Γλουταμίνη ή γλουταμινικό οξύ	Glx	Z

Πίνακας 2. Διεθνής συμβολισμός αμινοξέων

Διαφορετικοί συνδυασμοί αμινοξέων

Ποικιλία πολυπεπτιδικών αλυσίδων.

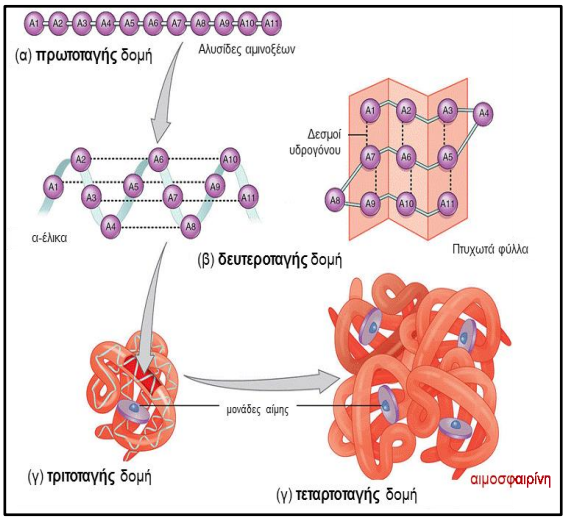
Η σύνδεση των αμινοξέων μεταξύ τους γίνεται με ομοιοπολικούς (πεπτιδικούς) δεσμούς. Στο ένα άκρο κάθε πολυπεπτιδικής αλυσίδας υπάρχει μία ελεύθερη αμινομάδα και στο άλλο μία ελεύθερη καρβοξυλομάδα.

Δημιουργία πεπτιδικού δεσμού

<u>Επίπεδα οργάνωσης της δομής των πρωτεϊνικών μορίων</u>: Η αλληλουχία και ο αριθμός των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα αποτελεί το πρώτο επίπεδο οργάνωσης γνωστό ως **πρωτοταγής δομή**. Στο δεύτερο επίπεδο που χαρακτηρίζεται ως **δευτεροταγής δομή** η πολυπεπτιδική αλυσίδα αναδιπλώνεται εξαιτίας των δεσμών υδρογόνου που αναπτύσσονται μεταξύ των πλευρικών ομάδων R γειτονικών αμινοξέων και αποκτά είτε ελικοειδή(α-έλικα) είτε πτυχωτή μορφή (μορφή β-επιφάνειας). Ακολουθεί η **τριτοταγής δομή** όπου η αλυσίδα αναδιπλώνεται περισσότερο και αποκτά μια καθορισμένη μορφή στο χώρο. Η σταθεροποίηση της δομής αυτής είναι αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των πλευρικών ομάδων. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές είναι δεσμοί υδρογόνου, ιοντικοί, υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις και δισουλφιδικοί. Αυτό είναι το ανώτερο επίπεδο οργάνωσης για τις πρωτεΐνες που αποτελούνται από μία πολυπεπτιδική αλυσίδα. Η πρωτοταγής δομή της πρωτεΐνης είναι αυτή που θα καθορίσει την τριτοταγή δομή της. **Η τεταρτοταγής δομή**

Επίπεδα οργάνωσης της δομής των πρωτεϊνών

αποτελεί ένα επιπλέον επίπεδο οργάνωσης της δομής των πρωτεϊνών που αποτελούνται από περισσότερες αλυσίδες και προκύπτει από το συνδυασμό των επιμέρους αλυσίδων σε ένα ενιαίο μόριο (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Επίπεδα οργάνωσης δομής πρωτεϊνών

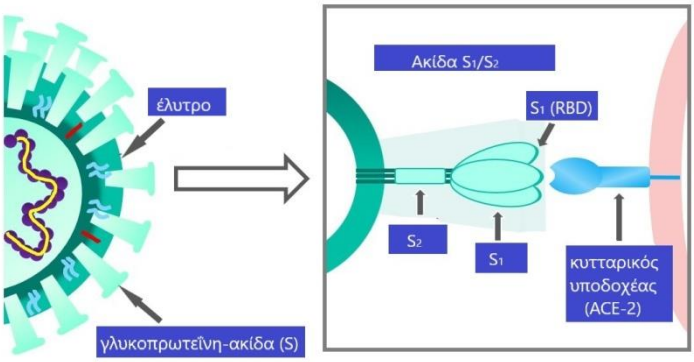
ΜΕΡΟΣ Α: ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗ ΜΕ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ – ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ

Δραστηριότητα 1. Μελέτη της μοριακής δομής της γλυκοπρωτεΐνης S του ιού *Sars Cov-2*.

ID δομής: 7JJI

Το Δεκέμβριο του 2019, στην πόλη Wuhan της Κίνας εμφανίσθηκε ένας νέος κοροναϊός (*SARS-CoV 2, coronavirus-2*) ιδιαίτερα παθογόνος (οξύ αναπνευστικό σύνδρομο-Covid 19). Ο ιός αυτός εξαπλώθηκε γρήγορα σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) κήρυξε αυτή την πανδημική απειλή ως γεγονός διεθνούς ενδιαφέροντος. Η σύνδεση του ιού με τα κύτταρα του ξενιστή επιτυγχάνεται μέσω της γλυκοπρωτεΐνης - ακίδας του ελύτρου του (**S**: *Spike Protein*) (Εικ.5, αριστερά).

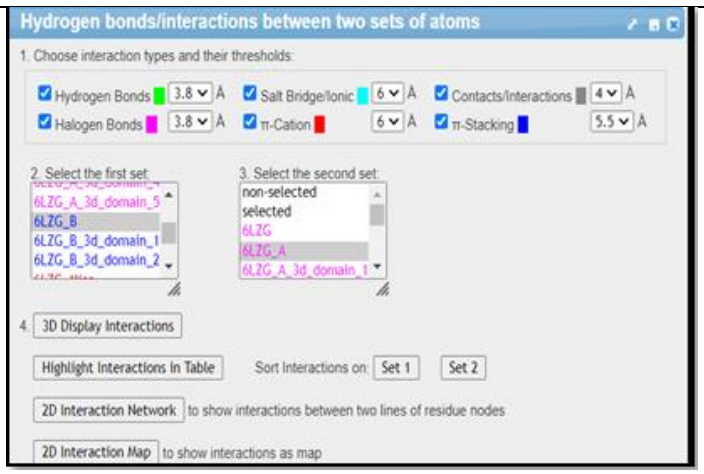
Υπόθεση 1.	**Π.Μ.Α**
 **Εικόνα 5. Η γλυκοπρωτεΐνη S του ελύτρου του ιού Sars Cov 2 και τα τμήματά της S_1 και S_2 .** **1Α**. Παρατηρώντας το σχήμα της γλυκοπρωτεΐνης S του ελύτρου του ιού στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 5) μπορείτε να υποθέσετε το λόγο για τον οποίο ονομάσθηκε «ακίδα»;	Διατύπωση αρχικών υποθέσεων από την παρατήρηση της δοσμένης εικόνας και από τις μέχρι τώρα αποκτηθείσες γνώσεις σχετικά με: **Α**. Τη χρήση του όρου «ακίδα» για την απόδοση του σχήματος της γλυκοπρωτεΐνης S του ελύτρου του ιού *Sars Cov 2*.
1Β. Για ποιο λόγο θεωρείτε πως η ακίδα ανήκει στις γλυκοπρωτεΐνες;	**Β.** Την κατάταξη της ακίδας στις γλυκο-πρωτεΐνες.
Προκειμένου να παρατηρήσετε ένα μοντέλο της δομής της γλυκοπρωτεΐνης S του *Sars Cov-2* θα αναζητήσετε τη μοριακή δομή με **ID: 7JJI** στη σελίδα του NCBI. Αυτή η δομή αποτελεί μία πλήρη απεικόνιση της δομής της γλυκοπρωτεΐνης S πριν τη δέσμευσή της στον υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου.	
Δραστηριότητα 1.	**ΠΜΑ** **Ανάπτυξη τεχνικών δεξιοτήτων**
1Α. Προβολή δομής και αλληλουχίας Στη συνέχεια θα εμφανισθεί η διπλανή εικόνα (Εικόνα 6). Στο μαύρο φόντο θα επιλέξετε ***full-featured 3D viewer*** και θα εμφανισθούν δύο παράθυρα: Το **παράθυρο δομής** με το μαύρο φόντο στο οποίο παρουσιάζεται η μοριακή δομή της πρωτεΐνης και το **παράθυρο αλληλουχίας** με τίτλο **Sequences and Annotations.**	
1Β. Αλλαγή μεγέθους και επαναφορά αρχικού μεγέθους. Μπορείτε να παρατηρήσετε τη δομή σε μεγέθυνση ή σμίκρυνση περιστρέφοντας το **μεσαίο πλήκτρο** στο ποντίκι σας. Εναλλακτικά, για να **μεγεθύνετε** τη δομή επιλέξτε από το πληκτρολόγιο το γράμμα **«z»** και για να	

μικρύνετε το μόριο επιλέξτε το γράμμα **«x»**. Ακολουθώντας τη διαδρομή:**View→Reset→ All** μπορείτε να επαναφέρετε τη δομή στο αρχικό της μέγεθος.	Η εξοικείωση με τη χρήση εκπαιδευτικού προγράμματος – λογισμικού οπτικοποίησης **iCn3D** ως μέσο επιστημονικής μελέτης βιολογικών συστημάτων το οποίο τους παρέχει τη δυνατότητα να προσεγγίζουν και να επεξεργάζονται σύνθετες πληροφορίες με ποικίλους τρόπους.
1Γ. Περιστροφή μορίου Προκειμένου να παρατηρήσετε τη δομή πιο σφαιρικά μπορείτε να την περιστρέψετε κάνοντας **αριστερό** κλικ πάνω σε οποιοδήποτε σημείο του και κρατώντας το πατημένο προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.	
1Δ. Αλλαγή στυλ αναπαράστασης Προβάλλετε το μόριο χρησιμοποιώντας τα διαφορετικά στυλ αναπαράστασης των πρωτεϊνών. Από το μενού εντολών που βρίσκεται στο παράθυρο δομής ακολουθώντας τη διαδρομή **Style → Proteins** και επιλέγοντας : • **Ball and Stick**: θα δείτε τα άτομα των αμινοξέων ως σφαίρες και τους δεσμούς ως ράβδους • **Backbone:** θα δείτε μόνο τους δεσμούς ως ράβδους ενώ τα άτομα βρίσκονται στις κορυφές (γωνίες) • **Cylinder and Plate:** θα δείτε τις α-έλικες ως κυλίνδρους και τις β-πτυχωτές επιφάνειες ως πεπλατυσμένα βέλη • **Ribbon:** θα δείτε τις α-έλικες ως κορδέλες και τις β-πτυχωτές επιφάνειες ως πεπλατυσμένα βέλη Για τη συνέχεια διατηρείστε αυτό το στυλ αναπαράστασης.	
1Ε. Εντοπισμός πολυπεπτιδικών αλυσίδων Δείτε το παράθυρο **Sequences and Annotations**, επιλέξτε την καρτέλα **Summary** και βεβαιωθείτε πως στα **Annotations** δεν είναι κανένα τετράγωνο επιλεγμένο. Από το πλαίσιο Proteins αν επιλέξετε διαδοχικά **Protein 7JJI_A, Protein 7JJI_B και Protein 7JJI_C** θα δείτε στο πλαίσιο δομής την κάθε μία αλυσίδα της γλυκοπρωτεΐνης S με το προεπιλεγμένο χρώμα με φωτεινή σήμανση.	

1ΣΤ. Εντοπισμός αμινοξέων Επιλέξτε την καρτέλα **Details** για να δείτε στο πλαίσιο **Proteins** την αλληλουχία των αμινοξέων για κάθε μία από τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες της γλυκοπρωτεΐνης S. Επιλέγοντας **Clear** αφαιρείται κάθε προηγούμενη σήμανση. Τα αμινοξέα κάθε αλυσίδας εμφανίζονται με κεφαλαία και μικρά γράμματα. Τα κεφαλαία γράμματα αντιστοιχούν στα αμινοξέα του μορίου που εμφανίζονται στο πλαίσιο δομής, ενώ τα μικρά σε αμινοξέα του μορίου που απουσιάζουν από τη συγκεκριμένη δομή. Μαρκάρετε με τον κέρσορα μεμονωμένα αμινοξέα της κάθε αλυσίδας για να δείτε με φωτεινή σήμανση τη θέση τους μέσα στην πολυπεπτιδική αλυσίδα στο πλαίσιο της δομής. Δεξιά από κάθε αλληλουχία παρατηρείστε τον αριθμό των αμινοξέων κάθε πεπτιδικής αλυσίδας.	Απόκτηση απαιτούμενων δεξιοτήτων ώστε οι μαθητές/-τριες να έχουν την απαραίτητη ευχέρεια για την πραγματοποίηση των επόμενων δραστηριοτήτων.
Εργασία 1. Μελέτη της μοριακής δομής της γλυκοπρωτεΐνης S του ιού *Sars Cov-2.*	**Η ανακάλυψη ορισμένων βασικών χαρακτηριστικών της μοριακής δομής της γλυκοπρωτεΐνης S του ιού *Sars Cov-2***
	ΠΜΑ εννοιολογικής κατανόησης
Α. Από πόσες και ποιες πολυπεπτιδικές αλυσίδες αποτελείται η γλυκοπρωτεΐνη S του *Sars Cov-2*;	Παρατήρηση αριθμού πολυπεπτιδικών αλυσίδων, αριθμού αμινοξέων και αλληλουχίας πολυπεπτιδικής αλυσίδας.
Β. Ποιος είναι ο συνολικός αριθμός αμινοξέων της κάθε πολυπεπτιδικής αλυσίδας;	
Γ. Συγκρίνετε τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες ως προς τον αριθμό των αμινοξέων τους. Τι παρατηρείτε;	**Διαπίστωση ομοτριμερούς** μέσω: Σύγκρισης των τριών πολυπεπτιδικών αλυσίδων ως προς τον αριθμό, το είδος και την αλληλουχία των αμινοξέων.
ΔΙ. Ποιο γεωμετρικό σχήμα προσεγγίζει η δομή της γλυκοπρωτεΐνης S. Να κυκλώσετε τη σωστή απάντηση: **α.** ρόμβο **β.** τρίγωνο **γ.** τετράγωνο **δ**. κύκλο	Παρατήρηση **τριγωνικού γεωμετρικού σχήματος** πρωτεϊνικής δομής.
ΙΙ. Ο όρος «ακίδα» τελικά πώς προέκυψε; Επιβεβαιώνεται η αρχική υπόθεση σας 1Α;	Ομαδική διερεύνηση με αποτέλεσμα την επιβεβαίωση ή την απόρριψη της αρχικής υπόθεσης 1Α.
1Ζ. Εντοπισμός άλλων χημικών μορίων Από το παράθυρο **Sequences and Annotations** και την	Απόκτηση απαιτούμενων δεξιοτήτων ώστε οι μαθητές/-τριες να έχουν την απαραίτητη

καρτέλα Summary από το πλαίσιο **Chemicals/Ions/Water** εντοπίστε άλλα μόρια που συνδέονται με τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες της πρωτεϊνικής δομής.	ευχέρεια για την πραγματοποίηση των επόμενων δραστηριοτήτων.
ΕΙ. Εκτός από τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες ποια άλλα μόρια υπάρχουν στη δομή δημιουργώντας μια «εξωτερική διακοσμητική ασπίδα»; Χρησιμοποιείστε τις συντομογραφίες τους.	Διαπίστωση της σύνδεσης των πολυπεπτιδικών αλυσίδων της πρωτεϊνικής δομής με άλλα μόρια (σάκχαρα).
ΙΙ. Ποιο από αυτά τα μόρια επικρατεί; Δικαιολογεί αυτό την κατάταξη της πρωτεΐνης στις γλυκοπρωτεΐνες;	
ΙΙΙ. Επιβεβαιώνεται η αρχική υπόθεση σας 1Β; Εξηγείστε.	Ομαδική διερεύνηση με αποτέλεσμα την επιβεβαίωση ή την απόρριψη της αρχικής υπόθεσης 1Β.
1Η.Απομόνωση και παρατήρηση πολυπεπτιδικής αλυσίδας Για να απομονώσετε μία αλυσίδα της γλυκοπρωτεΐνης S από το πλαίσιο **Proteins** και την καρτέλα ***Summary*** επιλέξτε ***Protein 7JJI_A*.** Από το μενού ακολουθήστε τη διαδρομή: ***View→ View Selection***. Για να παρατηρήσετε πιο ευδιάκριτα τις **δευτεροταγείς δομές της αλυσίδας** μπορείτε να τους δώσετε έναν διαφορετικό χρωματισμό ακολουθώντας τη διαδρομή: ***Color→ Secondary→Sheet in Green***. Από την καρτέλα **Details** να απαντήσετε τα ερωτήματα:	Διαπίστωση ύπαρξης α-ελίκων και β-πτυχωτών επιφανειών σε μία πολυπεπτιδική αλυσίδα της πρωτεϊνικής δομής.
ΣΤΙ. Πόσες α - έλικες και πόσες β - πτυχωτές επιφάνειες εμφανίζονται στην πολυπεπτιδική αλυσίδα που απομονώσατε;	Διάκριση περιοχών δευτεροταγούς δομής και διαπίστωση επικράτησης β – επιφανειών.
ΙΙ. Ποια από τις δύο διαμορφώσεις (α - έλικα ή β - επιφάνεια) επικρατεί; Δικαιολογείστε.	
Ζ. Στην οθόνη σας βλέπετε ένα μεγάλο τμήμα της αλυσίδας που απομονώσατε. Ποιο αμινοξύ βρίσκεται στο αρχικό(αμινικό) και ποιο στο τελικό (καρβοξυλικό) άκρο του; Από τον Πίνακα 1 της εισαγωγής να εντοπίσετε το πλήρες όνομά τους.	Προσδιορισμός αμινικού και καρβοξυλικού άκρου της πολυπεπτιδικής αλυσίδας.

ΜΕΡΟΣ Β: ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΩΝ ΔΟΜΩΝ	
Δραστηριότητα 2. Μελέτη της δέσμευσης της γλυκοπρωτεΐνης S στον υποδοχέα του ανθρώπινου ξενιστικού κυττάρου (hACE2).	
ID δομής: 6LZG	
Απαραίτητη προϋπόθεση για τη μόλυνση του ξενιστικού κυττάρου από τον ιό είναι η πρόσδεση της γλυκοπρωτεΐνης S στον κατάλληλο υποδοχέα (ACE 2). Η γλυκοπρωτεΐνη αυτή αποτελείται από δύο τμήματα, τα S1 και S2. Το S1 έχει μια περιοχή που ονομάζεται «τομέας δέσμευσης» του υποδοχέα (**RBD**: *Receptor- binding domain*) και είναι υπεύθυνη για την αναγνώριση και τη δέσμευση στον υποδοχέα (ACE2) του ξενιστικού κυττάρου ενώ το S2 είναι υπεύθυνο για την είσοδο του ιού (Εικ.5, δεξιά).	
Υπόθεση 2	**Π.Μ.Α**
Κατά τη γνώμη σας με ποιο τρόπο επιτυγχάνεται η δέσμευση της περιοχής RBD στον υποδοχέα hACE2;	Διατύπωση αρχικής υπόθεσης από τις μέχρι τώρα αποκτηθείσες γνώσεις σχετικά με τον τρόπο αλληλεπίδρασης της περιοχής RBD και του ανθρώπινου κυτταρικού υποδοχέα hACE2.
Για να μελετήσετε τη δέσμευση της RBD της ακίδας στον υποδοχέα hACE2 μπορείτε να ανοίξετε μία νέα καρτέλα με **ID δομής: *6LZG.*** Η δομή αυτή αποτελείται από δύο μέρη: ***6LZG_A:*** υποδοχέας hACE2 (ροζ) και ***6LZG_B:*** RBD ακίδας (μπλε). Από το μενού επιλέξτε ***Analysis→ Interactions*** και στον πίνακα που θα εμφανισθεί (Εικόνα 7) επιλέξτε στο πεδίο **Select the first set** την επιλογή ***6LZG_B*** και στο πεδίο **Select the second set** την επιλογή ***6LZG_A.*** Στη συνέχεια επιλέξτε ***Highlight Interactions in Table.***	



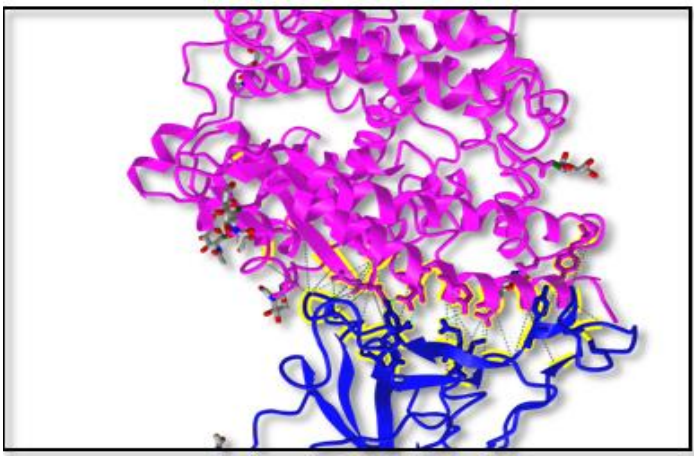
Εικόνα 7. Επιλογή αλληλεπιδράσεων

Στη νέα καρτέλα που εμφανίζεται με τίτλο **Show Interactions** (αφού κλείσετε τον προηγούμενο πίνακα) επιλέγοντας διαδοχικά ***Set1: 6LZG_B Highlight in 3D*** και ***Set2: 6LZG_A Highlight in 3D*** μπορείτε να παρατηρήσετε **στο παράθυρο δομής** με φωτεινή σήμανση τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες των Set1 και 2 που ορίσατε (Εικόνα 8).

Επίσης, μπορείτε να παρατηρήσετε ξεχωριστά <u>τις περιοχές</u> των πολυπεπτιδικών αλυσίδων της RBD της ακίδας και του υποδοχέα hACE2 που αλληλεπιδρούν επιλέγοντας διαδοχικά ***interface _1 Highlight in 3D*** και ***interface _2 Highlight in 3D*** (Εικόνα 9). Στους πίνακες της καρτέλας που ακολουθούν παρουσιάζεται μία ανάλυση αυτών των αλληλεπιδράσεων (δεσμοί υδρογόνου: *hydrogen bonds*, γέφυρες άλατος / ιοντικοί δεσμοί: *salt bridges/ionic bonds*, κ.α.) (Εικόνα 8).

Εικόνα8. Ανάλυση αλληλεπιδράσεων

Από τον πρώτο πίνακα επιλέγοντας ***Highlight*** δίπλα από ένα ζευγάρι αμινοξέων μπορείτε να το δείτε με φωτεινή σήμανση. Ακολουθώντας από το μενού τη διαδρομή: ***View → View Selection*** μπορείτε να το απομονώσετε και να παρατηρήσετε ευκρινέστερα τους δεσμούς στους οποίους συμμετέχουν τα αμινοξέα του.



Εικόνα 9. Αλληλεπίδραση RBD ακίδας και κυτταρικού υποδοχέα hACE2.

Εργασία 2.

Μελέτη της δέσμευσης της γλυκοπρωτεΐνης S στον υποδοχέα του ανθρώπινου ξενιστικού κυττάρου (hACE2).

	ΠΜΑ εννοιολογικής κατανόησης
2A. Από τον πίνακα με τίτλο **40 residue pairs in the contacts** να καταγράψετε τα αμινοξέα της γλυκοπρωτεΐνης S (**Residue 1**) που αλληλεπιδρούν με τα	Εντοπισμός και καταγραφή των αμινοξέων της RBD της γλυκοπρωτεΐνης S που αλληλεπιδρούν με τα αμινοξέα του υποδοχέα

αμινοξέα του υποδοχέα hACE2 (**Residue 2**). (Αν ένα αμινοξύ μίας θέσης επαναλαμβάνεται να το καταγράψετε μία φορά. Χρησιμοποιείστε τη συντομογραφία των 3 γραμμάτων και τον αριθμό θέσης, π.χ. TYR 449).	hACE.
2Β. Κάθε αμινοξύ της ακίδας έχει τη δυνατότητα να συνδέεται με τα αμινοξέα του υποδοχέα με ένα ή περισσότερα είδη δεσμών; Δικαιολογείστε.	Διαπίστωση της δυνατότητας των αμινοξέων της γλυκοπρωτεΐνης S να συμμετέχουν σε διαφορετικά είδη χημικών δεσμών με τα αμινοξέα του ανθρώπινου κυτταρικού υποδοχέα hACE.
2ΓΙ. Μεταξύ πόσων ζευγαριών αμινοξέων αναπτύσσονται δεσμοί υδρογόνου και μεταξύ πόσων ιοντικοί δεσμοί;	Προσδιορισμός του αριθμού των αμινοξέων των RBD και hACE2 που συμμετέχουν σε δεσμούς υδρογόνου και ιοντικούς δεσμούς.
2ΓΙΙ. Μεταξύ ποιών αμινοξέων της περιοχής RBD και του υποδοχέα hACE2 αναπτύσσονται οι ιοντικοί δεσμοί;	Προσδιορισμός του είδους των αμινοξέων των RBD και hACE2 που συμμετέχουν σε ιοντικούς δεσμούς.
	ΠΜΑ
2Δ. Μία μετάλλαξη θα έχει μεγαλύτερη επίδραση στην δέσμευση της RBD στον υποδοχέα hACE2 αν επηρεάσει το αμινοξύ: α) LYS$6LZG.B:417 β) ALA$6LZ.B:475. Δικαιολογείστε.	Ανάπτυξη κριτικής σκέψης και Εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά με την διαφορετική επίδραση μιας μετάλλαξης ανάλογα με τους δεσμούς στους οποίους συμμετέχει το αμινοξύ που θα επηρεάσει.
2Ε. Επιβεβαιώνεται η αρχική σας υπόθεση;	Ομαδική διερεύνηση με αποτέλεσμα την επιβεβαίωση ή την απόρριψη της αρχικής υπόθεσης.
Επέκταση- Σύνδεση με την καθημερινή ζωή	**ΠΜΑ**
2ΣΤΙ. Γνωρίζοντας ότι οι άνδρες έχουν υψηλότερη συγκέντρωση υποδοχέων hACE2 στην επιφάνεια των κυττάρων τους διατρέχουν μικρότερο ή μεγαλύτερο κίνδυνο νόσησης σε σχέση με τις γυναίκες; Δικαιολογείστε.	Αιτιολόγηση της ύπαρξης μεγαλύτερου κινδύνου νόσησης για τους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες .
2ΣΤΙΙ. Αν για γενετικούς λόγους κάποιος φέρει μη λειτουργικούς υποδοχείς hACE2 στην επιφάνεια των κυττάρων του θα εκδηλώσει τα συμπτώματα της λοίμωξης; Δικαιολογείστε.	Αιτιολόγηση της ύπαρξης ασυμπτωματικών ατόμων.

Δραστηριότητα 3. Μελέτη της δράσης των εξουδετερωτικών αντισωμάτων έναντι της γλυκοπρωτεΐνης S του ιού *Sars Cov-2*.	
ID δομής: 7BZ5	
Μία ανοσολογική αντίδραση του ανθρώπινου οργανισμού απέναντι στον εισβολέα - ιό είναι η παραγωγή αντισωμάτων, τα οποία παρουσιάζουν μια εξειδικευμένη σύνδεση με το αντιγόνο το οποίο κινητοποίησε την παραγωγή τους (σχέση κλειδιού-κλειδαριάς). Αυτά έχουν την ικανότητα να εξουδετερώνουν τον εισβολέα οδηγώντας τους ασθενείς σε ανάρρωση και γι' αυτό το λόγο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως θεραπευτικό μέσο. Η γλυκοπρωτεΐνη S αποτελεί τον κύριο αντιγονικό στόχο γιατί αναγνωρίζεται από το ανοσοποιητικό σύστημα και πυροδοτεί μία ισχυρή προστατευτική αντίδραση παραγωγής αντισωμάτων. Οι ερευνητές Wu *et al*. απομόνωσαν εξουδετερωτικά αντισώματα για την ακίδα από ασθενή της νόσου Covid-19 σε ανάρρωση. Ορισμένα από αυτά, όπως το αντίσωμα B38, δεσμεύονται στην περιοχή RBD της ακίδας παρέχοντας αποτελεσματική ανοσία.	
Υπόθεση 3	**ΠΜΑ**
Με ποιο τρόπο κατά τη γνώμη σας τα εξουδετερωτικά αντισώματα καταφέρνουν να εμποδίσουν τη δέσμευση της περιοχής RBD της ακίδας στον υποδοχέα hACE2;	Διατύπωση αρχικής υπόθεσης από τις μέχρι τώρα αποκτηθείσες γνώσεις σχετικά με τον τρόπο δράσης των εξουδετερωτικών αντισωμάτων.
Για να μελετήσετε τη δέσμευση μίας μεταβλητής περιοχής του αντισώματος B38 στην γλυκοπρωτεΐνη S του ιού ανοίξτε μία νέα καρτέλα (αφού κλείσετε την προηγούμενη) με **ID δομής: *7BZ5*.** Η δομή αυτή περιλαμβάνει: ***7BZ5_A:*** RBD της ακίδας (ροζ) ***7BZ5_H:*** βαρειά αλυσίδα αντισώματος B38 (μπλε) ***7BZ5_L:*** ελαφριά αλυσίδα αντισώματος B38(καφέ) Για να παρατηρήσετε τις αλληλεπιδράσεις της RBD της ακίδας με το τμήμα της βαρειάς αλυσίδας (H) της μεταβλητής περιοχής του αντισώματος B38 από το μενού επιλέξτε ***Analysis→ Interactions*** και στον πίνακα που θα εμφανισθεί επιλέξτε στο πεδίο **Select the first set** την επιλογή ***7BZ5_A*** ενώ στο πεδίο **Select the second set** την επιλογή ***7BZ5_H***. Στη συνέχεια επιλέξτε ***3D Display Interactions*** ώστε οι αλληλεπιδράσεις να εμφανισθούν στο παράθυρο δομής με φωτεινή σήμανση.	
Εργασία 3.	**ΠΜΑ**
3AI. Από την επιλογή ***Highlight Interactions in Table*** να καταγράψετε τα αμινοξέα της περοχής RBD της ακίδας (**Residue 1**) που αλληλεπιδρούν με τα αμινοξέα της	Εντοπισμός των αμινοξέων της RBD που δεσμεύονται από τη βαρειά αλυσίδα του εξουδετερωτικού αντισώματος B38.

βαρειάς αλυσίδας (Η) (**Residue 2**) του αντισώματος Β38 από τον πίνακα με τίτλο: **37 residue pairs in the contacts**. (Αν κάποιο αμινοξύ επαναλαμβάνεται να το καταγράψετε μία φορά).	
3ΑΙΙ. Στην απάντηση της εργασίας **2Α** να κυκλώσετε τα αμινοξέα της ακίδας που δεσμεύονται από τη βαρειά αλυσίδα του αντισώματος. Να καταγράψετε τον αριθμό τους: . ……	Καταγραφή του αριθμού τους.
Για να παρατηρήσετε τις αλληλεπιδράσεις της RBD της ακίδας με το τμήμα της ελαφριάς αλυσίδας (L) της μεταβλητής περιοχής του αντισώματος Β38 ακολουθώντας τον ίδιο τρόπο στο πεδίο **Select the first set** θα ορίσετε την επιλογή ***7BZ5_A*** ενώ στο πεδίο **Select the second set** την επιλογή ***7BZ5_L.*** Στη συνέχεια παρατηρήστε τις αλληλεπιδράσεις στο παράθυρο δομής με φωτεινή σήμανση.	
3ΒΙ. Από την επιλογή ***Highlight Interactions in Table*** να καταγράψετε τα αμινοξέα της RBD της ακίδας (**Residue 1**) που αλληλεπιδρούν με τα αμινοξέα της ελαφριάς αλυσίδας (L) (**Residue 2**) του αντισώματος Β38 από τον πίνακα με τίτλο: **22 residue pairs in the contacts**. (Αν κάποιο αμινοξύ επαναλαμβάνεται να το καταγράψετε μία φορά).	Εντοπισμός των αμινοξέων της RBD που δεσμεύονται από την ελαφριά αλυσίδα του εξουδετερωτικού αντισώματος Β38.
3ΒΙΙ. Στην απάντηση της εργασίας **2Α** να κυκλώσετε τα αμινοξέα της ακίδας που δεσμεύονται από την ελαφριά αλυσίδα του αντισώματος. Να καταγράψετε τον αριθμό τους: ……	Καταγραφή του αριθμού τους.
3ΓΙ. Από τα 19 αμινοξέα της RBD της γλυκοπρωτεΐνης S (που αλληλεπιδρούν με τα αμινοξέα του υποδοχέα hACE2) πόσα δεσμεύονται συνολικά από τη σύνδεση με αμινοξέα της βαρειάς και της ελαφριάς αλυσίδας; Εξηγείστε.	Προσδιορισμός του υψηλού βαθμού δέσμευσης της RBD της γλυκοπρωτεΐνης S από τις αλυσίδες του εξουδετερωτικού αντισώματος Β38.
Επέκταση- Σύνδεση με την καθημερινή ζωή	**ΠΜΑ**
3ΓΙΙ. Όταν το αντίσωμα Β38 θα συνδεθεί με τη μεταβλητή του περιοχή στο αντιγόνο RBD της ακίδας θα είναι δυνατή η σύνδεση του ιού με τον υποδοχέα hACE2 και κατ' επέκταση η εκδήλωση της λοίμωξης; Δικαιολογείστε.	Αιτιολόγηση της αδυναμίας δέσμευσης της RBD της γλυκοπρωτεΐνης S στον κυτταρικό υποδοχέα μετά τη δέσμευση της από το αντίσωμα Β38.

3Δ. Επιβεβαιώνεται η αρχική σας πρόβλεψη;	Ομαδική διερεύνηση με αποτέλεσμα την επιβεβαίωση ή απόρριψη της αρχικής υπόθεσης.
	ΠΜΑ
3ΕΙ. Επί του παρόντος, ο σχεδιασμός αποτελεσματικών εμβολίων απέναντι στον ιό Sars-CoV-2 αποτελεί την καλύτερη στρατηγική αντιμετώπισης της πανδημίας Covid-19. Τα εμβόλια στοχεύουν στην απόκτηση τεχνητής ενεργητικής ανοσίας, προκαλώντας την παραγωγή εξουδετερωτικών αντισωμάτων για την πλήρη γλυκοπρωτεΐνη S του ιού ή για τμήματά της όπως η περιοχή RBD. Αν είχατε τη δυνατότητα να σχεδιάσετε ένα εμβόλιο από ποια αμινοξέα θα επιθυμούσατε να αποτελούνται τα αντισώματα που θα παράγονταν ώστε αυτά να είναι αποτελεσματικά; Δικαιολογείστε.	Επινόηση-σχεδιασμός εμβολίου με βάση την αλληλουχία των αμινοξέων των αποτελεσματικών αντισωμάτων που θα παραχθούν.
Επέκταση- Σύνδεση με την καθημερινή ζωή	**ΠΜΑ**
3ΕΙΙ. Με ποιο τρόπο αυτά τα αντισώματα εξασφαλίζουν την ανοσία των εμβολιασμένων ατόμων;	Αιτιολόγηση του τρόπου απόκτησης τεχνητής ενεργητικής ανοσίας.

Δραστηριότητα 4. Μελέτη της επίδρασης των μεταλλάξεων στη δομή και τη λειτουργία της γλυκοπρωτεΐνης S του ιού *Sars Cov-2.*

ID δομής: 7BZ5

Η θανατηφόρος πανδημία Covid 19 συνεχίζεται καθώς μικρές αλλαγές στο γενετικό υλικό του ιού μπορεί να έχουν ουσιαστική επίδραση στη διαμόρφωση της γλυκοπρωτεΐνης S του οδηγώντας στη δημιουργία νέων παραλλαγών του ιού που είναι δύσκολο να τεθούν υπό έλεγχο. Ορισμένες χαρακτηρίστηκαν ως «*παραλλαγές ανησυχίας*» (VOC) από τον ΠΟΥ καθώς είναι υπεύθυνες για την αυξημένη μεταδοτικότητα και μολυσματικότητα του ιού, για την ανοσολογική, διαγνωστική και θεραπευτική διαφυγή του και καθιστούν επιτακτική την ανάγκη επανασχεδιασμού των εμβολίων.

Υπόθεση 4.1	
	ΠΜΑ
4Α. Κατά τη γνώμη σας αν ένας άνθρωπος νοσήσει από έναν ιό είναι δυνατό στο μέλλον να ακολουθήσει μία δεύτερη νόσηση από τον ίδιο ιό; Εξηγείστε.	Διατύπωση πρόβλεψης σχετικά με: **α**. την εξειδικευμένη δράση των αντισωμάτων της φυσικής ενεργητικής ανοσίας.
4Β. Η ανακάλυψη ενός εμβολίου για την αρχική μορφή ενός ιού μπορεί να προσφέρει ανοσία και για τα μελλοντικά στελέχη που θα προκύψουν μέσω μεταλλάξεων από αυτόν; Εξηγείστε.	**β**. την εξειδικευμένη δράση των αντισωμάτων της τεχνητής ενεργητικής ανοσίας.
4Γ. Να κυκλώσετε τη σωστή απάντηση: Μία νέα μεταλλαγή στο γενετικό υλικό του ιού είναι δυνατό να επηρεάσει: **α.** τους χημικούς δεσμούς που είναι υπεύθυνοι για τη σύνδεση της γλυκοπρωτεΐνης S στον υποδοχέα hACE2 **β.** τους χημικούς δεσμούς που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του μορίου του υποδοχέα hACE2 **γ.** τους χημικούς δεσμούς που αναπτύσσονται μεταξύ των αμινοξέων στο εσωτερικό του μορίου της γλυκοπρωτεΐνης S αλλά και τους χημικούς δεσμούς που είναι υπεύθυνοι για τη σύνδεση της στον υποδοχέα hACE2	Προβληματισμός σχετικά με τον τρόπο επίδρασης μίας νέας μεταλλαγής στο εσωτερικό της ακίδας και στον τρόπο αλληλεπίδρασης με τον κυτταρικό υποδοχέα hACE2.

Για να παρατηρήσετε 3 σημαντικές μεταλλαγές που αποτελούν «*παραλλαγές ανησυχίας*» και επηρεάζουν την περιοχή δέσμευσης RBD της γλυκοπρωτεΐνης S στον υποδοχέα hACE2 να επιλέξετε μία RBD δομή και να ακολουθήσετε τη διαδρομή ***Analysis→Mutation***.

Στο εικονίδιο που θα εμφανισθεί εντός του πλαισίου με την ένδειξη ***Mutations*** αναγράφονται οι 3 μεταλλαγές. Στη συνέχεια να επιλέξετε ***Interactions***.

Θα δείτε ένα παράθυρο στο οποίο εμφανίζονται δύο στιγμιότυπα. Στο πρώτο στιγμιότυπο βλέπετε τρία αμινοξέα του αρχικού στελέχους (μη μεταλλαγμένου) και τους χημικούς δεσμούς που αναπτύσσουν με άλλα αμινοξέα της **ακίδας** (μπλε) ή του **ανθρώπινου υποδοχέα** (ροζ). Ομοίως στο δεύτερο στιγμιότυπο που αφορά το μεταλλαγμένο στέλεχος. Συγκρίνοντας τα αμινοξέα της πρώτης σειράς του πρώτου και δεύτερου στιγμιότυπου θα εντοπίσετε τις τρεις σημαντικές αλλαγές των αμινοξέων που οφείλονται στις μεταλλαγές του γενετικού υλικού.

Εργασία 4.	
	ΠΜΑ
4Α. Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφεται η πρώτη μετάλλαξη. Με τον ίδιο τρόπο να καταγράψετε τις άλλες δύο:	Εξάσκηση στον επιστημονικό τρόπο γραφής σημειακών μεταλλάξεων **K417N, E484K** και **N501Y** που ανιχνεύθηκαν στα στελέχη υψηλού κινδύνου: *Alpha* (Αγγλίας), *Gamma* (Βραζιλίας), *Delta* (Ινδίας), ξεχωριστά η κάθε μία, ενώ στο *Beta* (Ν.Αφρικής) συνυπάρχουν και οι τρεις.

Θέση γλυκοπρωτεΐνης S	Αμινοξύ αρχικού στελέχους	Αμινοξύ μεταλλαγμένου στελέχους	Μετάλλαξη
417	K	N	K417N

Για να μελετήσετε την επίδραση καθεμίας από αυτές τις μεταλλάξεις ακολουθήστε τη διαδρομή:

Analysis→Mutation.

Στο πλαίσιο ***Mutation*** να απομονώσετε από το σύνολο των μεταλλάξεων αυτή που σας ενδιαφέρει και στη συνέχεια να επιλέξετε ***Interactions.***

	ΠΜΑ
4ΒΙ. Να συμπληρώσετε τα κενά των προτάσεων: **<u>Πριν τη μετάλλαξη</u>** Το **K417 της RBD** αναπτύσσει χημικούς δεσμούς: **με τα αμινοξέα της RBD**: ..... **με τα αμινοξέα τουACE2:** ..... **<u>Μετά τη μετάλλαξη</u>** **Το N417 της RBD** αναπτύσσει χημικούς δεσμούς: **με τα αμινοξέα της RBD**: ..... **με τα αμινοξέα τουACE2:** ..... **Νέες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αμινοξέων**:..... Η μετάλλαξη **K417N** λόγω των νέων αλληλεπιδράσεων έχει ως αποτέλεσμα **ανοσολογική διαφυγή.**	Εντοπισμός της ύπαρξης νέων αλληλεπιδράσεων (μεταξύ των αμινοξέων RBD-RBD και RBD-hACE2) μέσω της αντιπαραβολής των χημικών δεσμών πριν και μετά τη σημειακή μετάλλαξη **K417N.**
4ΒΙΙ. Οι νέες αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται ως αποτέλεσμα της μεταλλαγής **K417N** τελικά μεταξύ των αμινοξέων ποιών δομών εντοπίζονται;	Προσδιορισμός των δομών (εσωτερικό RBD και μεταξύ RBD-hACE2) στις οποίες αναπτύσσονται οι νέες αλληλεπιδράσεις μετά τη σημειακή μετάλλαξη **K417N.**

4ΒΙΙΙ. Αυτή η διαπίστωση σας συμφωνεί με την αρχική σας πρόβλεψη 4.1Γ; Δικαιολογείστε.	Ομαδική διερεύνηση με αποτέλεσμα την επιβεβαίωση ή την απόρριψη της αρχικής πρόβλεψης 4.1Γ.
Υπόθεση 4.2	
Κατά τη γνώμη σας ποια θα είναι η επίδραση των μεταλλάξεων Ε484Κ και Ν501 Υ της ακίδας στην ανάπτυξη χημικών δεσμών μεταξύ του αμινοξέος της θέσης 484 και 501 αντίστοιχα και των αμινοξέων της RBD ή/και του υποδοχέα hACE2;	Διατύπωση πρόβλεψης σχετικά με την επίδραση δύο άλλων σημειακών μεταλλάξεων στην ανάπτυξη χημικών δεσμών στο εσωτερικό της RBD αλλά και μεταξύ των αμινοξέων της RBD και των αμινοξέων του κυτταρικού υποδοχέα hACE2.
Να επαναλάβετε με τον ίδιο τρόπο προκειμένου να μελετήσετε τις μεταλλαγές που αφορούν τα άλλα δύο αμινοξέα (Ε484 και Ν501) του αρχικού στελέχους καθώς και του μεταλλαγμένου (Κ484 και Υ501).	
4ΓΙ. Να συμπληρώσετε τα κενά των προτάσεων: **<u>Πριν τη μετάλλαξη</u>** Το **Ε484 της RBD** αναπτύσσει χημικούς δεσμούς: **με τα αμινοξέα της RBD**: **.....** **με τα αμινοξέα τουACE2: .....** **<u>Μετά τη μετάλλαξη</u>** **Το Κ484 της RBD** αναπτύσσει χημικούς δεσμούς: **με τα αμινοξέα της RBD**: **.....** **με τα αμινοξέα τουACE2: .....** Η μετάλλαξη **Ε484Κ** έχει ως αποτέλεσμα να χαθεί ο δεσμός …….. μεταξύ του αμινοξέος της θέσης 484 και του αμινοξέος …….. **της RBD** με αποτέλεσμα την **ανοσολογική διαφυγή.**	Εντοπισμός της ύπαρξης νέων αλληλεπιδράσεων (μεταξύ των αμινοξέων RBD-RBD και RBD-hACE2) μέσω της αντιπαραβολής των χημικών δεσμών πριν και μετά τη σημειακή μετάλλαξη **Ε484Κ.**
4ΓΙΙ. Επιβεβαιώνεται η πρόβλεψη σας 4.1Γ σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά για τη μετάλλαξη Ε484Κ; Εξηγείστε.	Ομαδική διερεύνηση με αποτέλεσμα την επιβεβαίωση ή την απόρριψη της αρχικής πρόβλεψης 4.1Γ.
4ΔΙ. Να συμπληρώσετε τα κενά των προτάσεων: **<u>Πριν τη μετάλλαξη</u>** Το **Ν501 της RBD** αναπτύσσει χημικούς δεσμούς: **με τα αμινοξέα της RBD**: **.....**	Εντοπισμός της ύπαρξης νέων αλληλεπιδράσεων (μεταξύ των αμινοξέων RBD-RBD και RBD-hACE2) μέσω της αντιπαραβολής των χημικών δεσμών πριν και μετά τη σημειακή μετάλλαξη **Ν501Υ.**

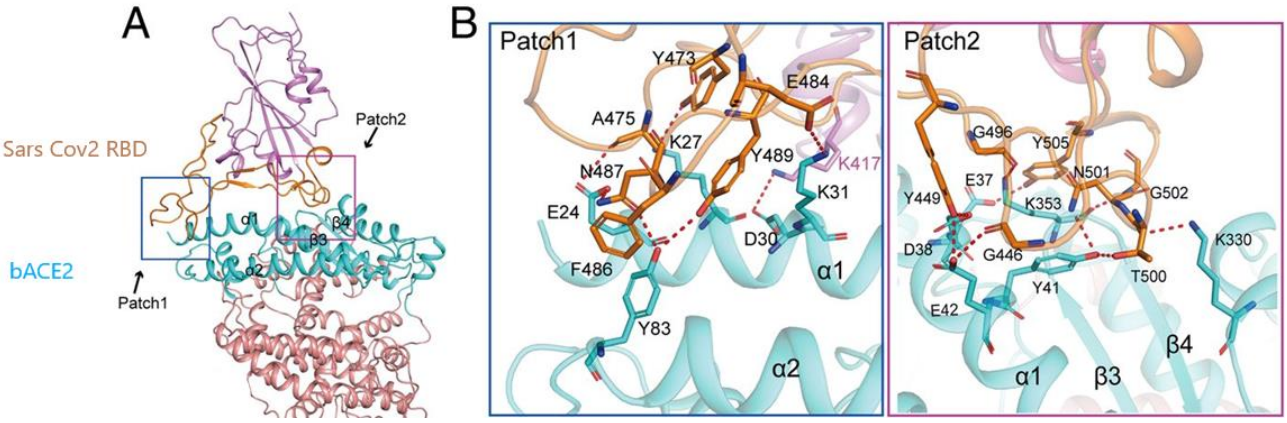
με τα αμινοξέα τουACE2: ..... **<u>Μετά τη μετάλλαξη</u>** **Το Y501 της RBD** αναπτύσσει χημικούς δεσμούς: **με τα αμινοξέα της RBD**: **.....** **με τα αμινοξέα τουACE2: .....** Η μετάλλαξη **N501Y** λόγω των νέων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των αμινοξέων: ..... θεωρείται υπεύθυνη για **υψηλότερη μεταδοτικότητα** ως αποτέλεσμα της **αυξημένης** χημικής συγγένειας με τον υποδοχέα ACE2.	
4ΔΙΙ. Επιβεβαιώνεται η πρόβλεψη σας 4.1Γ σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά για τη μετάλλαξη N501Y; Εξηγείστε.	Ομαδική διερεύνηση με αποτέλεσμα την επιβεβαίωση ή την απόρριψη της αρχικής πρόβλεψης 4.1Γ.
Επέκταση- Σύνδεση με την καθημερινή ζωή	**ΠΜΑ**
4ΔΙΙΙ. Γιατί κατά τη γνώμη σας … **α**. άτομα που είχαν νοσήσει με το αρχικό στέλεχος της Wuhan νόσησαν εκ νέου από το μεταγενέστερο στέλεχος της Ν. Αφρικής που έφερε ταυτόχρονα και τις 3 παραπάνω μεταλλάξεις στην περιοχή RBD της ακίδας;	Εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με: **α**. την εκ νέου νόσηση εξαιτίας των νέων παραλλαγών του αρχικού στελέχους Sars-CoV-2.
β. η δημιουργία νέων στελεχών επιβάλλει τον επανασχεδιασμό των εμβολίων;	**β**. την ανάγκη επανασχεδιασμού των εμβολίων.
	ΠΜΑ
	Επίδειξη υπεύθυνης συμπεριφοράς- θετική στάση απέναντι στον εμβολιασμό.

Δραστηριότητα 5. Νυχτερίδα *Rhinolophus*: Η «Φυσική δεξαμενή» του *SARS-CoV 2*;;;

ID δομής: 7C8J

Ο *SARS-CoV 2* ανήκει στο γένος *betacoronavirus* που περιλαμβάνει ζωονοσογόνους ιούς και έως σήμερα η επιστημονική γνώση για την προέλευση του παραμένει αποσπασματική. Από μελέτες που έγιναν σε δείγματα που ελήφθησαν από την Wuhan της Κίνας ως «φυσική δεξαμενή» του ιού θεωρούνται νυχτερίδες του γένους *Rhinolophus* καθώς σε αυτές ανιχνεύθηκε ο πιο συγγενής ιός του *SARS-CoV 2*. Η γλυκοπρωτεΐνη S δεσμεύεται στον κυτταρικό υποδοχέα της νυχτερίδας (bACE2) με έναν παρόμοιο τρόπο δέσμευσης με τον ανθρώπινο υποδοχέα.

Ο υποδοχέας bACE2 φέρει δύο περιοχές δέσμευσης της γλυκοπρωτεΐνης S όπως και ο hACE2. **Η μία περιοχή (Patch1) παρουσιάζει ουσιαστικές διαφορές** στον τρόπο δέσμευσης της RBD της ακίδας σε σχέση με αυτή του hACE2 και είναι υπεύθυνη για τη χαμηλότερη συγγένεια δέσμευσης και πιθανόν για τη χαμηλότερη μολυσματικότητα. **Η δεύτερη περιοχή (Patch2) είναι εξαιρετικά διατηρημένη** κατά τη διαδικασία της εξέλιξης και δεν παρουσιάζει διαφορές εξασφαλίζοντας την ικανότητα δέσμευσης (Εικόνα 13).



Εικόνα 13. Α. Συνολική δομή RBD-SarsCov2 και bACE2 Β. Περιοχές αλληλεπίδρασης RBD και υποδοχέα bACE2 (Liu, et al.2021).

Για να παρατηρήσετε τις περιοχές **Patch1** και **Patch2** ανοίξτε μία νέα καρτέλα με **ID δομής: 7C8J**. Αυτή παρουσιάζει μια συνολική δομή RBD-SarsCov2 και bACE2. Η δομή αυτή περιλαμβάνει **Protein 7C8J_A: υποδοχέας bACE2** (ροζ) και **Protein 7C8J_B: RBD ακίδας** (μπλε). Στην καρτέλα **Details** στην **Protein 7C8J_A** μαρκάρετε τα αμινοξέα της περιοχής Patch1 (**E24, K27, D30, K31 και Y83**) και της περιοχής Patch2 (**E37, D38, Y41 και E42**) και θα εμφανισθούν στο παράθυρο δομής με φωτεινή σήμανση. Από το μενού επιλέξτε: ***Analysis → Label→ per Residue & Number*** για να προσθέσετε ετικέτες στα αμινοξέα και να εντοπίσετε τις περιοχές **Patch1** και **Patch2**.

Για να παρατηρήσετε τις αλληλεπιδράσεις των περιοχών Patch1 και Patch2 με την RBD της ακίδας από το μενού επιλέξτε: ***Analysis → Interactions***. Στην καρτέλα που θα ανοίξει βεβαιωθείτε πως είναι επιλεγμένοι όλοι οι τύποι χημικών δεσμών και στο πεδίο **Select the first set** επιλέξτε **selected** ενώ στο πεδίο **Select the second set** επιλέξτε **7C8J_B**. Στη συνέχεια επιλέξτε ***3D Display Interactions*** ώστε οι αλληλεπιδράσεις να εμφανισθούν στο παράθυρο δομής με φωτεινή σήμανση.

Υπόθεση 5	**ΠΜΑ**
Στον πίνακα της επόμενης σελίδας αναγράφονται δέκα διαφορετικά είδη νυχτερίδας του γένους *Rhinolophus* τα οποία μολύνονται από τον ιό *Sars Cov 2*. Τα αμινοξέα της περιοχής Patch2 στις θέσεις **41** και **42** διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στο σχηματισμό του δικτύου αλληλεπίδρασης με την RBD της ακίδας. Κατά τη γνώμη σας αυτά τα αμινοξέα θα είναι ίδια ή διαφορετικά σε αυτά τα είδη νυχτερίδας και γιατί;	Διατύπωση αρχικής υπόθεσης από τις μέχρι τώρα αποκτηθείσες γνώσεις σχετικά με: Τη γενετική ποικιλομορφία του κυτταρικού υποδοχέα bACE2.
Εργασία 5.	**ΠΜΑ**
5AI. Να εντοπίσετε τα αμινοξέα αυτών των θέσεων και να τα καταγράψετε στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα ακολουθώντας τα εξής βήματα:	Εντοπισμός και καταγραφή των αμινοξέων των θέσεων 41 και 42 για δέκα διαφορετικά είδη νυχτερίδας του γένους *Rhinolophus*

Είδος νυχτερίδας	Αμινοξύ θέσης 41	Αμινοξύ θέσης 42
1.Rhinolophus macrotis		
2.Rhinolophus cornutus		
3.Rhinolophus pusillus		
4.Rhinolophus sinicus		
5.Rhinolophus pearsonii		
6.Rhinolophus shameli		
7.Rhinolophus affinis		
8.Rhinolophus ferrumequinum		
9.Rhinolophus landeri		
10.Rhinolophus alcyone		

Κάνετε κλικ στο **ID 7C8J** στο παράθυρο δομής. Στην καρτέλα που θα ανοίξει επιλέξτε ***Download Sequence Data*** και στη συνέχεια επιλέξτε το 2ο item: ***Chain A, Angiotensin-converting enzyme - PDB: 7C8J_A.*** Στη συνέχεια από τη στήλη **Analyze these sequences** επιλέξτε ***RunBlast***. Και στη σελίδα που θα ανοίξει επιλέξτε **BLAST** στο κάτω μέρος της οθόνης.

Θα εμφανισθεί ένας κατάλογος διαφορετικών ειδών που η αλληλουχία αμινοξέων του κυτταρικού υποδοχέα τους παρουσιάζει μεγάλο ποσοστό ομοιότητας (7η στήλη: **Persent identity**) με αυτή που καταχωρίσατε. Στο πεδίο **Show** επιλέξτε **100** καταχωρίσεις.

Επιλέγοντας από τη στήλη με τίτλο **Descriptions** την επιλογή ***Chain A - Angiotensin-converting enzyme [Rhinolophus macrotis]*** εμφανίζεται η αλληλουχία των αμινοξέων του b ACE2 και κατεβαίνοντας θα δείτε την αντίστοιχη αλληλουχία για τα υπόλοιπα είδη.

5AII.Τα αμινοξέα των θέσεων 41 και 42 όπως προκύπτει από τον πίνακα είναι ίδια ή διαφορετικά μεταξύ των διαφορετικών ειδών; Δικαιολογείστε.	Διαπίστωση της γενετικής ποικιλομορφίας του κυτταρικού υποδοχέα bACE2 μέσω της σύγκρισης των αμινοξέων των θέσεων 41 και 42 των διαφορετικών ειδών του γένους *Rhinolophus.*
5AIII. Επιβεβαιώνεται ή απορρίπτεται η αρχική σας απάντηση; Εξηγείστε.	Ομαδική διερεύνηση με αποτέλεσμα την επιβεβαίωση ή την απόρριψη της αρχικής υπόθεσης 5.
	ΠΜΑ
5AIV.Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα υπάρχουν είδη με παρόμοια και είδη με διαφορετική ικανότητα δέσμευσης; Δικαιολογείστε δίνοντας ένα παράδειγμα.	Εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά με την ποικίλη ικανότητα δέσμευσης από την RBD της ακίδας.
	ΠΜΑ
5AV. Πώς εξηγείτε την ποικίλη ικανότητα δέσμευσης των διαφορετικών ειδών με την RBD της ακίδας του ιού;	Εξήγηση της ποικίλης ικανότητας δέσμευσης των υποδοχέων των διαφορετικών ειδών από την RBD της ακίδας.
	ΠΜΑ
5BI. Να συμπληρώσετε το ποσοστό ομοιότητας του κυτταρικού υποδοχέα καθενός από τα είδη που ακολουθούν με αυτόν του *Rhinolophus macrotis*: *Equus caballus* (άλογο) ..... *Felis catus* (γάτα) ..... *Canis lupus familiaris* (σκύλος) ..... *Camelus ferus* (καμήλα).....	Διαπίστωση υψηλού ποσοστού ομοιότητας του κυτταρικού υποδοχέα ACE2 μεταξύ ατόμων διαφορετικών ειδών.
Επέκταση- Σύνδεση με την καθημερινή ζωή	**ΠΜΑ**
5BII. Δεδομένου του υψηλού βαθμού ομοιότητας των υποδοχέων ACE2 τα παραπάνω είδη αποτελούν ξενιστικά είδη που μολύνονται από τον ιό. Πώς θα μπορούσε να εξηγηθεί ο διαφορετικός βαθμός μολυσματικότητας που εμφανίζουν;	Αιτιολόγηση του διαφορετικού βαθμού μολυσματικότητας που εμφανίζουν άτομα διαφορετικών ειδών.
5BIII. Θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ενδιάμεσοι ξενιστές μετάδοσης από τη νυχτερίδα στον άνθρωπο; Δικαιολογείστε.	Η διαπίστωση της προέλευσης του ιού ως αποτέλεσμα της φυσικής επιλογής με πιθανή «φυσική δεξαμενή» τις νυχτερίδες του γένους

	Rhinolophus.
5Γ. Η Ν.Α Ασία είναι μία περιοχή που φιλοξενεί μεγάλη ποικιλομορφία άγριας ζωής και παρουσιάζει σημαντική ανθρώπινη επαφή με άγριους ξενιστές ιών που μοιάζουν σημαντικά με τον *SARS CoV-2*. Είναι πιθανή η προέλευση του ιού από αυτήν την περιοχή; Δικαιολογείστε.	Η αμφισβήτηση της πεποίθησης πως ο ιός είναι εργαστηριακά κατασκευασμένος.
	ΠΜΑ
	Η ενίσχυση της εμπιστοσύνης απέναντι στο επιστημονικό έργο των ειδικών επιστημόνων.

Το φύλλο εργασίας παρατίθεται αυτούσιο στο Παράρτημα ΙΙΙ.

6.5 Η εγκυρότητα και αξιοπιστία των ερευνητικών εργαλείων

Η ορθότητα των αποτελεσμάτων μιας ερευνητικής μελέτης κρίνεται από την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των ερευνητικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των δεδομένων. Επομένως, τα εργαλεία αυτά οφείλουν να παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας και εγκυρότητας (Ουζούνη & Νακάκης, 2011). Η *εγκυρότητα* (validity) ενός ερευνητικού εργαλείου αφορά στο βαθμό που μετράει τη μεταβλητή που δηλώνει ότι μετράει. Η μείωση του συστηματικού σφάλματος μεταξύ πραγματικής και εμπειρικής τιμής συνεπάγεται αύξηση της εγκυρότητας του οργάνου μέτρησης. Η *αξιοπιστία* (reliability) ενός ερευνητικού εργαλείου αναφέρεται στη σταθερότητα που αυτό παρουσιάζει σε διαδοχικές μετρήσεις και είναι υψηλή όταν χαρακτηρίζεται από «*εσωτερική συνοχή*» και «*συνέπεια*» ώστε αν η μέτρηση επαναληφθεί σε ίδιες ή παρεμφερείς συνθήκες να δίνει πάντα τα ίδια αποτελέσματα. Αυτό σημαίνει ότι καταβάλλεται προσπάθεια απαλλαγής από το τυχαίο σφάλμα (Ουζούνη & Νακάκης, 2011).

Για τη διασφάλιση της εγκυρότητας των ερευνητικών εργαλείων της παρούσας ποσοτικής έρευνας χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση της *εγκυρότητας περιεχομένου* (content validity). Όπως αναφέρθηκε παραπάνω αρχικά τα ερωτηματολόγια και το φύλλο εργασίας συντάχθηκαν με μέριμνα να καλύπτουν όσο το δυνατό πληρέστερα το εννοιολογικό εύρος των ερευνητικών ερωτημάτων. Στη συνέχεια, αυτά τα εργαλεία πριν τη χορήγηση τους στους/-ις μαθητές/-τριες κατατέθηκαν σε ειδικό επιστήμονα στη Διδακτική της Βιολογίας προκειμένου να υποβληθούν στον απαραίτητο έλεγχο ώστε:

α) να κριθεί η σχέση μεταξύ του συνόλου και του περιεχομένου των προτάσεων με τα ερευνητικά

ερωτήματα και β) να διορθωθούν οι πιθανές ελλείψεις και ασάφειες των προτάσεων που θα έπλητταν την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων (Ουζούνη & Νακάκης, 2011). Στη συνέχεια, εφαρμόσθηκαν οι απαιτούμενες αλλαγές και τα ερευνητικά εργαλεία χορηγήθηκαν πιλοτικά σε ένα τμήμα της Β' Λυκείου που το αποτελούσαν 23 μαθητές/-τριες ώστε να πραγματοποιηθεί μια προκαταρκτική εκτίμηση της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας τους και να διορθωθούν όσο το δυνατό περισσότερο οι ασάφειες και οι παραλείψεις τους. Κατόπιν αυτών, τα ερευνητικά εργαλεία πήραν την οριστική τους μορφή για τη διανομή τους στους/-ις μαθητές/-τριες της κύριας έρευνας (Γαλάνης, 2013). Για τη διασφάλιση της εσωτερικής εγκυρότητας της μελέτης έγινε προσεκτικός σχεδιασμός ώστε η ενδεχόμενη διαφορά στην επίδοση στην έρευνα να οφείλεται αποκλειστικά στην επίδραση της διδακτικής παρέμβασης μειώνοντας την πιθανότητα επίδρασης άλλων παραγόντων στα αποτελέσματα της έρευνας. Γι αυτό το λόγο η διανομή των ερωτηματολογίων μεταελέγχου έγινε την επόμενη μέρα από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης.

Η αξιοπιστία της εσωτερικής συνέπειας των ερωτηματολογίων προελέγχου και μεταελέγχου, δηλαδή η συνέπεια με την οποία απάντησαν οι μαθητές/-τριες στα ερωτήματα εκτιμήθηκε με τον υπολογισμό του συντελεστή Cronbach's Alpha (a) μέσω του προγράμματος IBM Statistics SPSS v28. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν με τα δύο ερωτηματολόγια αναλύθηκαν για το σύνολο των δεκαοκτώ κοινών ερωτήσεων του γνωστικού μέρους. Αν και η τιμή του συντελεστή a για το ερωτηματολόγιο προελέγχου, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.5, ήταν λίγο μικρότερη από 0,7, για το ερωτηματολόγιο μεταελέγχου ήταν μεγαλύτερη από 0,7, γεγονός που μας οδηγεί να αποδεχθούμε την αξιοπιστία της εσωτερικής συνέπειας των δύο εργαλείων (Heale & Twycross, 2015).

Πίνακας 6.5. Εκτίμηση της τιμής του συντελεστή Cronbach's Alpha (α)

Cronbach's Alpha (α)	**Ερωτηματολόγιο προελέγχου (*Pre-test*)**	**Ερωτηματολόγιο μεταελέγχου (*Post-test*)**
	0,674 < 0,7	**0,719** >0,7

Ο περιορισμός του μικρού χρονικού διαστήματος στο οποίο διεξήχθη η έρευνα δεν επέτρεψε τον έλεγχο της αξιοπιστίας επαναληπτικών μετρήσεων. Η διατήρηση της ανωνυμίας των ερωτώμενων με τη χρήση μοναδικών κωδικών (ID) στα ερωτηματολόγια και το φύλλο εργασίας εξασφαλίζει υψηλότερου βαθμού εγκυρότητα και αξιοπιστία (Cohen et al., 2008). Επίσης, στην αξιοπιστία συνέβαλε η εισαγωγική ενημέρωση των μαθητών/-τριών και η διαμόρφωση κατάλληλου κλίματος εμπιστοσύνης γεγονός που παρότρυνε την πιο ενεργή συμμετοχή τους. Τέλος, η αξιοπιστία ενισχύθηκε με τη δραστηριότητα εξοικείωσης του φύλλου εργασίας η οποία οδήγησε στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών/-τριών για να προχωρήσουν με απόλυτη βεβαιότητα στην υλοποίηση των υπόλοιπων δραστηριοτήτων και την απάντηση του ερωτηματολογίου μεταελέγχου.

6.6 Η ερευνητική διαδικασία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά τους μήνες Νοέμβριο 2021 έως Ιούνιο 2022 σε τέσσερις φάσεις:

1η Φάση – Σχεδιασμός και δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού και ερωτηματολογίων προελέγχου και μεταελέγχου (Νοέμβριος 2021-Ιανουάριος 2022)

Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης σχεδιάστηκαν και δημιουργήθηκαν τα ερωτηματολόγια προελέγχου και μεταελέγχου και το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διδασκαλία. Αυτό αποτελείται από ένα φύλλο εργασίας με πέντε κύριες δραστηριότητες οι οποίες σχεδιάστηκαν με τη χρήση του λογισμικού iCn3D.

2η Φάση- Ο πιλοτικός έλεγχος και τα αποτελέσματα του (23 Φεβρουαρίου 2022)

Το δείγμα

Το δείγμα του πιλοτικού ελέγχου αποτέλεσαν 23 μαθητές/-τριες, 14 αγόρια και 9 κορίτσια, ενός τμήματος εκ των πέντε της Β΄ τάξης του Γενικού Λυκείου κατά το σχολικό έτος 2021-22.

Πρόβλεψη Προαπαιτούμενων γνώσεων

Προκειμένου οι μαθητές/-τριες να έχουν το απαραίτητο γνωστικό υπόβαθρο διδάχθηκαν επιπλέον από το σχολικό εγχειρίδιο του ΥΠΑΙΘ της Γ' Λυκείου (Καψάλης κ. συν., 2012) που μέχρι το προηγούμενο διδακτικό έτος αποτελούσε σχολικό εγχειρίδιο της Β΄ Λυκείου την ενότητα 1.2. *Πρωτεΐνες: Διαδεδομένες, Πολύπλοκες και Εύθραυστες*. Έως την υλοποίηση της πιλοτικής έρευνας οι μαθητές/-τριες από το σχολικό εγχειρίδιο του ΥΠΑΙΘ που διδάσκονται στην τάξη τους (Αδαμαντιάδου κ. συν., 2021) είχαν διδαχθεί την Ενότητα 1.2. *Μικροοργανισμοί* που περιλαμβάνει τις υποενότητες 1.2.1 *Ιοί*, 1.2.2. *Μετάδοση και αντιμετώπιση των παθογόνων μικροοργανισμών,* την Ενότητα 1.3. *Μηχανισμοί άμυνας του ανθρώπινου οργανισμού - Βασικές αρχές ανοσίας* και την Ενότητα 1.3.4. *Σύνδρομο Επίκτητης Ανοσολογικής Ανεπάρκειας (AIDS)*. Η τελευταία φορά που είχαν μελετήσει τις έννοιες Μεταλλάξεις, Γενετική ποικιλομορφία, Φυσική επιλογή και Εξέλιξη ήταν στην Γ΄ Γυμνασίου. Κατά τον πιλοτικό έλεγχο διαπιστώθηκε ότι οι ομάδες δε συνάντησαν δυσκολίες που να σχετίζονται με το απαιτούμενο γνωστικό υπόβαθρο των μελών τους.

Η σύνθεση των ομάδων

Οι μαθητές/-τριες χωρίστηκαν σε οκτώ ομάδες οι οποίες ήταν *μεικτής επίδοσης* ώστε να εξασφαλισθεί το πλαίσιο στήριξης και ενεργού συμμετοχής των «αδύνατων» στην ομαδοσυνεργατική μάθηση οι οποίοι στην παραδοσιακή διδασκαλία παραμένουν απομονωμένοι (Ματσαγγούρας, 2006). Το κριτήριο για τη σύνθεση των ομάδων ήταν η επίδοση των μαθητών/-τριών στο μάθημα της Βιολογίας, σύμφωνα με την κρίση των καθηγητών τους, ώστε οι ομάδες να είναι κατά το δυνατό ισοδύναμες και εσωτερικά ανομοιογενείς. Αυτή η σύνθεση που περιλαμβάνει μαθητές/-τριες με καλές, μέτριες και

χαμηλές επιδόσεις εκθέτει αυτούς/-ες με τις χαμηλές και μέτριες επιδόσεις σε ένα υψηλότερο επίπεδο σκέψης και δράσης συμβάλλοντας στην ολόπλευρη ανάπτυξη τους, γνωστική, κοινωνική και ηθική (Ματσαγγούρας, 2004· Μπομπέτσης & Στεφανή, 2004). Οι θετικές επιδράσεις της σύνθεσης της ανομοιογενούς ομάδας στη μάθηση, σύμφωνα με τη θεωρία του Vygotsky, οφείλονται στη δυνατότητα που παρουσιάζει αυτή να ενισχύει τη ΖΕΑ εντός της οποίας οι μαθητές/-τριες καταφέρνουν να επεκτείνουν τα ατομικά τους όρια (Ματσαγγούρας, 2004· Μπομπέτσης & Στεφανή, 2004).

Αν και οι παιδαγωγοί έχουν καταλήξει πως οι τετραμελείς ομάδες αποτελούν την ιδανική λύση προκειμένου να υπάρχει ποικιλία και ποιότητα προτάσεων, οι μαθητές/-τριες δεν είναι δυνατό να λειτουργήσουν αποτελεσματικά μέσα σε αυτό το σύνθετο σύστημα των δώδεκα διαύλων επικοινωνίας αν δεν έχουν προηγούμενη εμπειρία εξάσκησης (Ματσαγγούρας, 2006). Λαμβάνοντας υπόψη τη μικρή εμπειρία τους σε πολυμελείς ομάδες καθώς και τον περιορισμένο χρόνο που είχαν στη διάθεση τους για να φέρουν εις πέρας την εργασία τους επιλέξαμε ως βασικό μέγεθος ομάδας εργασίας την τυπική τριμελή ομάδα (Ματσαγγούρας, 2006). Από τις οκτώ ομάδες της πιλοτικής έρευνας οι επτά ήταν τριμελείς και μία μόνο διμελής. Κατά τον πιλοτικό έλεγχο διαπιστώθηκε ότι μαθητές/-τριες με μικρή συμμετοχή και χαμηλή επίδοση στην τάξη εκδήλωσαν έντονο ενδιαφέρον και δραστηριοποιήθηκαν σε υψηλό βαθμό μέσω των διερευνητικών δραστηριοτήτων.

Η διαμόρφωση κατάλληλου κλίματος

Πριν τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου η ερευνήτρια έκανε μια σύντομη εισαγωγή ώστε οι μαθητές/-τριες να είναι ενημερωμένοι σχετικά με το είδος και το σκοπό της έρευνας στην οποία συμμετείχαν. Βασική επιδίωξη ήταν η διαμόρφωση ενός κλίματος άνεσης και εμπιστοσύνης και αυτό επιτεύχθηκε με τη γνωστοποίηση από την ερευνήτρια σε αυτούς: α) της διαφύλαξης με κάθε τρόπο της ανωνυμίας των απαντήσεων τους και των αποτελεσμάτων της έρευνας και β) του γεγονότος πως τα αποτελέσματα δεν θα είχαν καμία επίδραση στην αξιολόγηση τους και τη διαμόρφωση της βαθμολογίας τους και προορίζονταν αποκλειστικά για προσωπική της χρήση.

Αποτελέσματα ελέγχου ερωτηματολογίου προελέγχου

Δύο ημέρες πριν την πιλοτική εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης έγινε η προκαταρκτική χορήγηση του ερωτηματολογίου προελέγχου. Οι μαθητές/-τριες δε ζήτησαν διευκρινίσεις καθώς δεν συνάντησαν ερωτήσεις που δεν κατανοούσαν ή τους προβλημάτισαν ή δεν κατάφεραν να απαντήσουν. Ως εκ τούτου δεν προέκυψαν διορθώσεις ως προς το περιεχόμενο και τη σύνταξη των ερωτήσεων (Burgess, 2001). Ο πιλοτικός έλεγχος κατέδειξε ως απαιτούμενο χρόνο απάντησης του ερωτηματολογίου τα είκοσι - είκοσι πέντε λεπτά. Η ύπαρξη δίδυμων αδερφών υπέδειξε την ανάγκη πρόβλεψης ενός διαχωριστικού (A-B) στον κωδικό (ID) του ερωτηματολογίου.

Αποτελέσματα ελέγχου φύλλου εργασίας

Κατά τη διάρκεια της πιλοτικής εφαρμογής της διδακτικής παρέμβασης χορηγήθηκαν οκτώ φύλλα εργασίας στους μαθητές/-τριες, δηλαδή ένα φύλλο εργασίας (Παράρτημα ΙΙΙ) ανά ομάδα. Κατά τον πιλοτικό έλεγχο διαπιστώθηκε ότι:

Α. Οι μαθητικές ομάδες που χρησιμοποίησαν για την είσοδο τους στον ιστό το πρόγραμμα περιήγησης *Mozilla* που είχε εγκατασταθεί στους υπολογιστές του σχολικού εργαστηρίου και ήταν έκδοσης παλαιότερης από τον *Firefox 4* δεν είχαν τη δυνατότητα προβολής των 3D δομών καθώς δεν ήταν ενεργοποιημένη από προεπιλογή η υποστήριξη WebGL. Αντίθετα, οι μαθητικές ομάδες που χρησιμοποίησαν πρόσφατη έκδοση του *Chromium 8* της *Google* περιλάμβανε ενεργοποιημένη αυτή την υποστήριξη. Για την απόκτηση της δυνατότητας της προβολής των 3D δομών κατά την κύρια ερευνητική διαδικασία προστέθηκε στο φύλλο εργασίας η οδηγία εισόδου στον ιστό μέσω του περιηγητή *Google Chrome*.

Β. Στη δεύτερη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας η οποία αναφέρεται στη δέσμευση της γλυκοπρωτεΐνης S στον κυτταρικό υποδοχέα hACE2 υπήρχε δυσκολία εντοπισμού των αλληλεπιδράσεων από τους μαθητές/-τριες καθώς το λογισμικό χρησιμοποιεί τους αγγλικούς όρους. Γι’ αυτό το λόγο στις οδηγίες της δραστηριότητας προστέθηκαν και οι αγγλικοί όροι (π.χ. δεσμοί υδρογόνου / *hydrogen bonds*, ιοντικοί δεσμοί / *ionic bonds*).

Γ. Ως προς τον απαιτούμενο χρόνο για την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης ενώ ο αρχικός σχεδιασμός προέβλεπε την αξιοποίηση τριών διδακτικών ωρών ο πιλοτικός έλεγχος κατέδειξε την ανάγκη αξιοποίησης μίας ακόμα διδακτικής ώρα εξαιτίας της αργής σύνδεσης του διαδικτύου.

Οι μαθητές/-τριες κατά τη διάρκεια του πειραματικού χειρισμού διατύπωσαν τα σχόλια, τις υποδείξεις και τις παρατηρήσεις τους σχετικά με τις οδηγίες και τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας βάσει των οποίων πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες διορθώσεις- βελτιώσεις στη διατύπωση ορισμένων ερωτήσεων.

Αποτελέσματα ελέγχου ερωτηματολογίου μεταελέγχου

Την επόμενη μέρα από την πιλοτική εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης έγινε η προκαταρκτική χορήγηση του ερωτηματολογίου μεταελέγχου. Επίσης, όπως και στο ερωτηματολόγιο προελέγχου δε ζητήθηκαν διευκρινίσεις καθώς οι μαθητές/-τριες δεν αντιμετώπισαν δυσκολίες στην κατανόηση των ερωτήσεων. Ο πιλοτικός έλεγχος κατέδειξε ως απαιτούμενο χρόνο απάντησης του ερωτηματολογίου τα τριάντα-τριάντα πέντε λεπτά.

Αποτελέσματα ελέγχου ηθικής και δεοντολογίας

Κατά τον πιλοτικό έλεγχο της έρευνας δεν προέκυψαν ζητήματα παραβίασης του κώδικα ηθικής και δεοντολογίας. Δε φάνηκε η έρευνα να έρχεται σε αντιδιαστολή με το ύφος της διοίκησης του σχολείου ή τις ατομικές προσωπικότητες των μαθητών/-τριών και ως εκ τούτου δεν προέκυψε ανάγκη

ανασχεδιασμού της έρευνας (Cohen & Manion, 2000).

3η Φάση- Η κύρια έρευνα (Μάρτιος 2022)

Η διεξαγωγή της κύριας έρευνας πραγματοποιήθηκε κατά το διάστημα 01 Μαρτίου 2022 – 31 Μαρτίου 2022, σε τέσσερα τμήματα της Β' Λυκείου στο εργαστήριο Πληροφορικής. Στη φάση αυτή εφαρμόστηκε η διδακτική παρέμβαση στην πειραματική ομάδα σύμφωνα με το φύλλο εργασίας που σχεδιάστηκε για την παρούσα έρευνα. Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε σταδιακά, όπως καταγράφεται στον Πίνακα 6.6, σε ένα τμήμα κάθε φορά και η διάρκεια της ήταν τέσσερις ώρες ανά τμήμα. Οι μαθητές/-τριες σχημάτισαν είκοσι οκτώ ομάδες των 2-4 ατόμων ώστε να επιτευχθεί η ομαδοσυνεργατική μάθηση. Χρησιμοποιήθηκαν είκοσι οκτώ φύλλα εργασίας, δηλαδή οι μαθητές/-τριες απαντούσαν ένα φύλλο εργασίας ανά ομάδα.

Πίνακας 6.6. Διεξαγωγή κύριας έρευνας

	Μέγεθος Δείγματος	**Διεξαγωγή Προ-ελέγχου**	**Διεξαγωγή παρέμβασης**	**Διεξαγωγή Μετα-ελέγχου**
Κύρια έρευνα	21	01/03/2022	02/03/2022	03/03/2022
	20	08/03/2022	09/03/2022	10/03/2022
	21	14/03/2022	16/03/2022	17/03/2022
	21	29/03/2022	30/03/2022	31/03/2022

Πριν και μετά την παρέμβαση απαντήθηκαν τα ερωτηματολόγια προελέγχου και μεταελέγχου αντίστοιχα, για τη συλλογή των δεδομένων. Η χορήγηση και απάντηση των ερωτηματολογίων πραγματοποιήθηκε στις αίθουσες των τμημάτων και η απαιτούμενη χρονική διάρκεια για τη συμπλήρωση τους ήταν αυτή που κατέδειξε ο πιλοτικός έλεγχος.

4η Φάση- Ανάλυση των δεδομένων

Στην τέταρτη και τελευταία φάση της έρευνας αναλύθηκαν τα δεδομένα και ακολούθησε η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας μελέτης.

6.7 Η τεχνική ανάλυσης των δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων της έρευνας πραγματοποιήθηκε από τις απαντήσεις των μαθητών/-τριών στα ερωτηματολόγια προελέγχου και μεταελέγχου που τους χορηγήθηκαν πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Προκειμένου να διευκολυνθεί η ανάλυση των δεδομένων μετά τη συλλογή έγινε η βαθμολόγηση των απαντήσεων και η καταχώριση της βαθμολογίας κάθε ερώτησης σε πίνακα (Fraenkel et al., 2012). Στη συνέχεια ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και ο συσχετισμός τους

πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των εργαλείων στατιστικού πακέτου IBM SPSS Statistics v28.

Για τη μετατροπή των απαντήσεων σε βαθμολογίες αξιολόγησης έγινε η βαθμολόγηση των ερωτήσεων με την επιλογή της κατάλληλης κλίμακας. Η διαδικασία της βαθμολόγησης πρέπει να χαρακτηρίζεται από ακρίβεια και συνέπεια ώστε η έρευνα να μην οδηγηθεί σε λανθασμένα ή παραπλανητικά συμπεράσματα. Για αυτόν το λόγο όλα τα ερωτηματολόγια θα πρέπει να βαθμολογούνται με την ίδια ακριβώς διαδικασία και τα ίδια κριτήρια (Fraenkel et al., 2012). Ειδικότερα, η βαθμολόγηση των ερωτήσεων του γνωστικού μέρους έγινε για όλα τα ερωτηματολόγια με βάση την ορθότητα της απάντησης και η βαθμολόγηση των ερωτήσεων άποψης μέσω της κλίμακας τύπου Likert. Για κάθε μία από τις απαντήσεις υπάρχει η δυνατότητα σύγκρισης προελέγχου - μεταελέγχου εξαιτίας της ύπαρξης του κωδικού αριθμού (ID) του ερωτηματολογίου.

Η βαθμολόγηση των ερωτήσεων του γνωστικού μέρους Ε4-Ε21 του προελέγχου και μεταελέγχου έγινε με τη χρήση της κλίμακας που παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.7. Επειδή πρόκειται για ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής η βαθμολογία κυμαίνεται από μηδέν (0) έως ένα (1) όπου το μηδέν αντιστοιχεί σε κάθε λανθασμένη απάντηση και το ένα στη σωστή απάντηση.

Πίνακας 6.7. Αξιολόγηση ερωτήσεων Ε4-Ε21 κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής)

Βαθμολόγηση	**0**	**1**
Απάντηση	Λανθασμένη	Σωστή

Η βαθμολόγηση των ερωτήσεων άποψης Ε22-Ε23 του προελέγχου και Ε24-Ε27 του μεταελέγχου έγινε με τη χρήση της κλίμακας τύπου Likert που παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.8.

Πίνακας 6.8 Αξιολόγηση ερωτήσεων Ε22-23 προελέγχου τύπου Likert

Βαθμολόγηση	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Απάντηση	Καθόλου	Λίγο	Μέτρια	Πολύ	Πάρα πολύ

Η βαθμολογία κυμαίνεται από ένα (1) έως πέντε (5) όπου το ένα (1) αντιστοιχεί στην απάντηση «*Καθόλου*», το δύο (2) στην απάντηση «*Λίγο*» το τρία (3) στην απάντηση «*Μέτρια*», το τέσσερα (4) στην απάντηση «*Πολύ*» και το πέντε (5) στην απάντηση «*Πάρα πολύ*».

Η βαθμολόγηση της ερώτησης άποψης Ε22 του μεταελέγχου έγινε με τη χρήση της κλίμακας που παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.9.

Πίνακας 6.9. Αξιολόγηση ερώτησης E22 μεταελέγχου κλειστού τύπου (διπλής επιλογής)

Βαθμολόγηση	**0**	**1**
Απάντηση	Όχι	Ναι

Η βαθμολόγηση της ερώτησης αξιολόγησης E23 του μεταελέγχου έγινε με τη χρήση της κλίμακας που παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.10.

Πίνακας 6.10 Αξιολόγηση ερώτησης E23 μεταελέγχου κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής)

Βαθμολόγηση	**1**	**2**	**3**	**4**
Απάντηση	Αδιάφορη	Βαρετή	Διασκεδαστική	Ενδιαφέρουσα

Η βαθμολογία κυμαίνεται από ένα (1) έως τέσσερα (4) όπου το ένα (1) αντιστοιχεί στην απάντηση «*Αδιάφορη*», το δύο (2) στην απάντηση «*Βαρετή*» το τρία (3) στην απάντηση «*Διασκεδαστική*», το τέσσερα (4) στην απάντηση «*Ενδιαφέρουσα*».

Η βαθμολόγηση της ερώτησης αξιολόγησης E28 του μεταελέγχου έγινε με τη χρήση της κλίμακας που παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.11.

Πίνακας 6.11. Αξιολόγηση ερώτησης E28 μεταελέγχου κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής)

Βαθμολόγηση	**1**	**2**	**3**
Απάντηση	Ένα μέλος είχε την πρωτοβουλία	Ανισόμετρη	Ισόμετρη

Η βαθμολογία κυμαίνεται από ένα (1) έως τρία (3) όπου το ένα (1) αντιστοιχεί στην απάντηση «*Ένα μέλος είχε την πρωτοβουλία*», το δύο (2) στην απάντηση «*Ανισόμετρη*» και το τρία (3) στην απάντηση «*Ισόμετρη*».

Η βαθμολόγηση της ερώτησης αξιολόγησης E29 του μεταελέγχου έγινε με τη χρήση της κλίμακας που παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.12.

Πίνακας 6.12. Αξιολόγηση ερώτησης E29 μεταελέγχου κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής)

Βαθμολόγηση	**1**	**2**	**3**
Απάντηση	Δεν ξέρω/ Δεν απαντώ	Ανεπαρκείς	Επαρκείς

Η βαθμολογία κυμαίνεται από ένα (1) έως τρία (3) όπου το ένα (1) αντιστοιχεί στην απάντηση «*Δεν ξέρω/Δεν απαντώ*», το δύο (2) στην απάντηση «Α*νεπαρκείς*» και το τρία (3) στην απάντηση «*Επαρκείς*».

Η βαθμολόγηση της ερώτησης αξιολόγησης Ε30 του μεταελέγχου έγινε με τη χρήση της κλίμακας που παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.13.

Πίνακας 6.13. Αξιολόγηση ερώτησης Ε30 μεταελέγχου κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής)

Βαθμολόγηση	**1**	**2**	**3**
Απάντηση	Δεν άλλαξε τη γνώμη μου	Έκανε πιο αρνητική τη γνώμη μου	Έκανε πιο θετική τη γνώμη μου

Η βαθμολογία κυμαίνεται από ένα (1) έως τρία (3) όπου το ένα (1) αντιστοιχεί στην απάντηση «*Δεν άλλαξε τη γνώμη μου*», το δύο (2) στην απάντηση «*Έκανε πιο αρνητική τη γνώμη μου*» και το τρία (3) στην απάντηση «*Έκανε πιο θετική τη γνώμη μου*».

Στη συνέχεια έγινε η καταχώριση των βαθμολογιών, η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και ο συσχετισμός τους με τη χρήση των εργαλείων στατιστικού πακέτου IBM SPSS Statistics v28. Η απουσία απάντησης για όλες τις ερωτήσεις στον πίνακα κωδικοποίησης του προγράμματος SPSS έχει δηλωθεί με τον αριθμό ενενήντα εννέα (99).

6.8 Ζητήματα Δεοντολογίας και Ηθικής

Σε μία επιστημονική μελέτη καθήκον του ερευνητή αποτελεί η αναζήτηση της γνώσης και κατ' επέκταση της αλήθειας. Βασικότερο όμως καθήκον του αποτελεί η προάσπιση της ανθρώπινης αξιοπρέπειας των υποκειμένων της έρευνας του. Αν και η δεοντολογία είναι δυνατό να περιορίσει το πεδίο των επιλογών του ερευνητή κατά την ερευνητική εργασία προέχει ο σεβασμός των ανθρώπινων δικαιωμάτων (Cohen & Manion, 2000). Η παρούσα εργασία αναλογιζόμενη αυτό το καθήκον έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στην τήρηση του κώδικα δεοντολογίας και ηθικής.

Η κοινωνική έρευνα συχνά απαιτεί την εξασφάλιση της συνειδητής συναίνεσης των ατόμων που συμμετέχουν σε αυτήν. Κατά τους Diener και Crandall (1978), η συνειδητή συναίνεση ορίζεται ως «*οι διαδικασίες με τις οποίες τα άτομα επιλέγουν εάν θα συμμετέχουν σε μια έρευνα, αφού ενημερωθούν για γεγονότα τα οποία είναι πιθανό να επηρεάσουν τις αποφάσεις τους*» (Cohen & Manion, 2000). Δεδομένου ότι τα υποκείμενα της παρούσας εκπαιδευτικής έρευνας δεν είναι ενήλικα άτομα αλλά παιδιά για να είναι η συμμετοχή τους σύμφωνη με την αρχή της συνειδητής συναίνεσης ακολουθήθηκαν δύο στάδια: α) το στάδιο της προσέγγισης των «*ιθυνόντων*» και β) το στάδιο της προσέγγισης των ίδιων των υποκειμένων (Creswell, 2016).

Κατά το πρώτο στάδιο έλαβαν πλήρη πληροφόρηση, για το σκοπό της έρευνας και τον τρόπο διεξαγωγής της, ο Διευθυντής και ο Σύλλογος διδασκόντων της σχολικής μονάδας που φοιτούν οι μαθητές/-τριες που συμμετείχαν στην έρευνα, ως υπεύθυνων για τη διαφύλαξη των ανθρωπίνων δικαιωμάτων τους και ζητήθηκε η άδεια τους για τη διεξαγωγή της έρευνας (Creswell, 2016). Μετά την εξασφάλιση της αδειοδότησης από τους παραπάνω υπεύθυνους η παρούσα έρευνα προχώρησε στο στάδιο της προσέγγισης των μαθητών/-τριών. Η επιδίωξη της συνειδητής συναίνεσης των μαθητών/-τριών περιλάμβανε την πλήρη πληροφόρηση τους ώστε να κατανοήσουν το σκοπό και τον τρόπο διεξαγωγή της έρευνας στην οποία επρόκειτο να συμμετάσχουν (Cohen & Manion, 2000). Δεδομένου ότι η αρχή της συνειδητής συναίνεσης βασίζεται στο δικαίωμα της ελευθερίας του ατόμου και της αυτοδιάθεσης του, τους έγινε γνωστό ότι διατηρούν το δικαίωμα να αρνηθούν τη συμμετοχή τους ή να αποσυρθούν κατά τη διάρκεια της έρευνας και πριν την ολοκλήρωση της (Cohen & Manion, 2000). Στη συνέχεια οι μαθητές/-τριες εκδήλωσαν την εθελοντική τους διάθεση σχετικά με τη συνεργασία αυτή, συμμετείχαν με προθυμία και ενθουσιασμό και δεν παρατηρήθηκαν περιστατικά άρνησης συμμετοχής ή απόσυρσης κατά τη διαδικασία της έρευνας.

Μία ουσιαστική υποχρέωση της έρευνας είναι η προστασία της ανωνυμίας των υποκειμένων και η διατήρηση της εμπιστευτικότητας των προσωπικών δεδομένων και των στοιχείων της έρευνας. Η ανωνυμία διασφαλίστηκε με τη χρήση μοναδικών κωδικών (ID) στα ερωτηματολόγια και το φύλλο εργασίας, αντί ονομάτων ή προσωπικών στοιχείων, που δεν αποκαλύπτουν την ταυτότητα τους. Εφόσον στα ερευνητικά εργαλεία συλλογής δεδομένων δε χρησιμοποιήθηκε κανένα απολύτως αναγνωριστικό στοιχείο της ταυτότητας των μαθητών/-τριών η δεοντολογία της έρευνας εξασφάλισε την απόλυτη ανωνυμία (Cohen & Manion, 2000). Σχετικά με την εμπιστευτικότητα της έρευνας η ερευνήτρια κατέστησε πολύ σαφές στους/-ις μαθητές/-τριες κατά το στάδιο συλλογής των πληροφοριών ότι ακόμα και αν είναι σε θέση να αναγνωρίσει τους/-ις συμμετέχοντες/-χουσες που παρέχουν πληροφορίες, δε θα δημοσιοποιήσει σε καμία περίπτωση αυτή τη συσχέτιση (Cohen & Manion, 2000). Επίσης, η παρούσα έρευνα λαμβάνοντας υπόψη το σεβασμό τον οποίο οφείλει να επιδεικνύει ο εκπαιδευτικός ερευνητής στον τόπο της έρευνας, κατέβαλε κάθε δυνατή προσπάθεια για την ελάχιστη δυνατή διατάραξη του ωρολογίου σχολικού προγράμματος και της μελέτης των μαθητών/-τριών (Creswell, 2016). Η ηθική του εκπαιδευτικού ερευνητή είναι αναγκαίο να αποτελεί ζήτημα πρωταρχικής σημασίας και να κατέχει κορυφαία θέση στην ατζέντα του (Creswell, 2016).

ΚΕΦ.7 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Μετά την καταχώριση των δεδομένων της έρευνας, που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια προελέγχου και μεταελέγχου, με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος IBM Statistics SPSS v28, ακολουθεί η περιγραφική και στατιστική ανάλυση και επεξεργασία τους, προκειμένου να ελεγχθούν οι ερευνητικές υποθέσεις που διατυπώθηκαν και αφορούν στην αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης που εφαρμόσθηκε κατά τον πειραματικό έλεγχο καθώς και τη σχέση της με το φύλο των μαθητών/-τριών και την ομάδα στην οποία αποτέλεσαν μέλη. Επίσης, παρουσιάζεται η επεξεργασία των δεδομένων των απόψεων των μαθητών/-τριών σχετικά με τον τρόπο ενημέρωσης τους για την πανδημία Covid-19, τη διδακτική παρέμβαση και για το λογισμικό iCn3D που χρησιμοποιήθηκε ως διδακτικό εργαλείο.

7.1 Περιγραφική ανάλυση

Αρχικά, παρατίθεται η περιγραφική ανάλυση των δεδομένων της έρευνας σχετικά με την επίδοση των μαθητών/-τριών. Για την παρουσίαση των περιγραφικών μέτρων έγινε μια ομαδοποίηση των ερωτημάτων με κριτήριο την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών/-τριών εξαιτίας του ενδιαφέροντος τους σχετικά με το πλαίσιο της διδακτικής παρέμβασης (ιός *Sars Cov-2*, πανδημία Covid-19) (Cepeda & Para, 2021).

Κατ' αυτόν τον τρόπο ορίζουμε:

ΟΜΑΔΑ 1: τα ερωτήματα 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 15 και 16, τα οποία είναι ανεξάρτητα του πλαισίου και άρα οι μαθητές/-τριες πιθανόν διαθέτουν μικρότερο γνωστικό υπόβαθρο.

ΟΜΑΔΑ 2: τα ερωτήματα 9, 10, 13, 14, 17, 18, 19, 20 και 21 τα οποία είναι σχετικά με το πλαίσιο και πιθανόν οι μαθητές/-τριες διαθέτουν μεγαλύτερο γνωστικό υπόβαθρο.

Τα ερωτήματα και των δύο ομάδων των ερωτηματολογίων προελέγχου και μεταελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο της επίδοσης είναι κλειστού τύπου, πολλαπλής επιλογής με μία σωστή απάντηση και η βαθμολόγηση τους είναι: *0 = Λάθος* και *1 = Σωστό.* Στους Πίνακες 7.1 έως 7.4 παρουσιάζονται για καθεμία από τις παραπάνω ομάδες ερωτημάτων, ορισμένα στατιστικά στοιχεία των απαντήσεων, όπως το μέγεθος του δείγματος (N) και τα περιγραφικά μέτρα, τα οποία είναι στατιστικά μέτρα *θέσης* (μέση τιμή) και μέτρα *μεταβλητότητας* (τυπική απόκλιση) (Τσαγρής, 2014).

Πίνακας 7.1. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία προελέγχου ομάδας ερωτήσεων 1.

Pre	E4	E5	E6	E7	E8	E11	E12	E15	E16
N	83	83	83	82	83	83	83	83	83
Μέση τιμή	0,22	0,16	0,39	0,48	0,35	0,36	0,33	0,37	0,24
Τυπ. απόκλιση	0,415	0,366	0,490	0,502	0,480	0,483	0,471	0,487	0,430

Δεδομένου ότι η μέση επίδοση ανά ερώτημα είναι δυνατό να κυμανθεί μεταξύ των τιμών 0 και 1 (*min = 0* και *max = 1*) παρατηρούμε ότι:

- σε όλες τις ερωτήσεις προελέγχου της Ομάδας 1, είναι μικρότερη από 0,5 με μία μόνο ερώτηση, την Ε7 να προσεγγίζει την τιμή αυτή οριακά
- για τις περισσότερες ερωτήσεις, Ε6, Ε8, Ε11, Ε12 και Ε15, βρίσκεται μεταξύ 0,3-0,4
- οι χαμηλότερες επιδόσεις παρατηρούνται στις ερωτήσεις Ε4, Ε5 και Ε16 με μέση τιμή μικρότερη του 0,3

Πίνακας 7.2. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία μεταελέγχου ομάδας ερωτήσεων 1.

Post	E4	E5	E6	E7	E8	E11	E12	E15	E16
N	83	83	82	83	83	83	83	83	83
Μέση τιμή	0,77	0,90	0,82	0,80	0,92	0,92	0,86	0,82	0,63
Τυπ. απόκλιση	0,423	0,297	0,389	0,406	0,280	0,280	0,354	0,387	0,487

Παρατηρούμε ότι:

- η χαμηλότερη επίδοση είναι της ερώτησης Ε16 με τιμή μεγαλύτερη ακόμα και από την υψηλότερη της ομάδας προελέγχου
- για τις ερωτήσεις Ε6, Ε7, Ε12 και Ε15 είναι μεταξύ 0,8 – 0,9
- για τις ερωτήσεις Ε5, Ε8 και Ε11 είναι ίση ή μεγαλύτερη του 0,9
- η μέση επίδοση για όλες τις ερωτήσεις είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή προελέγχου. Μάλιστα, για τις επτά από τις εννέα ερωτήσεις η μέση επίδοση είναι μεγαλύτερη από 0,8.

Πίνακας 7.3. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία προελέγχου ομάδας ερωτήσεων 2.

Pre	E9	E10	E13	E14	E17	E18	E19	E20	E21
N	83	83	83	83	82	83	83	83	81
Μέση τιμή	0,52	0,30	0,48	0,73	0,45	0,53	0,45	0,42	0,38
Τυπ. απόκλιση	0,503	0,462	0,503	0,444	0,501	0,502	0,500	0,497	0,489

Η παρατήρηση της μέσης επίδοσης για τις ερωτήσεις προελέγχου της Ομάδας 2 δείχνει ότι:

- στις περισσότερες ερωτήσεις αυτής της ομάδας, δηλαδή στις ερωτήσεις Ε10, Ε13, Ε17, Ε19, Ε20 και 21, είναι μικρότερη από 0,5
- σε δύο ερωτήσεις, τις Ε9 και Ε18, μόλις ξεπερνά την τιμή 0,5

- μία μόνο ερώτηση, η Ε14, παρουσιάζει μέση τιμή μεγαλύτερη από 0,7

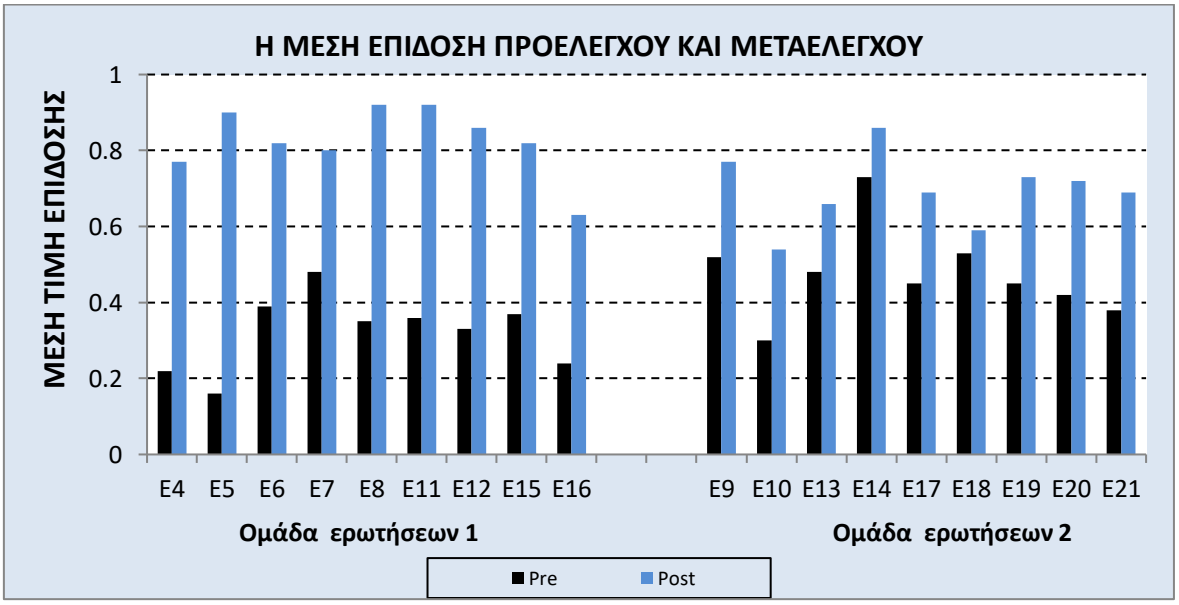
Πίνακας 7.4. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία μεταελέγχου ομάδας ερωτήσεων 2

Post	E9	E10	E13	E14	E17	E18	E19	E20	E21
N	82	83	82	81	83	83	83	83	83
Μέση τιμή	0,77	0,54	0,66	0,86	0,69	0,59	0,73	0,72	0,69
Τυπ. απόκλιση	0,425	0,501	0,477	0,345	0,467	0,495	0,444	0,450	0,467

Η παρατήρηση της μέσης επίδοσης για τις ερωτήσεις μεταελέγχου της Ομάδας 2 δείχνει ότι:

- σε δύο ερωτήσεις, Ε10 και Ε18, η τιμή βρίσκεται μεταξύ 0,5 – 0,6
- σε δύο ερωτήσεις η τιμή Ε13 και Ε17, βρίσκεται μεταξύ 0,6 – 0,7
- στις υπόλοιπες, Ε9, Ε14, Ε19 και Ε20 είναι μεγαλύτερη από 0,7
- σε όλες τις ερωτήσεις αυτής της ομάδας είναι αυξημένη σε σύγκριση με την αντίστοιχη τιμή προελέγχου

Τα παραπάνω αποτελέσματα συγκεντρωμένα απεικονίζονται στο Γράφημα 7.1.



Γράφημα 7.1. Η μέση επίδοση των μαθητών/-τριών ανά ερώτημα προελέγχου-μεταελέγχου

Συνολικά, υπάρχει διαφορά μεταξύ των επιδόσεων προελέγχου και μεταελέγχου καθώς η μέση επίδοση του μεταελέγχου είναι αυξημένη για όλα τα ερωτήματα και η αύξηση αυτή παρουσιάζεται μεγαλύτερη για τις ερωτήσεις της Ομάδας 1.

7.2 Στατιστική ανάλυση

<u>Έλεγχος υπόθεσης πρώτου ερευνητικού ερωτήματος</u>

Προκειμένου να εξετάσουμε αν οι διαφορές της μέσης επίδοσης που παρατηρήθηκαν ανά ερώτημα είναι στατιστικά σημαντικές, εφαρμόζουμε το *συσχετισμένο στατιστικό έλεγχο* (Dependent t-test) ή *κριτήριο t για εξαρτημένα δείγματα* (Paired Samples t-test) εφόσον πρόκειται για το ίδιο δείγμα ατόμων (Τσαγρής, 2014). Ο έλεγχος αφορά στη μηδενική υπόθεση (H_0) σύμφωνα με την οποία οι διαφορές που παρατηρούνται δεν είναι στατιστικά σημαντικές, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Στον Πίνακα 7.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτού του ελέγχου.

Πίνακας 7.5. Αποτελέσματα στατιστικού κριτηρίου t για εξαρτημένα δείγματα (Paired Samples t-test).

Α/Α Ζεύγους ερωτημ.	**Διαφορά PreE-PostE**	**Μέση τιμή**	**Τυπ. Απόκλιση**	**t**	**df**	**Σημαντικότητα 2- tailed p**
1.	Pre E4 – Post E4	-0,554	0,500	-10,097	82	<0.001
2.	Pre E5 – Post E5	-0,747	0,437	-15,559	82	<0.001
3.	Pre E6 – Post E6	-0,427	0,567	-6,814	81	<0.001
4.	Pre E7 – Post E7	-0,317	0,518	-5,540	81	<0.001
5.	Pre E8 – Post E8	-0,566	0,522	-9,874	82	<0.001
6.	Pre E9 – Post E9	-0,244	0,511	-4,325	81	<0.001
7.	Pre E10 – Post E10	-0,241	0,532	-4,129	82	<0.001
8.	Pre E11 – Post E11	-0,554	0,524	-9,638	82	<0.001
9.	Pre E12 – Post E12	-0,530	0,502	-9,618	82	<0.001
10.	Pre E13 – Post E13	-0,183	0,524	-3,160	81	0,002
11.	Pre E14 – Post E14	-0,123	0,331	-3,357	80	0,001
12.	Pre E15 – Post E15	-0,446	0,524	-7,752	82	<0.001
13.	Pre E16– Post E16	-0,386	0,514	-6,834	82	<0.001
14.	Pre E17 – Post E17	-0,232	0,453	-4,635	81	<0.001
15.	Pre E18 – Post E18	-0,060	0,526	-1,043	82	0,300
16.	Pre E19 – Post E19	-0,289	0,482	-5,464	82	<0.001
17.	Pre E20 – Post E20	-0,301	0,462	-5,945	82	<0.001
18.	Pre E21 – Post E21	-0,321	0,496	-5,828	80	<0.001

Όπως προκύπτει από τον στατιστικό έλεγχο:

- η μέση τιμή της διαφοράς της κάθε ερώτησης, έχει αρνητική τιμή για όλες τις ερωτήσεις, γεγονός που εξηγείται από την υψηλότερη επίδοση στις απαντήσεις του μεταελέγχου.
- παρατηρούμε ότι *p-value < 0,05* για κάθε μία από τις επιμέρους ερωτήσεις, με εξαίρεση την ερώτηση 18 της Ομάδας 2.

Συνολικά, με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση (H_0) και αποδεχόμαστε την εναλλακτική υπόθεση (H_1), σύμφωνα με την οποία η διαφορά που προκύπτει στη μέση τιμή των επιδόσεων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση για κάθε ερώτηση είναι στατιστικά σημαντική, στο επίπεδο σημαντικότητας 0,05, με εξαίρεση την ερώτηση 18 της Ομάδας 2.

Έλεγχος υπόθεσης δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος

Στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα εξετάζεται αν υπάρχει σχέση μεταξύ της επίδοσης και του φύλου των υποκειμένων της έρευνας. Για την ανάλυση αυτή εφαρμόσθηκε *ο έλεγχος ανεξαρτησίας* X^2 για κατηγορικές μεταβλητές ονομαστικής κλίμακας (Τσαγρής, 2014). Ο έλεγχος αφορά στην υπόθεση που διατυπώθηκε (H_0) σύμφωνα με την οποία δεν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ των αυτών των μεταβλητών και επομένως οι μεταβλητές είναι ανεξάρτητες (Τσαγρής, 2014). Στον Πίνακα 7.6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτού του ελέγχου.

Πίνακας 7.6. Στατιστικός έλεγχος ανεξαρτησίας X^2 φύλου μαθητών/-τριών και επίδοσης προελέγχου-μεταελέγχου.

Ερώτημα Προελέγχου	Pearson X^2	Asymptomatic Sig. (2-sided)	Ερώτημα Μεταελέγχου	Pearson X^2	Asymptomatic Sig. (2-sided)
PreE4.	0,440	0,507	Post E4.	2,997	0,083
PreE5.	0,333	0,564	Post E5.	0,997	0,318
Pre E6.	4,431	0,035	Post E6.	0,361	0,548
Pre E7.	0,226	0,634	Post E7.	5,299	0,021
Pre E8.	2,293	0,130	Post E8.	4,911	0,027
Pre E9.	8,692	0,003	Post E9.	5,421	0,020
Pre E10.	4,558	0,033	Post E10.	0,502	0,497
Pre E11.	1,573	0,210	Post E11.	0,397	0,528
Pre E12.	6,357	0,012	Post E12.	0,100	0,751
Pre E13.	0,092	0,762	Post E13.	1,520	0,218
Pre E14.	6,050	0,014	Post E14.	4,124	0,042
Pre E15.	5,593	0,018	Post E15.	8,636	0,003
Pre E16.	1,234	0,267	Post E16.	4,794	0,029
Pre E17.	7,482	0,006	Post E17.	11,362	<0,001

Pre E18.	9,947	0,002	Post E18.	0,038	0,846
Pre E19.	0,739	0,390	Post E19.	6,050	0,014
PreE20.	9,820	0,002	Post E20.	7,250	0,007
Pre E21.	3,773	0,052	Post E21.	0,992	0,319

Από τα αποτελέσματα αυτού του στατιστικού ελέγχου παρατηρούμε ότι *p-value <0,05* (με df =1) μόνο για τα πέντε από τα δεκαοκτώ ερωτήματα και στον προέλεγχο και στον μεταέλεγχο.

Συνολικά, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση (H_0), σύμφωνα με την οποία δεν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ του φύλου των μαθητών/-τριών και της επίδοσης τους, και αποδεχόμαστε την ανεξαρτησία αυτών των δύο μεταβλητών, παρά μόνο για συγκεκριμένες ερωτήσεις.

Στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα επίσης, εξετάζεται αν υπάρχει σχέση ανάμεσα στην επίδοση και τη συνεργασία των υποκειμένων της έρευνας στην ομάδα. Ο έλεγχος αφορά στην υπόθεση (H_0) σύμφωνα με την οποία δεν υπάρχει σχέση ανάμεσα στη συνεργασία των μαθητών/-τριών στην ομάδα και την επίδοση τους. Όπως και στο προηγούμενο ερευνητικό ερώτημα, για την ανάλυση εφαρμόσθηκε ο έλεγχος ανεξαρτησίας X^2 για κάθε ένα από τα ερωτήματα του προελέγχου και μεταελέγχου. Στον Πίνακα 7.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτού του ελέγχου.

Πίνακας 7.7. Στατιστικός έλεγχος ανεξαρτησίας X^2 ομάδας μαθητών/-τριών και επίδοσης ανά ερώτημα προελέγχου και μεταελέγχου.

Ερώτημα Προελέγχου	**Pearson X^2**	**Asymptomatic Sig. (2-sided)**	**Ερώτημα Μεταελέγχου**	**Pearson X^2**	**Asymptomatic Sig. (2-sided)**
PreE4.	39,821	0,053	Post E4.	25,403	0,552
PreE5.	28,746	0,373	Post E5.	28,462	0,387
Pre E6.	41,843	0,034	Post E6.	25,688	0,536
Pre E7.	40,234	0,049	Post E7.	32,857	0,202
Pre E8.	19,580	0,848	Post E8.	18,254	0,896
Pre E9.	38,942	0,064	Post E9.	28,167	0,402
Pre E10.	32,718	0,207	Post E10.	29,956	0,316
Pre E11.	36,062	0,114	Post E11.	49,548	0,005
Pre E12.	40,475	0,046	Post E12.	33,138	0,193
Pre E13.	23,255	0,671	Post E13.	18,629	0,883
Pre E14.	50,489	0,004	Post E14.	53,307	0,002

Pre E15.	23,170	0,676	Post E15.	45,291	0,215
Pre E16.	27,870	0,418	Post E16.	38,127	0,076
Pre E17.	35,894	0,118	Post E17.	29,930	0,317
Pre E18.	41,516	0,037	Post E18.	31,656	0,245
Pre E19.	23,973	0,632	Post E19.	31,238	0,261
PreE20.	35,501	0,127	Post E20.	35,992	0,115
Pre E21.	33,027	0,196	Post E21.	32,642	0,209

Από αυτόν το στατιστικό έλεγχο παρατηρούμε ότι *p-value < 0,05* με (df=27), για τον προέλεγχο και τον μεταέλεγχο ενός μόνο ερωτήματος.

Επομένως, δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση (H_0) σύμφωνα με την οποία η συνεργασία των υποκειμένων της έρευνας στην ομάδα δε συσχετίζεται με την επίδοση, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 και αποδεχόμαστε την ανεξαρτησία των μεταβλητών.

Έλεγχος υπόθεσης τρίτου ερευνητικού ερωτήματος

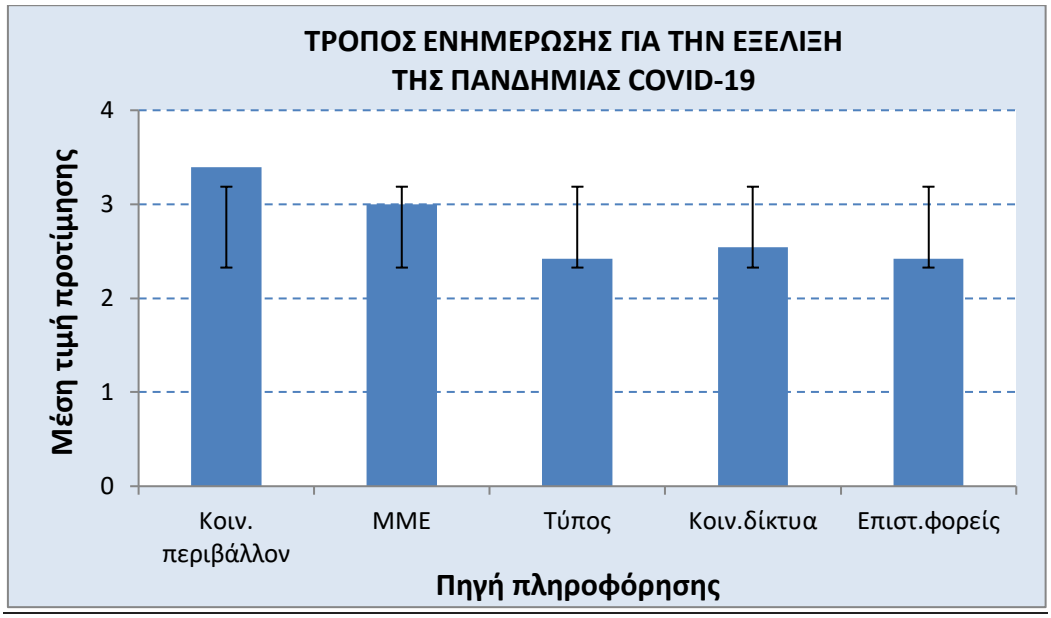
Στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα εξετάζεται ο τρόπος τον οποίο επιλέγουν οι μαθητές/-τριες να ενημερώνονται σχετικά με την εξέλιξη της πανδημίας Covid-19 (κοινωνικό περιβάλλον, ΜΜΕ, έντυπος και ηλεκτρονικός Τύπος, πλατφόρμες κοινωνικών δικτύων, επίσημοι επιστημονικοί φορείς).

Το ερώτημα Ε22 του ερωτηματολογίου προελέγχου που διερευνά την προτίμηση των μαθητών/-τριών είναι κλειστού τύπου με κλίμακα τύπου Likert πέντε θέσεων: *1= καθόλου, 2=λίγο, 3= μέτρια, 4=πολύ, 5= πάρα πολύ* (Jamieson, 2004). Στον Πίνακα 7.8 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των βαθμολογιών των προτιμήσεων των μαθητών/-τριών ανά πηγή ενημέρωσης και η τυπική τους απόκλιση.

Πίνακας 7.8. Πίνακας μέσων τιμών ερωτήματος άποψης (Pre E22) σχετικά με τον τρόπο ενημέρωσης για την εξέλιξη της πανδημίας Covid-19.

Πηγή ενημέρωσης	N	Μέση τιμή	Τυπ. απόκλιση
Κοινωνικό περιβάλλον	83	3,40	1,21
ΜΜΕ	83	3,00	1,41
Έντυπος και ηλεκτρονικός Τύπος	83	2,42	1,33
Πλατφόρμες κοινωνικών δικτύων	83	2,54	1,35
Επίσημοι επιστημονικοί φορείς	83	2,42	1,30

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα η προτίμηση για το κοινωνικό περιβάλλον παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή, ενώ ο Τύπος και οι επιστημονικοί φορείς παρουσιάζουν τη μικρότερη τιμή. Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων αυτών παρουσιάζεται στο Γράφημα 7.2.



Γράφημα 7.2. Οι μέσες τιμές προτίμησης των μαθητών/-τριών σχετικά με την πηγή πληροφόρησης για την εξέλιξη της πανδημίας Covid-19.

Αναλυτικότερα, στον Πίνακα 7.9 παρουσιάζονται οι απόλυτες και σχετικές συχνότητες των βαθμολογιών των προτιμήσεων των μαθητών/-τριών ανά πηγή ενημέρωσης.

Πίνακας 7.9. Πίνακας απόλυτων συχνοτήτων ερωτήματος άποψης (Pre E22) σχετικά με τον τρόπο ενημέρωσης των μαθητών/-τριών για την πανδημία Covid-19

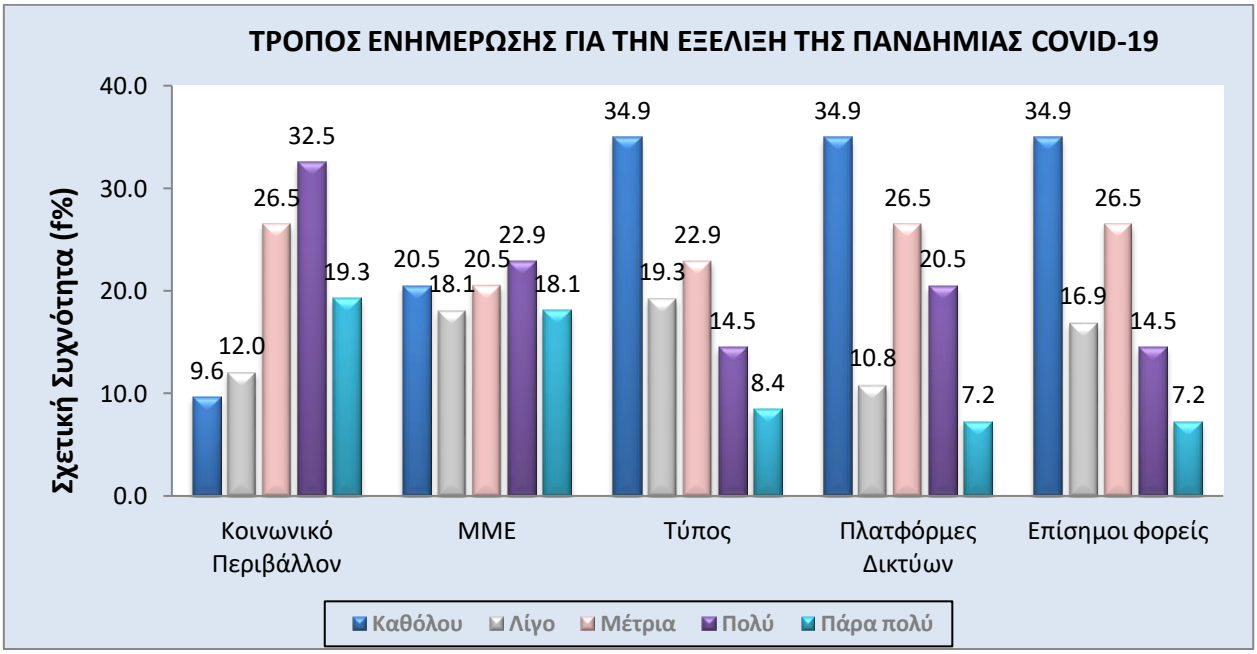
	Βαθμολογία									
	1		**2**		**3**		**4**		**5**	
Πηγή ενημέρωσης	**Απολ. Συχν. (f)**	**Σχετ. Συχν. (f%)**	**Απολ. Συχν. (f)**	**Σχετ. Συχν. (f%)**	**Απολ. Συχν. (f)**	**Σχετ. Συχν. (f%)**	**Απολ. Συχν (f)**	**Σχετ. Συχν. f%)**	**Απολ. Συχν. (f)**	**Σχετ. Συχν. (f%)**
Κοινωνικό περιβάλλον	8	9,6	10	12	22	26,5	27	32,5	16	19,3
ΜΜΕ	17	20,5	15	18,1	17	20,5	19	22,9	15	18,1
Έντυπος και ηλεκτρονικός Τύπος	29	34,9	16	19,3	19	22,9	12	14,5	7	8,4

Πλατφόρμες κοινωνικών δικτύων	29	34,9	9	10,8	22	26,5	17	20,5	6	7,2
Επίσημοι επιστημονικοί φορείς	29	34,9	14	16,9	22	26,5	12	14,5	6	7,2

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των μαθητών/-τριών:

- ποσοστό 78,3% που αποτελεί και την πλειονότητα προτιμάει να ενημερώνεται για την εξέλιξη της πανδημίας Covid-19, από μέτρια έως πάρα πολύ, κυρίως από το κοινωνικό περιβάλλον (οικογένεια, φίλους, σχολείο)
- ποσοστό 61,5% χρησιμοποιεί από μέτρια έως πάρα πολύ, τα ΜΜΕ (τηλεόραση, ραδιόφωνο) για την ενημέρωση του
- ποσοστό 34,9% δεν ενημερώνεται καθόλου από τους επίσημους φορείς
- επίσης, ποσοστό 34,9% δε χρησιμοποιεί καθόλου τις έντυπες και ηλεκτρονικές εφημερίδες για την ενημέρωση του

Στο Γράφημα 7.3 παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση αυτών των αποτελεσμάτων.



Γράφημα 7.3. Οι σχετικές συχνότητες των επιλογών των μαθητών/-τριών σχετικά με τον τρόπο ενημέρωσης για την εξέλιξη της πανδημίας Covid-19.

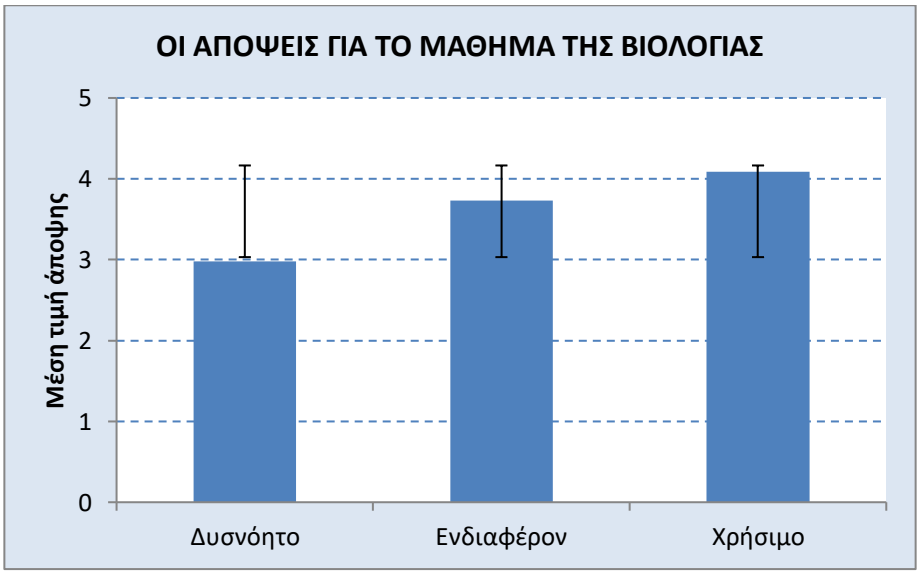
Στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα εξετάζεται και η άποψη των μαθητών/-τριών για το μάθημα της Βιολογίας α) ως προς το βαθμό κατανόησης του β) ως προς το βαθμό του προκαλούμενου ενδιαφέροντος και γ) ως προς το βαθμό της χρησιμότητας του.

Το ερώτημα Ε23 του ερωτηματολογίου προελέγχου που διερευνά την άποψη των μαθητών/-τριών για το μάθημα της Βιολογίας είναι κλειστού τύπου με κλίμακα τύπου Likert πέντε θέσεων: *1= καθόλου, 2=λίγο, 3= μέτρια, 4=πολύ, 5= πάρα πολύ* (Jamieson, 2004). Στον Πίνακα 7.10 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των βαθμολογιών των απόψεων των μαθητών/-τριών για το μάθημα της Βιολογίας και η τυπική τους απόκλιση.

Πίνακας 7.10. Πίνακας μέσων τιμών βαθμολογιών ερωτήματος άποψης (Pre E23) σχετικά με τη γνώμη των μαθητών/-τριών για το μάθημα της Βιολογίας

Η άποψη για το μάθημα της Βιολογίας	N	Μέση τιμή	Τυπ. απόκλιση
Δύσκολο /Δυσνόητο	83	2,98	1,15
Ενδιαφέρον	83	3,73	1,31
Χρήσιμο	83	4,08	1,11

Παρατηρούμε ότι οι μαθητές/-τριες θεωρούν το μάθημα της Βιολογίας μέτριας δυσκολίας ως προς την κατανόηση, μέτρια έως πολύ ενδιαφέρον και πολύ χρήσιμο. Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων αυτών παρουσιάζεται Γράφημα 7.4.



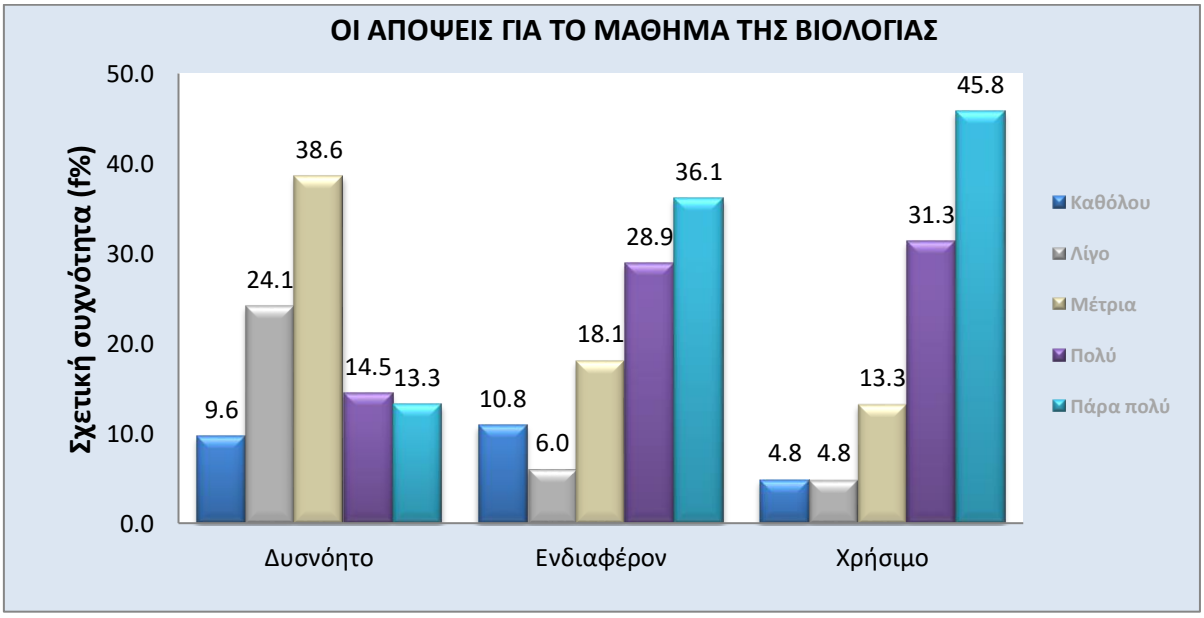
Γράφημα 7.4. Οι μέσες τιμές των βαθμολογιών της άποψης των μαθητών/-τριών σχετικά με το μάθημα της Βιολογίας.

Αναλυτικότερα, στον Πίνακα 7.11 παρουσιάζονται οι απόλυτες και σχετικές συχνότητες των βαθμολογιών των απόψεων των μαθητών/-τριών σχετικά με το μάθημα της Βιολογίας.

Πίνακας 7.11. Πίνακας απόλυτων και σχετικών συχνοτήτων ερωτήματος άποψης (Pre E23) σχετικά με το μάθημα της Βιολογίας.

	Βαθμολογία									
	1		**2**		**3**		**4**		**5**	
Άποψη για το μάθημα	**Απολ. Συχν. (f)**	**Σχετ. Συχν. (f%)**	**Απολ. Συχν. (f)**	**Σχετ. Συχν. (f%)**	**Απολ. Συχν. (f)**	**Σχετ. Συχν. (f%)**	**Απολ. Συχν. (f)**	**Σχετ. Συχν. (f%)**	**Απολ. Συχν. (f)**	**Σχετ. Συχν. (f%)**
Δύσκολο/ Δυσνόητο	8	9,6	20	24,1	32	38,6	12	14,5	11	13,3
Ενδιαφέρον	9	10,8	5	6,0	15	18,1	24	28,9	30	36,1
Χρήσιμο	4	4,8	4	4,8	11	13,3	26	31,3	38	45,8

Η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων αυτών παρουσιάζεται στο Γράφημα 7.5.



Γράφημα 7.5. Οι σχετικές συχνότητες των απόψεων των μαθητών/-τριών για το μάθημα της Βιολογίας

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των μαθητών/-τριών το μάθημα της Βιολογίας:

α) *ως προς την κατανόηση του,* από το 27,8% χαρακτηρίστηκε δυσνόητο σε υψηλό βαθμό, το 38,6% συναντά μέτρια δυσκολία, ενώ 33,7% δε συναντά δυσκολίες κατανόησης.

β) *ως προς το προκαλούμενο ενδιαφέρον*, το 65% θεωρεί το μάθημα πολύ έως πάρα πολύ ενδιαφέρον, το 18,1% θεωρεί το μάθημα μετρίου ενδιαφέροντος και το υπόλοιπο ποσοστό 16,8% λίγο έως καθόλου ενδιαφέρον.

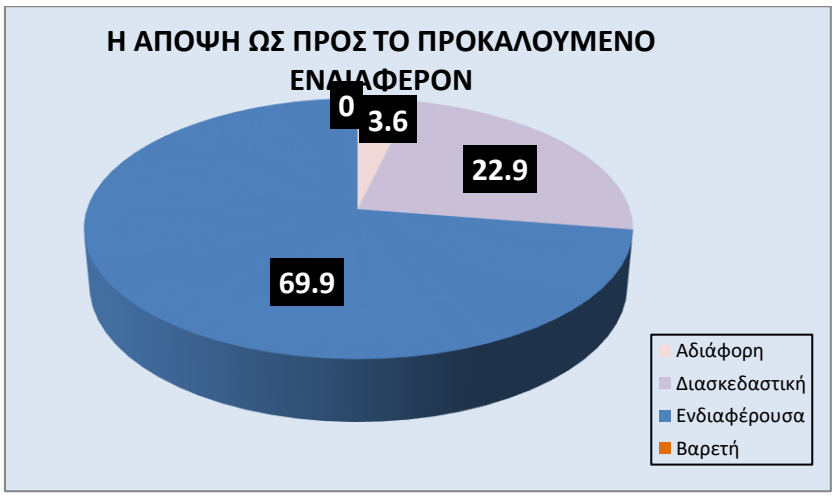
γ) *ως προς τη χρησιμότητα του,* το 77,1% θεωρεί το μάθημα πολύ έως πάρα πολύ χρήσιμο, το 13% μέτριας χρησιμότητας και το υπόλοιπο 9,6% μικρής ή καμίας χρησιμότητας.

Στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα εξετάζεται επίσης η άποψη των μαθητών/-τριών για τη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση του εργαλείου iCn3D. Αρχικά, διερευνήθηκε αν οι μαθητές/-τριες είχαν προηγούμενη ανάλογη εμπειρία, δηλαδή αν είχαν διδαχθεί στο παρελθόν κάποια ενότητα του μαθήματος της Βιολογίας με τη χρήση εργαλείου Βιοπληροφορικής. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το ερώτημα Ε22 του μεταελέγχου, το οποίο είναι κλειστού τύπου, διπλής επιλογής. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται Γράφημα 7.6.

Γράφημα 7.6. Οι σχετικές συχνότητες των απόψεων των μαθητών/-τριών ως προς την ύπαρξη προηγούμενης εμπειρίας στη χρήση εργαλείων Βιοπληροφορικής.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των μαθητών/-τριών, το 11% είχε προηγούμενη εμπειρία στη χρήση εργαλείων Βιοπληροφορικής στη διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας, ενώ για το 89% ήταν η πρώτη φορά που έκανε χρήση τέτοιου εργαλείου.

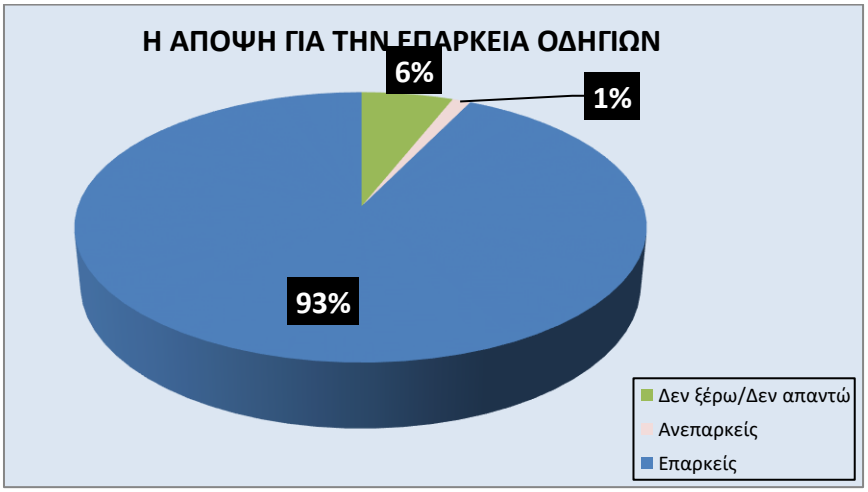
Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η άποψη των μαθητών/-τριών για τη διδακτική παρέμβαση ως προς το προκαλούμενο ενδιαφέρον. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το ερώτημα Ε23 του μεταελέγχου, κλειστού τύπου πολλαπλής επιλογής. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο Γράφημα 7.7.



Γράφημα 7.7. Οι σχετικές συχνότητες των απόψεων των μαθητών/-τριών ως προς το ενδιαφέρον που τους προκάλεσε η διδακτική παρέμβαση.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των μαθητών/-τριών, το 3,6% χαρακτήρισε τη διδακτική παρέμβαση αδιάφορη, το 22,9% διασκεδαστική, ενώ το 69,9% ενδιαφέρουσα. Στο δείγμα δεν υπήρξε κάποιος/-α που να θεώρησε τη διδακτική παρέμβαση βαρετή.

Ακολούθησε η διερεύνηση της άποψης των μαθητών/-τριών σχετικά με την επάρκεια των οδηγιών που τους δόθηκαν μέσω του φύλλου εργασίας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το ερώτημα Ε29 του μεταελέγχου, κλειστού τύπου πολλαπλής επιλογής. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο Γράφημα 7.8.



Γράφημα 7.8. Οι σχετικές συχνότητες των απόψεων των μαθητών/-τριών ως προς την επάρκεια των οδηγιών της διδακτικής παρέμβασης.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των μαθητών/-τριών το 1% θεώρησε τις οδηγίες που τους δόθηκαν ως ανεπαρκείς, σε αντίθεση με το 93% που τις θεώρησε ως επαρκείς. Υπήρξε και ένα ποσοστό 6% που επέλεξε την απάντηση δεν ξέρω/δεν απαντώ.

Οι μαθητές/-τριες αξιολόγησαν τη συνεργασία τους, στην ομάδα στην οποία συμμετείχαν, απαντώντας δύο ερωτήματα του ερωτηματολογίου μεταελέγχου. Το πρώτο ερώτημα Ε27 διερεύνησε την άποψη τους για την αποτελεσματικότητα της συνεργασίας και είναι κλειστού τύπου με κλίμακα τύπου Likert πέντε θέσεων:*1= καθόλου, 2=λίγο, 3= μέτρια, 4=πολύ, 5= πάρα πολύ* (Jamieson, 2004). Το δεύτερο ερώτημα Ε28 διερεύνησε την άποψη για τη συμβολή των μελών στην ομάδα και είναι κλειστού τύπου, πολλαπλής επιλογής με βαθμολόγηση 1 έως 3: *1=ένα μέλος είχε την πρωτοβουλία, 2=ανισόμετρη και 3=ισόμετρη.* Τα αποτελέσματα για αυτά τα δύο ερωτήματα απεικονίζονται στον Πίνακα 7.12.

Πίνακας 7.12. Πίνακας μέσης τιμής βαθμολογιών απόψεων σχετικά με τη συνεργασία στην ομάδα

Ερώτημα	Αξιολόγηση της συνεργασίας στην ομάδα	N	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή	Τυπ. απόκλιση
Post E27	Ως προς την αποτελεσματικότητα	83	4,02	5	1,01
Post E28	Ως προς τη συμβολή των μελών στην ομάδα	83	2,7	3	0,58

Για το ερώτημα Ε27 δεδομένου ότι η κλίμακα κυμαίνεται από 0 έως 5 και για το ερώτημα Ε28 από 0 έως 3, η μέση τιμή των βαθμολογιών των απόψεων έχει υψηλή τιμή.

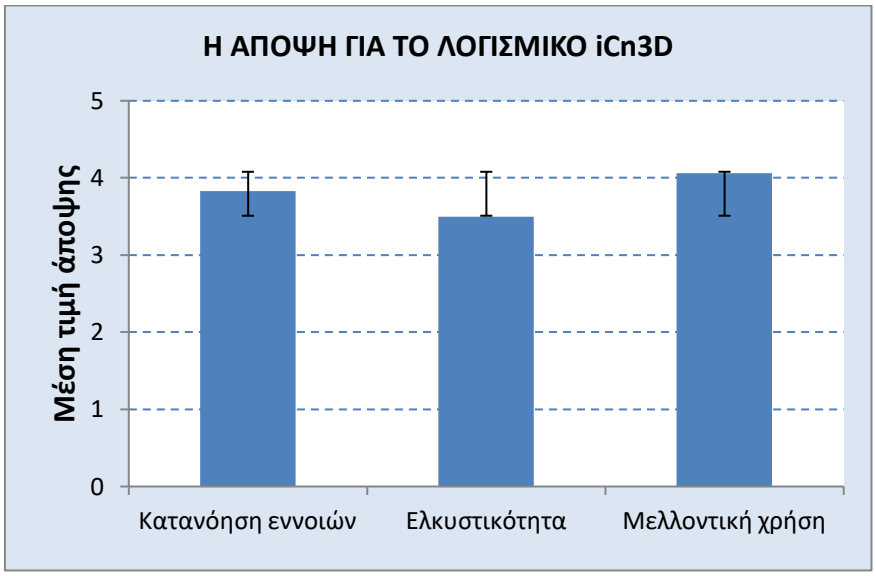
Τέλος, στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα εξετάζεται και η άποψη των μαθητών/-τριών για τη χρήση του εργαλείου iCn3D στη διερευνητική προσέγγιση της διδασκαλίας. Τα ερωτήματα του ερωτηματολογίου μεταελέγχου που διερεύνησαν την άποψη σχετικά με αυτό το θέμα αφορούν στη συμβολή του λογισμικού στην κατανόηση της σχετικής θεωρίας, την ελκυστικότητα του και την επιθυμία για μελλοντική χρήση. Τα ερωτήματα αυτά Post E24, Post E25 και Post E26 είναι κλειστού τύπου με κλίμακα τύπου Likert πέντε θέσεων: *1= καθόλου, 2=λίγο, 3= μέτρια, 4=πολύ, 5= πάρα πολύ* (Jamieson, 2004). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.13.

Πίνακας 7.13. Πίνακας μέσης τιμής βαθμολογιών απόψεων σχετικά τη χρήση του λογισμικού iCn3D

Ερώτημα	Αξιολόγηση του λογισμικού iCn3D	N	Μέση τιμή	Τυπ. απόκλιση
Post E24	Κατανόηση εννοιών	83	3,83	0,92
Post E25	Ελκυστικότητα	83	3,49	0,89
Post E26	Επιθυμία για μελλοντική χρήση	83	4,06	0,89

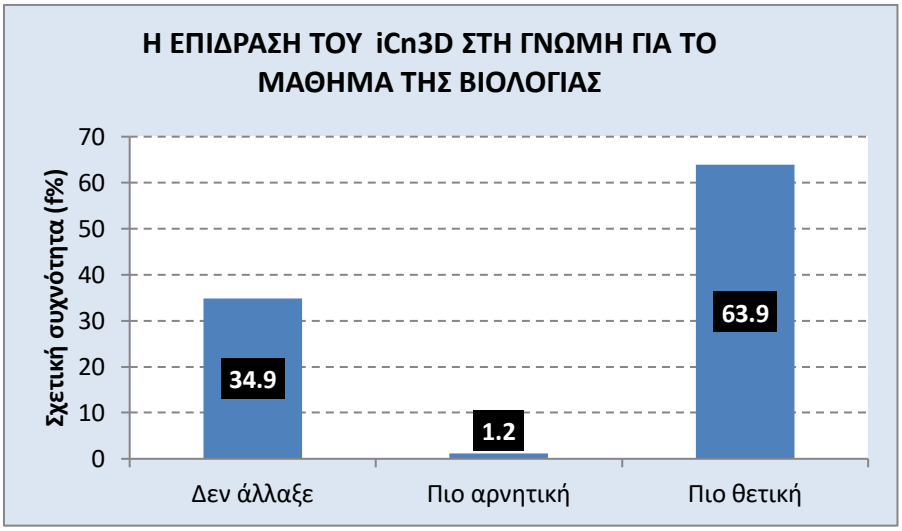
Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο Γράφημα 7.9.

Και ως προς τις τρεις διαστάσεις αξιολόγησης του λογισμικού η μέση τιμή των απόψεων έχει υψηλή τιμή.



Γράφημα 7.9. Η μέση τιμή των απόψεων των μαθητών/-τριών σχετικά με τη χρήση του λογισμικού iCn3D

Το ερώτημα του ερωτηματολογίου μεταελέγχου Ε30 που διερεύνησε την άποψη των μαθητών/-τριών σχετικά με την επίδραση του λογισμικού στη γνώμη τους για το μάθημα της Βιολογίας είναι κλειστού τύπου ερώτημα πολλαπλής επιλογής. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο Γράφημα 7.10.



Γράφημα 7.10. Οι σχετικές συχνότητες των απόψεων των μαθητών/-τριών ως προς την επίδραση του iCn3D στη γνώμη τους για το μάθημα της Βιολογίας.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των μαθητών/-τριών:

Το 1,2% δήλωσε ότι η γνώμη του έγινε πιο αρνητική για το μάθημα της Βιολογίας, το 34,9% ότι δεν επηρεάσθηκε η γνώμη του και το 63,9 % δήλωσε ότι η γνώμη του έγινε πιο θετική.

7.3 Συζήτηση αποτελεσμάτων

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων μέσω του στατιστικού προγράμματος IBM SPSS Statistics v28.

1. Ως προς το πρώτο ερευνητικό ερώτημα που αφορά στην εννοιολογική κατανόηση:

Για την ***ΟΜΑΔΑ 1*** που περιλαμβάνει τα ερωτήματα 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 15 και 16 τα οποία είναι ανεξάρτητα του πλαισίου και θεωρήσαμε ότι οι μαθητές/-τριες διαθέτουν μικρότερο γνωστικό υπόβαθρο

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για εξαρτημένα δείγματα για κάθε ένα από τα ερωτήματα προέκυψαν τα εξής:

Ερώτημα 4: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ***του ρόλου των γλυκοπρωτεϊνών του ελύτρου των ιών ως τα υπεύθυνα μόρια για την αναγνώριση του ξενιστικού κυττάρου και την πρόσδεση του ιού σε αυτά.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E4 – Post E4 = -0.554, t= -10,097, df=82, p <0.001)* δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001.*** Η μέση επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Επομένως, παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας που εξέτασε το συγκεκριμένο ερώτημα. Η βελτίωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι με την υλοποίηση της δραστηριότητας 2 έγινε ορατή η αλληλεπίδραση της γλυκοπρωτεΐνης S του ελύτρου του ιού *Sars Cov 2*, με τον υποδοχέα του ανθρώπινου ξενιστικού κυττάρου. Οι μαθητές/-τριες ανακάλυψαν τους χημικούς δεσμούς της αλληλεπίδρασης και προβληματίστηκαν σχετικά με το ρόλο της στην εκδήλωση των συμπτωμάτων της ασθένειας. Στο σχολικό εγχειρίδιο γίνεται μόνο μία έμμεση αναφορά για την έννοια αυτή στην ενότητα «*AIDS: Σύνδρομο Επίκτητης Ανοσολογικής Ανεπάρκειας*».

Ερώτημα 5: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ***της συμμετοχής μορίων σακχάρων και πρωτεϊνών στη σύσταση των γλυκοπρωτεϊνών του ελύτρου των ιών.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E5 – Post E5 = -0,747, t= -15,559, df=82, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001.*** Η μέση επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Επομένως, παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας που εξέτασε το συγκεκριμένο ερώτημα. Η βελτίωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι με την υλοποίηση της δραστηριότητας 1 έγινε ορατή η συμμετοχή των σακχάρων στη δομή της γλυκοπρωτεΐνης S μέσω της παρατήρησης και οι μαθητές/-τριες αποσαφήνισαν την έννοια μέσω του ποιοτικού και ποσοτικού προσδιορισμού των

σακχάρων. Στο σχολικό εγχειρίδιο δεν υπάρχει κάποια περιγραφή της σύστασης των γλυκοπρωτεϊνών καθώς θεωρείται προϋπάρχουσα γνώση.

Ερώτημα 6: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ***της δυνατότητας συμμετοχής μίας ή περισσοτέρων πολυπεπτιδικών αλυσίδων σε ένα πρωτεϊνικό μόριο.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E6 – Post E6 = - 0,427, t= -6,814, df=81, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001.*** Η μέση επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Επομένως, παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας που εξέτασε το συγκεκριμένο ερώτημα. Η βελτίωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι με την υλοποίηση της δραστηριότητας 1 έγινε ορατή η συμμετοχή τριών πολυπεπτιδικών αλυσίδων στη δομή της γλυκοπρωτεΐνης S. Στο σχολικό εγχειρίδιο οι γλυκοπρωτεΐνες απεικονίζονται σε τρεις 2D εικόνες ως συστατικά του ελύτρου ενός αδενοϊού, ενός ιού γρίπης και του ιού HIV, χωρίς λεπτομέρειες της δομής τους και δεν υπάρχει κάποια σχετική αναφορά ή περιγραφή στο κείμενο. Οι μαθητές/-τριες στην Α΄ Λυκείου έχουν διδαχθεί τη δομή της αιμοσφαιρίνης που αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες και η έννοια θεωρείται προϋπάρχουσα γνώση.

Ερώτημα 7: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ***του καθορισμού της τελικής στερεοδιαμόρφωσης της πολυπεπτιδικής αλυσίδας από την πρωτοταγή δομή της.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E7 – Post E7 = -0,317, t= -5,540, df=81, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001***. Η μέση επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Επομένως, παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας που εξέτασε το συγκεκριμένο ερώτημα. Η βελτίωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι μέσω της υλοποίησης της δραστηριότητας 1 γίνεται ορατός ο ρόλος της αλληλουχίας των αμινοξέων στην ανάπτυξη αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους, που οδηγούν στην τελική στερεοδιαμόρφωση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Επίσης, μέσω της χρήσης των πρωτεϊνικών δομών των δραστηριοτήτων 2,3,4 οι μαθητές/-τριες λαμβάνουν επιπρόσθετες οπτικές παραστάσεις για αυτή την έννοια η οποία θεωρείται προϋπάρχουσα γνώση από το Γυμνάσιο.

Ερώτημα 8: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ***ως απαραίτητης προϋπόθεσης για την εισβολή ενός ιού στο ξενιστικό κύτταρο την αλληλεπίδραση του με τους κυτταρικούς υποδοχείς του ξενιστικού κυττάρου.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E8 – PostE8 = -0,566, t= -9,874, df=82, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001.*** Η μέση επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Επομένως, παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας που εξέτασε το συγκεκριμένο ερώτημα. Η

βελτίωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι μέσω της πρωτεϊνικής δομής της δραστηριότητας 2 όπως και στο ερώτημα 4, έγιναν ορατές και απτές οι αλληλεπιδράσεις ιού και υποδοχέων ξενιστικού κυττάρου. Για την έννοια αυτή στο σχολικό εγχειρίδιο γίνεται μόνο μία μικρή αναφορά στην ενότητα «*1.3.4 Σύνδρομο Επίκτητης Ανοσολογικής Ανεπάρκειας (AIDS)*» και δε διαφαίνεται καθαρά η αλληλεπίδραση των γλυκοπρωτεϊνών του ελύτρου ως προϋπόθεση για τη μόλυνση του ξενιστικού κυττάρου, ενώ στην ενότητα «*1.2.1 Πολλαπλασιασμός ιών*» τονίζεται η προσκόλληση του ιού στο ξενιστικό κύτταρο χωρίς να εξηγείται ο τρόπος που επιτυγχάνεται.

Ερώτημα 11: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ***του καθορισμού της εξειδικευμένης δράσης των εξουδετερωτικών αντισωμάτων από την αλληλουχία των αμινοξέων τμήματος και της βαρειάς και της ελαφριάς αλυσίδας τους.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E11 – Post E11 = -0,554, t= -9,638, df=82, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001***. Η μέση επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Επομένως, παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας που εξέτασε το συγκεκριμένο ερώτημα. Η βελτίωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι μέσω της πρωτεϊνικής δομής της δραστηριότητας 3 έγινε ορατή η σύνδεση και των δύο αλυσίδων της μεταβλητής περιοχής με τον αντιγονικό στόχο, ενώ οι μαθητές/-τριες προβληματίστηκαν σχετικά με το ρόλο των αλληλεπιδράσεων στην εξειδίκευση της δράσης των αντισωμάτων. Το σχολικό βιβλίο απεικονίζει τη συμμετοχή και των δύο αλυσίδων στη μεταβλητή περιοχή και την εξειδικευμένη σύνδεση αντισώματος και αντιγονικού στόχου, όμως φαίνεται πως αυτές οι 2D αναπαραστάσεις δεν αρκούν για την βαθύτερη κατανόηση της συγκεκριμένης έννοιας καθώς δεν είναι εμφανής ο ρόλος των αλληλεπιδράσεων σε αυτή τη σύνδεση. Αυτό το εύρημα συμφωνεί με τις μελέτες που υποστηρίζουν ότι οι μαθητές/-τριες δυσκολεύονται να μεταφράσουν τις 2D εικόνες σε 3D αναπαραστάσεις και για αυτό το λόγο οι 3D αναπαραστάσεις είναι προτιμότερες από τις 2D ειδικά στην εκμάθηση των μακρομορίων (Antonoglou et al., 2006· Peterson et al., 2019).

Ερώτημα 12: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση του γεγονότος ***ότι το αποτέλεσμα της σύνδεσης της μεταβλητής περιοχής ενός εξουδετερωτικού αντισώματος με τον αντιγονικό στόχο έχει ως αποτέλεσμα την εξουδετέρωση του δεύτερου και την απώλεια της δυνατότητας σύνδεσης του στον κυτταρικό υποδοχέα.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E12 – Post E12 = -0,530, t= -9,618, df=82, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001.*** Η μέση επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Επομένως, παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας που εξέτασε το συγκεκριμένο ερώτημα. Η βελτίωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι μέσω της δραστηριότητας 3 οι μαθητές/-τριες προσδιόρισαν τα αμινοξέα του αντιγονικού στόχου που αλληλεπιδρούν με το εξουδετερωτικό αντίσωμα

και μετά από τη σύγκριση με αυτά που αλληλεπιδρούν με τον κυτταρικό υποδοχέα, είναι ικανοί/-ες να εξάγουν συμπεράσματα και να απαντήσουν με σημαντική διαφορά επίδοσης το συγκεκριμένο ερώτημα επέκτασης της θεωρίας. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι εκτός από βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης παρατηρείται και ανάπτυξη της κριτικής σκέψης που οδηγεί στην εξαγωγή σωστού συμπεράσματος.

Ερώτημα 15: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ***της σημαντικής επίδρασης που μπορεί να έχουν μικρές αλλαγές στην αλληλουχία των αμινοξέων ενός ιικού αντιγονικού στόχου στην τελική στερεοδιαμόρφωση του μορίου και τη λειτουργικότητα του.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E15 – Post E15 = -0,446, t= -7,752, df=82, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001***. Η μέση επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Επομένως, παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας που εξέτασε το συγκεκριμένο ερώτημα. Η βελτίωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι μέσω της δραστηριότητας 4 έγιναν ορατές οι διαφορετικές αλληλεπιδράσεις των αμινοξέων του αρχικού στελέχους του ιού και τριών παραλλαγών ανησυχίας. Οι μαθητές/-τριες με διερεύνηση εντόπισαν τις διαφορές και προβληματίστηκαν σχετικά με τις συνέπειες των μεταλλάξεων επί του αρχικού στελέχους και τον επανασχεδιασμό των εμβολίων. Όπως και στο προηγούμενο ερώτημα εκτός από βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης παρατηρείται ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και εξαγωγή σωστού συμπεράσματος στο συγκεκριμένο ερώτημα επέκτασης της θεωρίας.

Ερώτημα 16: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση του γεγονότος ***ότι οι γονιδιακές μεταλλάξεις οδηγούν στη δημιουργία παραλλαγών ιών με νέες ιδιότητες εξαιτίας των νέων αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των αμινοξέων του αντιγονικού στόχου αλλά και μεταξύ των αμινοξέων του αντιγονικού στόχου και του κυτταρικού υποδοχέα.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E16 – Post E16 = -0,386, t= -6,834, df=82, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001***. Η μέση επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Επομένως, παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας που εξέτασε το συγκεκριμένο ερώτημα. Η βελτίωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι μέσω της δραστηριότητας 4 έγινε ορατό το γεγονός ότι οι μεταλλάξεις επηρεάζουν όχι μόνο τις αλληλεπιδράσεις αντιγόνου και υποδοχέα αλλά και τις αλληλεπιδράσεις στο εσωτερικό του αντιγόνου, έννοια για την οποία δεν υπάρχει καμία αναφορά στο σχολικό εγχειρίδιο.

Για την ***ΟΜΑΔΑ 2*** που περιλαμβάνει_τα ερωτήματα 9, 10, 13, 14, 17, 18, 19, 20 και 21 τα οποία είναι σχετικά με το πλαίσιο και πιθανόν οι μαθητές/-τριες διαθέτουν μεγαλύτερο γνωστικό υπόβαθρο.

Ερώτημα 18: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση του γεγονότος ***ότι ο βαθμός αλληλεπίδρασης ενός ιού με τον κυτταρικό υποδοχέα που αναγνωρίζει και προσδένεται διαφέρει μεταξύ ατόμων διαφορετικού γένους και είδους αλλά και μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E18 – Post E18 = -0,060, t= -1,043, df=82, p=0,3>0.05*) δείχνει ότι ***δεν είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001***. Η μέση επίδοση μετά την παρέμβαση δεν είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Φαίνεται πως οι μαθητές/-τριες, εξαιτίας του ενδιαφέροντος για την πανδημία είχαν πετύχει να κατανοήσουν το διαφορετικό βαθμό μολυσματικότητας των ατόμων διαφορετικού γένους αλλά και είδους από τον ιό, που πραγματεύεται η δραστηριότητα 5, πριν την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης.

Ερώτημα 9: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ***του φαινομένου της εξειδίκευσης της μόλυνσης από τους ζωονοσογόνους ιούς ως προς τα κύτταρα και τους ιστούς που προσβάλλουν.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E9 – Post E9 = -0,244, t= -4,325, df=81, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001***. Η μέση επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Επομένως, παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της έννοιας που εξέτασε το συγκεκριμένο ερώτημα. Η βελτίωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι μέσω της δραστηριότητας 2 που υλοποιήθηκε έγινε εμφανής η αναγκαιότητα της ύπαρξης των κατάλληλων υποδοχέων για την ανάπτυξη αλληλεπιδράσεων ώστε να επιτευχθεί η μόλυνση. Στο σχολικό εγχειρίδιο υπάρχουν μόνο δύο μικρές αναφορές για την έννοια αυτή στην ενότητα «*Ιοί*» και στην ενότητα «*AIDS: Σύνδρομο Επίκτητης Ανοσολογικής Ανεπάρκειας*» χωρίς αιτιολόγηση του φαινομένου. Οι μαθητές/-τριες κατάφεραν να εξάγουν το σωστό συμπέρασμα και να απαντήσουν το συγκεκριμένο ερώτημα επέκτασης της θεωρίας με σημαντική διαφορά επίδοσης, γεγονός που δηλώνει ανάπτυξη κριτικής σκέψης.

Για τα ερωτήματα επέκτασης της θεωρίας που ακολουθούν:

Ερώτημα 10: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ***της σημασίας της λειτουργικότητας και της συγκέντρωσης των κυτταρικών υποδοχέων με τους οποίους αλληλεπιδρά ένας ιός για την εμφάνιση και την ένταση των συμπτωμάτων που συνοδεύουν τη λοίμωξη.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E10 – Post E10 = -0,241, t= -4,129, df=82, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001.***

Ερώτημα 13: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση του γεγονότος ***ότι το αποτέλεσμα της ενεργοποίησης του ανοσοβιολογικού μηχανισμού μέσω του εμβολιασμού έχει ως αποτέλεσμα την πρόληψη της φυσικής νόσησης εξαιτίας της παραγωγής εξουδετερωτικών αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E13 – Post E13 = -0,183, t= -3,160, df=81, p =0,002*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.002***.

Ερώτημα 14: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ότι ***η ιατρική πράξη του εμβολιασμού κρίνεται σωτήρια καθώς έχει περιορίσει σημαντικά την εμφάνιση πολλών θανατηφόρων μολυσματικών ασθενειών.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E14 – Post E14 = -0,123, t= -3,357, df=80, p =0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001.***

Ερώτημα 17: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ***της εξειδικευμένης δράσης των αντισωμάτων καθώς η φυσική ή τεχνητή ενεργοποίηση του ανοσοβιολογικού μηχανισμού ενός ξενιστή έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης απέναντι σε ένα συγκεκριμένο στέλεχος ιού.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E17 – Post E17 = -0,232, t= -4,635, df=81, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001***.

Ερώτημα 19: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση του γεγονότος ότι ***η φυσική επιλογή με πρώτη ύλη τις μεταλλάξεις που συμβαίνουν στο γενετικό υλικό των ιών οδηγεί στην επικράτηση στελεχών με νέες ιδιότητες.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E19 – Post E19 = -0,289, t= -5,464, df=82, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001.***

Ερώτημα 20: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση του γεγονότος ***ότι ο έλεγχος μιας πανδημίας που οφείλεται σε έναν ιό και ο περιορισμός των λοιμώξεων που αυτός προκαλεί είναι δυνατός αν περιορίσουμε την εξέλιξη του ιού μειώνοντας τις ευκαιρίες του για μεταλλάξεις που οδηγούν στην εμφάνιση παραλλαγών ανησυχίας.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E20 – PostE20 = -0,301, t= -5,945, df=82, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001.***

Ερώτημα 21: Το ερώτημα αυτό αφορά στην κατανόηση ***της προέλευσης του ιού Sars Cov-2 που ευθύνεται για την πανδημία Covid-19 από ιό που προϋπήρχε μέσω της δράσης των μεταλλάξεων και της φυσικής επιλογής που ακολούθησε.***

Το αποτέλεσμα του στατιστικού κριτηρίου (*Pre E21– Post E21= -0,321, t= -5,828, df=80, p <0.001*) δείχνει ***στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 0.001.***

Για τα ερωτήματα αυτά η μέση επίδοση μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι σημαντικά υψηλότερη συγκριτικά με αυτήν πριν την παρέμβαση. Επομένως, παρατηρούμε σημαντική βελτίωση στην κατανόηση των εννοιών που εξέτασαν τα συγκεκριμένα ερωτήματα. Η βελτίωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι μέσω της διερεύνησης της δραστηριότητας 2 για το ερώτημα 10, της δραστηριότητας 3 για τα ερωτήματα 13, 14 και 17 και της δραστηριότητας 4 για τα ερωτήματα 19, 20 και 21, οι μαθητές/-τριες ανέπτυξαν την κριτική τους σκέψη και κατόρθωσαν με συζήτηση στην ομάδα να εξάγουν τα σωστά συμπεράσματα και να απαντήσουν τα συγκεκριμένα ερωτήματα επέκτασης της θεωρίας με σημαντική διαφορά επίδοσης.

Συμπερασματικά, για το σύνολο των ερωτήσεων, με εξαίρεση μία ερώτηση, με τη διδακτική παρέμβαση που εφαρμόσθηκε παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη βελτίωση στην κατανόηση των εννοιών και των δύο ομάδων ερωτήσεων. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών που καταδεικνύουν τη θετική επίδραση της μοριακής οπτικοποίησης στην κατανόηση των εννοιών των βιολογικών δομών και λειτουργιών, την ανάπτυξη κριτικής σκέψης και τη βελτίωση των επιδόσεων (Leon et al., 1998· Canning & Cox, 2001· Stieff et al., 2005· Porter, 2007· Stasinakis et al., 2008· White et al., 2010· Dean, 2016· Biro et al., 2017· Bryan et al., 2017· Daina et al., 2017· Stasinakis & Nikolaou, 2017· Younis, 2017· Burgin et al., 2018· Tao et al., 2018· Dsilva et al., 2019· Peterson et al., 2019· Safadel & White 2019· Sun et al., 2019· Upula et al., 2019·Cepeda & Para, 2021· Chai et al., 2021· Lucas, 2021·Manches & Ainsworth, 2022).

Όπως αρχικά είχαμε θεωρήσει οι διαφορές στη μέση επίδοση των ερωτήσεων της Ομάδας 1 είναι μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές της Ομάδας 2 εξαιτίας του ενδιαφέροντος των μαθητών/-τριών για το πλαίσιο της διδακτικής παρέμβασης (Cepeda & Para, 2021). Οι πολύ χαμηλές επιδόσεις του προελέγχου και των δύο ομάδων ερωτήσεων και ειδικότερα της Ομάδας 1 μπορούν να δικαιολογηθούν από το γεγονός ότι οι μαθητές/-τριες της Β’ Λυκείου έχουν επικεντρωθεί στην προετοιμασία τους για την εισαγωγή τους στην ΤΕ και αφιερώνουν το μεγαλύτερο μέρος του προσωπικού χρόνου μελέτης στα μαθήματα προσανατολισμού και κύριου ενδιαφέροντος τους, παραμελώντας τα μαθήματα γενικής παιδείας μεταξύ των οποίων και η Βιολογία.

Η μελέτη PISA 2015 του ΟΟΣΑ (ΙΕΠ, 2017) κατέδειξε ότι το 29,8% των Ελλήνων μαθητών/-τριών ηλικίας 15 ετών, κατατάσσεται στα χαμηλότερα επίπεδα επιστημονικού γραμματισμού σχετικά με τις ΕτΦ

και παρουσιάζουν χαμηλή επίδοση καθώς δεν έχουν αναπτύξει βασικές δεξιότητες που θα έπρεπε να διαθέτουν σύμφωνα με την ηλικία τους, ενώ στις υπόλοιπες χώρες του ΟΟΣΑ το αντίστοιχο ποσοστό είναι 18,5%. Η χαμηλότερη μέση επίδοση των Ελλήνων μαθητών/-τριων της ΔΕ είναι στατιστικά σημαντική και μεταξύ των 35 χωρών που ανήκουν στον ΟΟΣΑ η Ελλάδα κατέχει την 32^{η} θέση. Η σημαντική βελτίωση της μέσης επίδοσης σε όλα τα θέματα που εξετάστηκαν με την παρούσα έρευνα μας ενθαρρύνει για ανάλογες προσπάθειες με σκοπό τη βελτίωση της μαθησιακής αποτελεσματικότητας.

2. Ως προς το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα

Α) Συσχέτιση φύλου και επίδοσης προελέγχου-μεταελέγχου

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου ανεξαρτησίας X^2 για τα πέντε ακόλουθα ερωτήματα τα οποία είναι ορισμένα από τα ερωτήματα επέκτασης της θεωρίας και απαιτούν κριτική σκέψη για την εξαγωγή ορθού συμπεράσματος:

Ερώτημα 9 Pre E9 X^2=8,692, Sig=0,003 και Post E9 X^2=5,421, Sig =0,020

Ερώτημα 14 Pre E14 X^2= 6,050, Sig =0,014 και Post E14 X^2=4,124, Sig =0,042

Ερώτημα 15 Pre E15 X^2= 5,593, Sig =0,018 και Post E15 X^2=8,636, Sig =0,003

Ερώτημα 17 Pre E17 X^2= 7,482, Sig =0,006 και Post E17 X^2=11,362, Sig =<0,001

Ερώτημα 20 Pre E20 X^2= 9,820, Sig =0,002 και Post E20 X^2=7,250, Sig =0,007

Πίνακας 7.1. Πίνακας σχετικών συχνοτήτων σωστής επιλογής των ερωτημάτων που παρατηρείται συσχέτιση του φύλου των μαθητών/-τριών και της επίδοσης τους.

Σχετική συχνότητα σωστής επιλογής f(%)						
Αγόρια				**Κορίτσια**		
Pre		**Post**	**Διαφορά**	**Pre**	**Post**	**Διαφορά**
E9	34,2	64,8	30,6	66,7	86,7	20
E14	60,6	77,8	17,3	84,5	93,3	8,8
E15	23,1	68,4	45,3	48,9	93,3	44,4
E17	28,9	50	21,1	59,1	84,4	25,3
E20	23,6	57,9	34,3	57,8	85,4	27,6

Για τα συγκεκριμένα ερωτήματα θα μπορούσαμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση (H_0) και να αποδεχθούμε τη συσχέτιση των μεταβλητών του φύλου και της επίδοσης προελέγχου και μεταελέγχου σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.1, η σχετική συχνότητα της σωστής απάντησης και στον προέλεγχο και στον μεταέλεγχο είναι μεγαλύτερη για τα κορίτσια σε σχέση με τα αγόρια. Αυτό το εύρημα συμφωνεί με τα ευρήματα της Kahle (1993), σύμφωνα με τα οποία όταν υιοθετούνται διδακτικές προσεγγίσεις οι οποίες περιλαμβάνουν εργαστήρια ανακάλυψης και συνεργατική

μάθηση, τα κορίτσια σημειώνουν υψηλότερες επιδόσεις συγκριτικά με τα αγόρια. Επίσης, συμφωνεί με τα ευρήματα των Wong (2010) και Nasr (2011), σύμφωνα με τα οποία τα αγόρια παρουσιάζουν μία τάση προς τις Φυσικές επιστήμες, ενώ τα κορίτσια προς τις βιοεπιστήμες.

Για τα υπόλοιπα δεκατρία ερωτήματα ελέγχου του γνωστικού μέρους του προελέγχου και μεταελέγχου, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση (H_0), σύμφωνα με την οποία δεν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ του φύλου των μαθητών/-τριών και της επίδοσης τους και αποδεχόμαστε την ανεξαρτησία αυτών των δύο μεταβλητών. Το εύρημα αυτό είναι σύμφωνο με τα ευρήματα των ερευνών όπου δεν τεκμηριώνεται κάποια σημαντική διαφορά στην επίδραση του φύλου στην επίδοση της βιολογίας και της βιοχημείας των θεματικών περιοχών που μελετήθηκαν με τη χρήση υπολογιστή, όπως των Barnea και Dori (1999), Bilesanmi-Awoderu (2020) και Ihejiamaizu et al., (2020). Επίσης, είναι σύμφωνο με το εύρημα ότι η βιολογία είναι το ίδιο δημοφιλής μεταξύ των αγοριών και των κοριτσιών της ΔΕ, της έρευνας των Mavrikaki et al. (2008), η οποία αποτυπώνει τις απόψεις 368 μαθητών/-τριών της ΔΕ της Ελλάδας. Σύμφωνα με αυτήν την έρευνα στην εκμάθηση της Βιολογίας το φύλο δε φαίνεται να έχει κάποια επίδραση στη δυσκολία της κατανόησης του μαθήματος που αντιλαμβάνονται οι μαθητές/-τριες, το ενδιαφέρον τους και το κίνητρο που είναι οι παράγοντες που διαμορφώνουν την άποψη των μαθητών/-τριών για τα επιστημονικά αντικείμενα. Σύμφωνα με τους Mavrikaki et al. (2008), το εύρημα αυτό διαφέρει από αυτά των ερευνών που καταδεικνύουν μια μεγαλύτερη τάση προς τις επιστήμες για τα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια, αλλά και από αποτελέσματα μελέτης του ΟΟΣΑ (2007), η οποία κατέδειξε γενικώς υψηλότερο κίνητρο των αγοριών για ενασχόληση με τις επιστήμες σε σχέση με τα κορίτσια.

Η μελέτη PISA (2015), του ΟΟΣΑ κατέδειξε για την Ελλάδα υψηλότερη μέση τιμή βαθμολογίας στην επίδοση των κοριτσιών σε σχέση με αυτή των αγοριών, όμως η διαφορά που παρατηρήθηκε δεν είναι στατιστικά σημαντική. Επίσης, εντοπίσθηκε υψηλότερο κίνητρο των αγοριών για την Ελλάδα και τις υπόλοιπες χώρες του ΟΟΣΑ να ασχοληθούν με τις ΕτΦ, καθώς τα αγόρια διαβλέπουν την προοπτική αξιοποίησης αυτών των επιστημών στην επαγγελματική τους σταδιοδρομία (ΙΕΠ, 2017). Συμπερασματικά, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την επίδραση του φύλου στην εκμάθηση της Βιολογίας καθώς τα ευρήματα των ερευνών είναι αντικρουόμενα (Bilesanmi-Awoderu, 2020).

Β) Συσχέτιση συνεργασίας στην ομάδα και επίδοσης προελέγχου-μεταελέγχου

Ο στατιστικός έλεγχος ανεξαρτησίας X^2 μόνο για ένα ερώτημα

Ερώτημα Ε14 *Pre* X^2*=50,489* και *Sig =0,004 <0,05* *Post* X^2=53,307 και *Sig =0,002 <0,05* δηλώνει συσχέτιση. Η απάντηση του ερωτήματος αυτού που αναφέρεται στην αξία της ιατρικής πράξης του εμβολιασμού θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα του συγκερασμού των απόψεων των μελών της ομάδας το οποίο κατέγραψε η έρευνα.

Για τα υπόλοιπα δεκαεπτά ερωτήματα όμως, αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση (H_0) σύμφωνα με την οποία η συνεργασία των μαθητών/-τριών της έρευνας στην ομάδα δε συσχετίζεται με την επίδοση

στη συγκεκριμένη περίπτωση, σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι δεν υπήρξε διαφοροποίηση στη συνεργασία τους στις ομάδες. Όπως δηλώνει και η άποψη των ίδιων η συνεργασία τους ήταν ισόμετρη (*Mean=2,7 St.dev=0,58*) και αποτελεσματική (*Mean=4,02 και St.dev=1,01*). Οι μαθητές/-τριες συνεργάσθηκαν χωρίς προβλήματα επικοινωνίας για την ολοκλήρωση των εργασιών τους και οι «αδύνατοι» μαθητές συμμετείχαν με αρκετό ενδιαφέρον. Η παροχή του ενδιαφέροντος μαθησιακού περιβάλλοντος ενθάρρυνε την καλύτερη συνεργασία (Dall' Alba et al., 2016).

Οι μαθητές/-τριες παρατήρησαν, κατέγραψαν τα δεδομένα τους, έκαναν συγκρίσεις, συζήτησαν στην ομάδα τους και αντάλλαξαν απόψεις για να καταλήξουν στην επιστημονικά ορθή απάντηση και να αποδεχθούν ή να απορρίψουν την αρχική τους υπόθεση (Παπαναστασίου, 2011). Με τη διατύπωση υποθέσεων και τον έλεγχο τους μέσω παρατηρήσεων οι μαθητές/-τριες συνειδητοποίησαν τις εσφαλμένες αρχικές τους ιδέες και ανακάλυψαν νέες σχέσεις μεταξύ των επιστημονικών εννοιών (Pedaste et al., 2015). Χρησιμοποιώντας το λογισμικό με το οποίο είχαν προηγουμένως εξοικειωθεί ήταν σε θέση να συσχετίσουν τις νέες εμπειρίες με τις προγενέστερες και να οδηγηθούν στην οικοδόμηση της νέας γνώσης (Sen & Oskay, 2017).

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε πως η μεταβλητή της συνεργασίας έχει ορισθεί απλώς ως συμμετοχή του κάθε ατόμου σε μία συγκεκριμένη ομάδα. Ανεξαρτήτως της ικανοποίησης των μαθητών/-τριων από τη συμβολή τους στην ομάδα, η ενσωμάτωση ορισμένων τεχνικών στήριξης της συνεργατικότητας κατά την υλοποίηση των δραστηριοτήτων, όπως οι τεχνικές της παράφρασης, της διαδοχικής ή ελάχιστης ουσιαστικής συμμετοχής, της κατανομής ρόλων και των συνεργατικών παιχνιδιών (Ματσαγγούρας, 2004), πιθανόν να οδηγούσε σε μία θετική συσχέτιση της συνεργατικότητας και της επίδοσης των μαθητών/-τριών.

3. Ως προς το τρίτο ερευνητικό ερώτημα που αφορά στην άποψη των μαθητών/-τριών:

Α. για τον τρόπο ενημέρωσης τους σχετικά με την εξέλιξη της πανδημίας Covid-19

Με βάση τα αποτελέσματα προκύπτει ότι την πρώτη θέση στην προτίμηση των μαθητών/-τριών (ηλικίας 16-17 ετών) για την ενημέρωση τους κατέχει το κοινωνικό τους περιβάλλον. Το εύρημα αυτό είναι σύμφωνο με αυτό της έρευνας «*The Modern News Consumer*», (2016) του «*Pew Research Center*» της Αμερικής, η οποία επιβεβαιώνει τη σημασία που έχει το κοινωνικό περιβάλλον για την ενημέρωση, καθώς το 69% των ερωτώμενων από διάφορες ηλικιακές ομάδες ενηλίκων, οι οποίοι παρακολουθούν λιγότερο την ειδησεογραφία μεταξύ των οποίων και οι νεότεροι ενήλικες, δήλωσε πως είναι πολύ σημαντικός τρόπος για να λαμβάνει ειδήσεις (https://www.pewresearch.org/journalism/2016/07/07/pathways-to-news/).

Τη δεύτερη θέση κατέχουν τα ΜΜΕ (τηλεόραση και ραδιόφωνο) και ακολουθούν οι πλατφόρμες κοινωνικών δικτύων. Παρατηρούμε μια προτίμηση των μαθητών/-τριών, των ΜΜΕ για την ενημέρωση τους σχετικά με την πανδημία έναντι των κοινωνικών δικτύων. Το εύρημα αυτό είναι σύμφωνο με αυτό της διαδικτυακής έρευνας της κοινής γνώμης «*Ενημέρωση και πανδημία του COVID19: Δημόσια*

επικοινωνία, ενημέρωση και εμπιστοσύνη κατά τη διάρκεια κρίσεων» που διενεργήθηκε σε δείγμα 1.300 ατόμων από το «*Εργαστήριο Διεθνούς και Ειρηνευτικής Δημοσιογραφίας*» του Τμήματος Δημοσιογραφίας και ΜΜΕ του ΑΠΘ (2020) και παρουσιάστηκε από το Αθηναϊκό και Μακεδονικό Πρακτορείο Ειδήσεων. Η έρευνα αυτή κατέδειξε μια στροφή των πολιτών από το διαδίκτυο στα παραδοσιακά ΜΜΕ για την ενημέρωση τους σχετικά με την εξέλιξη της πανδημίας Covid-19. Το 41% των ερωτώμενων δήλωσε πως έχει αλλάξει τρόπο ενημέρωσης και αναζητεί εξειδικευμένη πληροφόρηση στα παραδοσιακά ΜΜΕ με χαρακτηριστικό παράδειγμα την τηλεόραση, αν και διατηρούν επιφυλάξεις για την αξιοπιστία της.

Το 34,9% των μαθητών/-τριών δεν ενημερώνεται καθόλου από τους επίσημους φορείς σχετικά με την πανδημία και επίσης 34,9% δε χρησιμοποιεί καθόλου τις έντυπες και ηλεκτρονικές εφημερίδες. Οι δύο αυτές πηγές βρίσκονται στις τελευταίες θέσεις της προτίμησης των μαθητών/-τριών της έρευνας. Το εύρημα της δυσκολίας που αντιμετωπίζει ο Τύπος στην εποχή του διαδικτύου επιβεβαιώνεται και από αυτό της έρευνας του ΑΠΘ που προαναφέρθηκε, σύμφωνα με το οποίο το 40% των ερωτώμενων δε διαβάζουν έντυπες εφημερίδες.

Τα ευρήματα αυτά διαφέρουν εν μέρει από αυτά της δημοσκοπικής έρευνας της «*Metron Analysis*» που διενεργήθηκε για την αστική, μη κερδοσκοπική εταιρεία «δ*ιαΝΕΟσις*» με θέμα «*Πώς ζουν οι Έλληνες στην πανδημία;*» (2020), σε δείγμα 1.250 ατόμων, ηλικιών (17-24 ετών) πανελλαδικώς και η οποία κατέγραψε στις πρώτες τρεις θέσεις τις ίδιες πηγές αλλά με διαφορετική σειρά προτίμησης, δηλαδή τα κοινωνικά δίκτυα ως πρώτη επιλογή (40,1%), την τηλεόραση ως δεύτερη (29,6 %) και το κοινωνικό περιβάλλον (οικογένεια, φίλοι) ως τρίτη με 12%. Ο Τύπος με μηδενικό ποσοστό και οι προσωπικοί γιατροί (5,8%) κατείχαν τις τελευταίες θέσεις ενημέρωσης (www.dianeosis.org). Η διαφορά αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι ερωτώμενοι της δημοσκόπησης είναι νεαροί ενήλικες με μεγαλύτερη αυτονομία στην ενημέρωση τους σε σχέση με τους μαθητές/-τριες της παρούσας έρευνας και πιο αναπτυγμένο κριτήριο στην αξιολόγηση των πληροφοριών που λαμβάνουν και παρακολουθούν σε μεγαλύτερο βαθμό την ειδησεογραφία.

Β. για το μάθημα της Βιολογίας

Σύμφωνα με τη μέση τιμή των βαθμολογιών των απαντήσεων, οι μαθητές/-τριες:

Α) Το 33,7% δεν αντιμετωπίζει δυσκολίες κατανόησης. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με αυτό της έρευνας των Mavrikaki et al. (2008), σύμφωνα με το οποίο ενώ περίπου 1 στους 2 μαθητές/-τριες Β' Γυμνασίου θεώρησαν τη Βιολογία εύκολη, στη Γ' Λυκείου 1 στους 3 είχαν αυτήν την άποψη. Καθώς οι μαθητές/-τριες μεταβαίνουν σε μεγαλύτερες τάξεις διαμορφώνουν την άποψη για μεγαλύτερη δυσκολία κατανόησης μαθήματος (Mavrikaki et al., 2008). Παρά τις αλλαγές του σπειροειδούς ΑΠΣ, παρατηρούμε τη διατήρηση αυτού του ποσοστού έως σήμερα, καθώς εξακολουθούν να υφίστανται παράγοντες που καθορίζουν τη διαμόρφωση του και χαρακτηρίζουν την ελληνική ΔΕ, όπως η κάλυψη μιας ευρείας διδακτικής ύλης σε αυστηρά καθορισμένα χρονικά όρια που δεν αφήνει περιθώρια στους εκπαιδευτικούς να αποφύγουν το

δασκαλοκεντρικό μοντέλο διδασκαλίας και η πιεστική προετοιμασία των μαθητών/-τριών για την εισαγωγή τους στην ΤΕ (Mavrikaki et al., 2008).

Β) το 65% θεωρούν το μάθημα πολύ ενδιαφέρον, όμως υπάρχει ένα 16,8% που δεν ενδιαφέρεται καθόλου. Το εύρημα αυτό παρουσιάζει μια πιο θετική άποψη των μαθητών/-τριών απέναντι στο μάθημα της Βιολογίας σε σύγκριση με το εύρημα της ουδέτερης άποψης των μαθητών/-τριών της έρευνας των Mavrikaki et al.(2008), με ποσοστό αδιαφορίας 26,4%. Η διαφορά αυτή θα μπορούσε να αποδοθεί στο γεγονός ότι το δείγμα της παρούσας έρευνας είναι μικρότερο. Μία πιθανή εξήγηση αυτής της διαφοράς θα μπορούσε να αποτελεί το γεγονός πως η διδασκαλία της Βιολογίας στη ΔΕ δεν είναι πλέον το ίδιο αποσπασματική, καθώς τα τελευταία χρόνια το αντικείμενο διδάσκεται σε όλες τις τάξεις Γυμνασίου και Λυκείου, αν και στο Γυμνάσιο προβλέπεται για τη διδασκαλία μόνο μία ώρα εβδομαδιαίως. Η εισαγωγή του αντικειμένου της Βιολογίας της Α' Λυκείου (2011) και η αναθεώρηση της διδασκόμενης ύλης στη Β' Λυκείου με τη σύνδεση των αντικειμένων με την καθημερινή ζωή πιθανόν να συνέβαλαν σε βελτίωση της άποψης των μαθητών/-τριών. Η απουσία ενδιαφέροντος εξακολουθεί να υφίσταται και το εύρημα αυτό υπογραμμίζει το σημαντικό ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει ο εκπαιδευτικός στην ανάπτυξη του ενδιαφέροντος των μαθητών/-τριών μέσω της διαμόρφωσης κατάλληλων περιβαλλόντων μάθησης, με ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες και ενεργητική συμμετοχή για όλους (Mavrikaki et al., 2008).

Γ) θεωρούν το μάθημα πολύ χρήσιμο για τη ζωή τους, όμως υπάρχει ένα 9,6% που το θεωρεί μικρής ή καμίας χρησιμότητας. Επίσης, η άποψη αυτή εμφανίζεται βελτιωμένη σε σχέση με αυτή της μέτριας χρησιμότητας του δείγματος της έρευνας των Mavrikaki et al. (2008). Φαίνεται πως οι αλλαγές που προαναφέρθηκαν στην αύξηση του ενδιαφέροντος σχετικά με τη διδασκαλία της Βιολογίας στο Λύκειο συνέβαλαν στη διαμόρφωση μιας πιο θετικής άποψης σχετικά με τη χρησιμότητα του αντικειμένου. Όμως το εύρημα της άποψης μη χρησιμότητας του μαθήματος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη εκ μέρους των εκπαιδευτικών για την προσεκτική επιλογή του πλαισίου κατά το σχεδιασμό των διδασκαλιών τους, για τη βελτίωση της μαθησιακής αποτελεσματικότητας.

Ως προς την άποψη των μαθητών/-τριών για τη διερευνητική διδακτική παρέμβαση με τη χρήση του εργαλείου iCn3D

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των μαθητών/-τριών για το 89% δεν υπήρχε προηγούμενη εμπειρία στη χρήση εργαλείων Βιοπληροφορικής στη διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας.

Α) Παρότι ήταν η πρώτη φορά που έκαναν χρήση τέτοιου εργαλείου μέσω της δραστηριότητας εξοικείωσης (δραστηριότητα 1) απέκτησαν άνεση στο χειρισμό του και δε συνάντησαν δυσκολίες στη χρήση του. Σύμφωνα με τους Stasinakis et al. (2008) και Stasinakis και Nikolaou (2017), το Cn3D είναι ένα εύχρηστο εργαλείο με το οποίο οι μαθητές/-τριες εξοικειώνονται γρήγορα.

Β) Το 93% δήλωσε ικανοποιημένο ως προς την επάρκεια των οδηγιών που τους δόθηκαν και αυτό μπορεί να δικαιολογήσει το γεγονός ότι δεν υπήρξαν δυσκολίες ως προς την εκτέλεση των δραστηριοτήτων.

Γ) Το 69,9% θεώρησε τη διδακτική παρέμβαση ενδιαφέρουσα και το 22,9% διασκεδαστική, ενώ δεν υπήρξε κάποιος/-α που να τη θεώρησε βαρετή. Αυτό συσχετίζεται με την αυξημένη ενεργό συμμετοχή όλων των μαθητών/-τριών. Παρατηρήθηκε ότι μαθητές/-τριες που δεν συμμετείχαν σε μεγάλο βαθμό στην τάξη κατά τις συμβατικές διδασκαλίες, εκδήλωσαν έντονο ενδιαφέρον και συμμετείχαν με ενθουσιασμό. Συνολικά, η άποψη των μαθητών/-τριών για τη διδακτική παρέμβαση ήταν θετική.

Ως προς την άποψη των μαθητών/-τριών για τη χρήση του εργαλείου iCn3D ως διδακτικό εργαλείο

Οι μαθητές/-τριες θεωρούν ότι το λογισμικό iCn3D:

Α) τους βοήθησε πολύ στην κατανόηση των εννοιών της σχετικής θεωρίας (*Mean = 3,83 St.d = 0,92*) και αυτό το εύρημα συμφωνεί με τη διαφορά στην εννοιολογική κατανόηση που προέκυψε από τον στατιστικό έλεγχο του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος.

Β) είναι μέτρια έως πολύ ελκυστικό (*Mean = 3,49 St.d = 0,89*) και επιθυμούν πολύ να διδαχθούν και άλλες ενότητες του μαθήματος με τη χρήση του (*Mean = 4,06 St.d = 0,89*) και αυτό συμφωνεί με τη θετική άποψη για τη διδακτική παρέμβαση του προηγούμενου ερευνητικού ερωτήματος.

Γ) η χρήση του συνέβαλε να αποκτήσουν πιο θετική γνώμη για το μάθημα της Βιολογίας. Η αύξηση της θετικής γνώμης απέναντι στο μάθημα της Βιολογίας μπορεί να εξηγηθεί από την αύξηση της προσέλκυσης του ενδιαφέροντος εξαιτίας της διάδρασης που παρέχεται μέσω του λογισμικού στη διευρευνητική μέθοδο που εφαρμόσθηκε κατά τη διδακτική παρέμβαση. Το εύρημα αυτό είναι σύμφωνο με τα ευρήματα την έρευνας του Ajewole (1991), σύμφωνα με την οποία η διερευνητική μέθοδος μπορεί να επιτρέψει στους μαθητές/-τριες να επιδείξουν μια πιο ευνοϊκή στάση απέναντι στην επίλυση προβλημάτων καθώς δεν πλήττουν και παύουν να είναι παθητικοί ακροατές. Επίσης, σύμφωνα με τον Wong (2010), όταν είναι μειωμένη η θετική στάση απέναντι στο μάθημα οφείλεται στην έλλειψη δραστηριοτήτων και σύμφωνα με τους Beauchamp και Parcinson (2008), η μη καλή επίδοση στα μαθήματα των ΕτΦ οφείλεται στην έλλειψη κατάλληλων διδακτικών πρακτικών και τεχνολογικών μέσων. Η μελέτη PISA (2015) του ΟΟΣΑ, έδειξε για την Ελλάδα πως το ενδιαφέρον των μαθητών/-τριών και η ευχαρίστηση κατά την ενασχόληση τους με τις ΕτΦ, τους ωθούν να σημειώσουν υψηλότερες επιδόσεις (ΙΕΠ, 2017). Επίσης, σύμφωνα με τους Dall' Alba et al. (2016), τα εργαλεία βιοπληροφορικής μέσω της διδακτικής μεταφοράς συμβάλλουν να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ επιστημονικής και σχολικής γνώσης καθώς η αναζήτηση διευκρινιστικών πληροφοριών προσεγγίζεται καλύτερα και η βαθύτερη διερεύνηση οδηγεί σε βελτιωμένη εννοιολογική κατανόηση.

Συμπεράσματα - Προεκτάσεις

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών που καταδεικνύουν τη θετική επίδραση της μοριακής οπτικοποίησης στην αποσαφήνιση και κατανόηση των εννοιών των βιολογικών δομών και των αλληλεπιδράσεων τους, την ανάπτυξη κριτικής σκέψης μέσω της διερεύνησης και την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων στην επίλυση των προβλημάτων, με αποτέλεσμα τη βελτίωση των επιδόσεων. Επίσης, η παρούσα έρευνα επεκτείνει τη γνώση μας σχετικά με την αξιοποίηση των λογισμικών μοριακής οπτικοποίησης στη διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας στη Β΄ Λυκείου καθώς τα ευρήματα της δηλώνουν θετική επίδραση στη μαθησιακή αποτελεσματικότητα στις θεματικές περιοχές της δομής των γλυκοπρωτεϊνών των ιών και των αλληλεπιδράσεων τους με τους κυτταρικούς υποδοχείς, τη δομή και τη λειτουργία των αντισωμάτων, την επίδραση των μεταλλάξεων στη δημιουργία νέων στελεχών και τη γενετική ποικιλομορφία των κυτταρικών υποδοχέων των ξενιστών. Η σημαντική βελτίωση της μέσης επίδοσης των μαθητών/-τριών της Β’ Λυκείου οι οποίοι έχουν επικεντρωθεί στην προετοιμασία τους για την εισαγωγή τους στην ΤΕ, σε όλα τα θέματα που εξετάστηκαν με την παρούσα έρευνα και η θετική τους άποψη για τη διδακτική παρέμβαση και τη χρήση του λογισμικού, μας ενθαρρύνει για ανάλογες προσπάθειες, ώστε με το σχεδιασμό διδακτικών προσεγγίσεων εμπλουτισμένων με εύχρηστα και αποτελεσματικά εργαλεία όπως το iCn3D, να επιτύχουμε σε ένα ευχάριστο και εποικοδομητικό περιβάλλον, την προσέλκυση του ενδιαφέροντος, την ορατότητα των αόρατων μοριακών δομών, τη διάδραση με τα μοριακά μοντέλα, την αύξηση της ενεργού συμμετοχής, τη σύνδεση με την καθημερινή ζωή, την ανανέωση του ενδιαφέροντος για το μάθημα και τελικά τη βελτίωση της μαθησιακής αποτελεσματικότητας. Σε αυτό συνηγορούν και τα σχόλια των μαθητών/-τριών για τη διδακτική παρέμβαση όπως «*Είχαμε τη δυνατότητα να κατανοήσουμε τον ιό*», «*μια εξερεύνηση στον κόσμο της βιολογίας που σε γεμίζει γνώση*», «*η καλύτερη εμπειρία της ζωής μου*». Επομένως, τα παραπάνω ευρήματα θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση της διδασκαλίας της Βιολογίας της Β’ Λυκείου στην εκπαιδευτική πράξη. Η εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης από τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο, θα μπορούσε να συμβάλλει στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Επίσης, τα παραπάνω ευρήματα ενισχύουν την άποψη για ένταξη των αυθεντικών εργαλείων της Βιοπληροφορικής στο ΑΠΣ του Λυκείου και την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για κατάλληλη χρήση αυτών στη διδασκαλία τους (Machluf & Yarden, 2013· Martins et al., 2020).

Ως προς την επίδραση του φύλου των μαθητών/-τριών ή της συνεργασίας στην ομάδα στην επίδοση των θεματικών περιοχών που μελετήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού, δεν τεκμηριώνεται κάποια σημαντική διαφορά και αυτό αποτελεί ένα θέμα για περαιτέρω έρευνα. Ως προς τον τρόπο ενημέρωσης των μαθητών/-τριών για την πανδημία οι εκπαιδευτικοί θα μπορούσαν να λάβουν υπόψη τους το εύρημα ότι δεν επιλέγουν τους επίσημους επιστημονικούς φορείς και να σχεδιάσουν ενημερωτικά προγράμματα σχολικών δράσεων εντάσσοντας τους αντίστοιχους επιστημονικούς φορείς.

Για τη διαμόρφωση πιο θετικών απόψεων των μαθητών/-τριών για το μάθημα της Βιολογίας ως προς τη δυσκολία κατανόησης, το προκαλούμενο ενδιαφέρον και τη χρησιμότητα του, τα ΑΠΣ θα πρέπει κατά τον επανασχεδιασμό τους να περιορίσουν τη χρονική πίεση κάλυψης της μεγάλης ποσότητας διδακτέας ύλης, την επανάληψη θεματικών ενοτήτων του σπειροειδούς προγράμματος σπουδών και να ενσωματώσουν προτεινόμενες διδακτικές ενέργειες μαθητοκεντρικών προσεγγίσεων, σε σύνδεση με την καθημερινή ζωή.

Περιορισμοί εφαρμογής διδακτικής παρέμβασης

- Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ως προαπαιτούμενο στις τεχνικές προδιαγραφές για τη γρήγορη απόδοση του λογισμικού και την ανάπτυξη των μοριακών δομών η χρήση περιηγητή που υποστηρίζει τεχνολογία WebGL .
- Θα πρέπει να έχει προηγηθεί η διδασκαλία της ενότητας «*Πρωτεΐνες*» από το σχολικό εγχειρίδιο Καψάλης κ. συν., (2010) το οποίο κατά το σχολικό έτος 2021-2022 μεταφέρθηκε στη Γ΄ Λυκείου και η γνώση αυτή είναι προαπαιτούμενη.
- Θα πρέπει να γίνει προσαρμογή του σχολικού προγράμματος για την εφαρμογή του τετράωρου εργαστηρίου και καλή διαχείριση χρόνου για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων. Εναλλακτικά, από παιδαγωγικής απόψεως, προτείνεται η διδασκαλία των δραστηριοτήτων τμηματικά, καθεμία ξεχωριστά ή ανά δύο μετά την διδασκαλία της αντίστοιχης θεωρητικής ενότητας, ώστε να υπάρχει μεγαλύτερο χρονικό περιθώριο ενίσχυσης της συνεργατικότητας και συζήτησης των αποριών των μαθητών/-τριών.

Περιορισμοί της έρευνας -Προτάσεις

Η παρούσα έρευνα διεξήχθη στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών και αυτό είχε ως επακόλουθο έναν χρονικό περιορισμό ο οποίος επηρέασε και την επιλογή του δείγματος. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ένα Γενικό Λύκειο των νοτίων προαστίων της Αθήνας και το δείγμα αποτέλεσαν 83 μαθητές/-τριες της Β΄ Λυκείου. Ο περιορισμός της έρευνας είναι ότι το μικρό μέγεθος του δείγματος και η μη τυχαιότητα του, δεν επιτρέπουν τη γενίκευση των ευρημάτων στον ευρύτερο πληθυσμό των μαθητών της Β΄ Γενικού Λυκείου της επικράτειας (Cohen et al., 2008). Για να επιτευχθεί η παραπάνω γενίκευση των αποτελεσμάτων απαιτείται διενέργεια έρευνας σε ένα μεγαλύτερο δείγμα από διάφορες περιοχές της χώρας.

Μια επιπλέον πρόταση αποτελεί και η διεξαγωγή έρευνας με πειραματικό σχεδιασμό που θα χρησιμοποιήσει ομάδα ελέγχου και πειραματική, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε συμπεράσματα που θα εμπλούτιζαν την ερευνητική βιβλιογραφία της εκπαιδευτικής έρευνας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ξενόγλωσσες

Aikens, M. (2020). Meeting the Needs of a Changing Landscape: Advances and Challenges in Undergraduate Biology Education. *Bulletin of Mathematical Biology*: 82, (5), 60. https://link.springer.com/article/10.1007/s11538-020-00739-6

Aiyedun, T.G. (2020). Effect of Animation Teaching Strategy on Secondary School Students' Achievement, Retention and Interest in Climate Change in Lokoja, Kogi State. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*:4, (3), 944-949. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3927804

Ajewole, G. (1991). Effects of Discovery and Expository Instructionat Methods on the Attitude of Students to Biology. *Journal of Research in Science Teaching :* 28, (5), 401-409. https://doi.org/10.1002/tea.3660280504

Antonoglou, L., Charistow, N., & Sigalas, M. (2011). Design, development and implementation of a technology enhanced hybrid course on molecular symmetry: Students' outcomes and attitudes *Chem. Educ. Res. Pract*: 12, 454-468. https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/rp/c0rp90013c

Attwood, T. K., Gisel, A., Eriksson, N. E., & Bongcam - Rudloff, E. (2011). Concepts, Historical Milestones and the Central Place of Bioinformatics in Modern Biology: A European Perspective. *In Mahmood M. Bioinformatics - Trends and Methodologies* https://www.intechopen.com/chapters/22487

Bagkos, P. (2015*). Δομική Βιοπληροφορική*. [Chapter]. In Bagkos, P. 2015 .Βιοπληροφορική. Kallipos, Open Academic Editions. Chapter 9. http://hdl.handle.net/11419/5025

Barnea, N., & Dori, Y.J. (1999). High-School Chemistry Students' Performance and Gender Differences in a Computerized Molecular Modeling Learning Environment. *Journal of Science Education and Technology*: 8, 257–271. https://doi.org/10.1023/A:1009436509753

Barrow, L. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*: 17, (3), 265-278. https://search.iczhiku.com/paper/92mnBRwfwQveXe5U.pdf

Beauchamp & Parcinson, (2008). Pupils' attitudes towards school science as they transfer from an ITC-rich primary school to a secondary school with fewer ITC resources. Does ITC matter? https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-007-9053-5

Bilesanmi-Awoderu, J. (2020). Effect of Computer-assisted Instruction and Simulation/ Games /on the academic Achievement of Secondary School Students in Biology. *Sokoto Educational Review*: 8,(1), 49-63. https://doi.org/10.35386/ser.v8i1.417

Biró,K., Molnár, G ., Pap, D, & Szűts, Z.(2017) The Effects of Virtual and Augmented Learning Environments on the Learning Process in Secondary School. *In the 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications.* https://www.researchgate.net/publication/322706216_

Burgess, T.(2001). A general introduction to the design of questionnaires for survey research. *University of Leeds*. https://nats-www.informatik.uni-hamburg.de/pub/User/InterculturalCommunication/top2.pdf

Burgin, S., Oramous, J., Kaminski, M., Stocker, L., & Moradi. M. (2018). High school biology students use of visual molecular dynamics as an authentic tool for learning about modeling as a professional scientific practice. *Biochemistry and Molecular Biology Education :* 46, (3), 230–236. https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bmb.21113

Bryan, C., Guterman, G., Ma, K.L., Lewin, H., Larkin, D., Kim, J., Ma, J., & Farre, M.(2017). Synteny Explorer: An Interactive Visualization Application for Teaching Genome Evolution. *IEEE Trans Vis Comput Graph:* 23, (1), 711-720. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27845661/

Bryman, A. (2012). *Social Research Methods.* 4th Edition. Oxford University Press Inc. ISBN 978-0-19-958805-3. https://www.academia.edu/38228560/Alan_Bryman_Social_Research_Methods_4th_Edition_Oxford_University_Press_2012_pdf

Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCE 5e instructional model: Origins and effectiveness.* A report for Office of Science Education National Institutes of Health. https://fremonths.org/ourpages/auto/2008/5/11/1210522036057/bscs5efullreport2006.pdf

Cai, Y., Teo, Q. C. E.,Cao, Q., Ba, R. A., Taib, S. F. B. M., & Chen, J. (2021). Virtual & Augmented Reality Technology Help Learning of Biology in Secondary Schools. *In: 13th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN21)*, 9752-9756. ISBN 9788409312672. https://eprints.gla.ac.uk/244265/

Canning, R., & Cox, R. (2001). Teaching the structural nature biological molecules. *Molecular Vizualization in the Classroom and in the hands of students Chemistry Education:* Research and Practice in Europe: 2, (2), 109-122. http://www.epitropakisg.gr/grigorise/visualization%20in%20biology.pdf

Cazals, F., & Dreyfus, T. (2017). The structural bioinformatics library: modeling in biomolecular science and beyond. *Bioinformatics*: 33, (7), 997–1004. https://academic.oup.com/bioinformatics/article/33/7/997/2585026

Cepeda, R. R., & Parra, M. J. C. (2021). SarsCoV 2, an experience of biochemistry in context for teaching concepts associated with proteins RED-*Rev. Educ. Distancia*:21, (67), 20. https://pesquisa.bvsalud.org/global-literature-on-novel-coronavirus-2019-ncov/resource/pt/covidwho-1458987

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2008). *Research Methods in Education*. *6thEdition*. https://gtu.ge/Agro-Lib/RESEARCH%20METHOD%20COHEN%20ok.pdf

Cohen, L., & Manion, L. (2000). *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας*. Μεταίχμιο. ISBN-13: 9789603751366. http://12.mysch.gr/texnografia/CohenManion.pdf

Cook, K., Bush, S., & Cox, R. (2015). Creating a Prosthetic Hand: 3D Printers Innovate and Inspire and Maker Movement. *Sci. Child*: 53, 80–86. https://silo.tips/download/the-power-of-3d-printing

Creswell, W. J. (2009). *Research Design, Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*. *3rd Edition*. *Sage: University of Nebraska Lincoln*. https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf

Creswell, W. J. (2016). *Η Έρευνα στην Εκπαίδευση. Σχεδιασμός, Διεξαγωγή και Αξιολόγηση Ποσοτικής και Ποιοτικής Έρευνας.* Β' Έκδοση. (Επιμ. Τσορμπατζούδης, Χ.). Ίων. 2η Ελληνική έκδοση. ISBN 9789605082017. https://eclass.uowm.gr/modules/document/file.php/NURED263/

Dean, D. (2016). Teaching students to see biologically relevant interactions when you can't see them; Protein visualization instruction in the online classroom. *FASEB*: 30, (S1), 666.3. https://faseb.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1096/fasebj.30.1_supplement.666.3

Daina, A., Blatter, M. C., Gerritsen, V. B., Palagi, P. M., Marek, D., Xenarios, I., Schwede, T., Michielin, O., & Zoete, V. (2017). Drug Design Workshop: A Web-Based Educational Tool to Introduce Computer-Aided Drug Design to the General Public. *J. Chem. Educ.*: 94, (3), 335–344. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00596

Dall'Alba, G., Guzzo G. B., & Silva, S. (2016). Science and Education: A Perspective of Didactic Transposition with Bioinformatics Concepts. *International Journal for Infonomics*: 9, (2), 1178-1183. https://infonomics-society.org/wp-content/uploads/iji/published-papers/volume-9-2016/Science-and-Education-A-Perspective-of-Didactic-Transposition-with-Bioinformatics-Concepts.pdf

Damiri, A., Hastomo T, & Sari, Y. A. (2022). Visualization Strategy: An Effective Strategy to Teach Reading to Middle School Students *SELTICS:* 5, (1), 1-8. https://ejournals.umma.ac.id/index.php/seltics/article/view/1233

Delaune, D., Hul, V., Karlsson, E., Hassanin, Ou-Putita, T., Baidaliuk, A., Gambaro, F., Prot, M., Tu Tan, V., Chea, S., Keatts, L., Mazet, J., Johhson, C., Buchy, P., Dusart, P., Goldstein, T., Simon-Lariere, E., & Duong, V (2021). A novel SARS-CoV-2 related coronavirus in bats from Cambodia. *Nature Communications*: 12, 6563, 1-7. https://doi.org/10.1038/s41467-021-26809-4

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*. Ένωση Ελλήνων Φυσικών:Τροχαλία.

Dsilva, L., Mittal, S., Koepnick, B., Flatten, J., Cooper, S., & Horowitz, S.(2019) Creating custom Foldit puzzles for teaching biochemistry . *Biochem Mol Biol Educ:* 47, (2), 133-139. https://doi.org/10.1002/bmb.21208

Dutta, S., & Dries, D. R. (2019). Virtual Exploration of Biomolecular Structure and Function. *Biochemistry Education: From Theory to Practice*: Chapter 2, 21–41. https://doi.org/10.1021/bk-2019-1337.ch002

Edmonds, A., & Kennedy, T.(2017). *An Applied Guide to Research Designs Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. Los Angeles, *SAGE*: 2nd Edition. ISBN 9781483317274. https://oiipdf.com/an-applied-guide-to-research-designs-quantitative-qualitative-and-mixed-methods

Fatikhova, L., & Sayfutdiyarova, E.(2017).Improvement of Methodology of Teaching Natural Science for Students with Intellectual Disabilities by Means of 3D-*Graphics. European Journal of Contemporary Education*: 6, (2), 229-239. https://eric.ed.gov/?id=EJ1146143

Fraenkel, J., Wallen, N., & Hyun, H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education*. 8th Edition. New York: McGraw-Hill Companies. ISBN: 978-0-07-809785-0.

Franke, L., & Haehn, D. (2020). Modern Scientific Visualizations on the Web. *Informatics:* 7, (4), 37. https://www.mdpi.com/2227-9709/7/4/37

Giron, C.C., Laaksonen, A., & Baroso de Silva, L. (2021). Upstate of the SARS-COV-2 Spike Homotrimer Favors an Increased Virulence for New Variants. *Frontiers in Medical Technology*. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8757851/

Gobeil, S., Janowska, K., McDowell, S., Mansouri, K., Parks, R., Stalls, V., Kopp, M., Manne, K., Li, D., Wiene, K., Saunders, K., Edwards, R., Korber, B., Haynes, B., Henderson, R., & Acharya, P.(2021). Effect of natural mutations of SARS-CoV-2 on spike structure, conformation and antigenicity. *Science:* 373 (6555) eabi 6226. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34168071/

Hansen, A., Langdon, T., Mendrin, L., Peters, K. Ramos, J., & Lent, D. (2020). Exploring the Potential of 3D-printing in Biological Education: A Review of the Literature *Integrative and Comparative Biology*: 60 (4), 896–905. https://doi.org/10.1093/icb/icaa100

Heale,R., & Twycross, A. (2015). Validity and reliability in quantitative studies. *Evid Based Nurs:* 18, (3), 66-67. https://ebn.bmj.com/content/18/3/66.short

Hladun, T. S. (2020). The use of ict (information and communication technology) in the study of natural sciences by masters of higher educational institutions. *Journal of Education, Health and Sport:* 10, (11), 382-387. eISSN 2391-8306. https://doi.org/10.12775/JEHS.2020.10.11.038

Horgan, R.P., & Kenny, L.C. (2011). 'Omic' technologies: genomics, transcriptomics, proteomics and metabolomics. *The Obstetrician & Gynaecologist*: 13, 189-195. https://doi.org/10.1576/toag.13.3.189.27672

Ihejiamaizu, C., Etop, E., Bebia, O. (2020). Effect of Practical Drawing as Difficult Concept and Gender Difference on Students' Academic Achievement in Biology Empirics of Calabar Education Zone, Cross River State, Nigeria. *European Journal of Scientific Research:* 158, (2), 69 – 76. https://www.researchgate.net/publication/349662538_Effect_of_Practical_Drawing_as_Difficult_Concept

Jamieson, S. (2004). Likert scales: how to (ab)use them. *Medical Education*. Blackwell https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2004.02012.x

Kahle, J., Parker, L., Rennie, L. & Riley, D. (1993).Gender Differences in Science Education: Building a Model. *Educational Psychologist*: 28, (4), 379-404 https://doi.org/10.1207/s15326985ep28046

Lan, J., Ge, J., Yu, J, Shan, S.,Zhou, H., Fan, S., Zhang, Q., Shi, X., Wang, Q., Zhang, L., & Wang, X. (2020). Structure of the SARS-CoV-2 spike receptor-binding domain bound to the ACE2 receptor. *Nature*: 581, 215–220. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2180-5

Leon, D., Uridil, S. & Miranda, J. (1998). Structural Analysis and Modeling of Proteins on the Web. *Journal of Chemical Education*: 75, 731-734. https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed075p731

Liu, K., Tan, S., Niu, S., Wang, J., Wu, L., Sun, H., Zang, Y., Pan, X., Qu, X., Du, P., Meng, Y., Jia, Y., Chen, Q., Deng, C., Yan, J, & Wang, H.W. (2021). Cross-species recognition of SARS-CoV-2 to bat ACE2. *PNAS*:118, (1), e2020216118 https://doi.org/10.1073/pnas.2020216118

Lucas, K. (2021). The use of 3-D modeling and printing to teach the central dogma of molecular biology *Science Activities:* 58, (2), 70-76. https://doi.org/10.1080/00368121.2021.1918048

Mazumdar, H., & H Shah, S. (2015). Simulation and 3D visualization of complex molecular for study of protein and nano materials. *International Journal of Research in Engineering and Technology*:04, 02, 660-669. https://ijret.org/volumes/2015v04/i02/IJRET20150402092.pdf

Machluf, Y., & Yarden, A.(2013). Integrating bioinformatics into senior high school: design principles and implications. *Briefings in Bioinformatics:* 14, (5), 648–660. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23665511/

Manches, A., & Ainsworth, S (2022). Learning About Viruses: Representing Covid-19. *Frontiers in Education*. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.736744

Martinez - Flores, D., Cervantes – Zepeta, J., Cruz – Resentiz, A., Aguirre – Sampieri, S., Sampieri, A., & Vaca, L. (2021). SARS – CoV - 2 Vaccines Based on the Spike Glycoprotein and Implications of New Viral Variants. *Front. Immunol.* https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.701501

Martins, A., Fonseca M., J., Lemos, M. , Lencastre, L., & Tavares, F. (2020). Bioinformatics-Based Activities in High School: Fostering Students' Literacy, Interest, and Attitudes on Gene Regulation, Genomics, and Evolution. *Front. Immunol*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.578099

Mavrikaki, E., Koumparou, H., Kyriakoudi, M., Papacharalampous, I. & Trimandili, M. (2008). Greek Secondary School Students' Views about Biology. *International Journal of Environmental & Science Education*. 7, (2), 217-232. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ990517.pdf

Mons, C., Neylon, J., Velterop, M., Dumontier, L., Olavo Bonino da Silva, S., & Mark, D. (2017). Press Cloudy, increasingly FAIR; revisiting the FAIR Data guiding principles for the European Open Science Cloud. *Information Services & Use*:37, (1), 49–56. https://content.iospress.com/articles/information-services-and-use/isu824

Munn, P., & Dreyer, E. (1990). Using Questionnaires in Smal l- Scale Research. *A Teachers ' Guide*. *Scottish Council for Research in Education*. ISBN-0-947833-30-7. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED326488.pdf

Nasr A. (2011). Attitude towards Biology and Its Effects on Student's Achievement *International Journal of Biology:* 3,(4),100-104. https://www.ccsenet.org/journal/index.php/ijb/article/view/12442

Oliveira, E. M., Stollar H. L., & Moraes, K. C (2009). Making the Teaching of Sciences (Cell Biology) More Dynamic and Effective through Practical Activities. *XIII Meeting of the Latin American Scientific Initiation IX Latin American Meeting and Postgraduate*, University of Vale Paraíba.

Oliveira, M. L., & Galembeck, E. (2016). Mobile applications in cell Biology present new approaches for cell modelling. *Journal of Biological Education*: 50, (3), 290 – 303. https://doi.org/10.1080/00219266.2015.1085428

Olson, A. (2018). Perspectives on structural molecular biology visualization: from past to present. *J Mol Biol*: 430, (21), 3997-4012. https://doi.org/10.1016/j.jmb.2018.07.009

Paraskevas, M. (2015). Education in the Information Society [Chapter]. *In Paraskevas, M., Asimakopoulos, G., & Triantafyllou, V. 2015. Information Society* .Kallipos, Open Academic Editions. chapter 6. http://hdl.handle.net/11419/411

Paxinou, E., Panagiotakopoulos, C., Karatrantou, A., Kalles, D., & Sgourou, A. (2020). Implementation and Evaluation of a Three Dimensional Virtual Reality Biology Lab versus Conventional Didactic Practices in Lab Experimenting with the Photonic Microscope. *International Union of Biochemistry and Molecular Biology*: 48, (1), 21–27. https://doi.org/10.1002/bmb.21307

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L., de Jong, , van Riesen, S. Kamp E, Manoli, C Zacharia, Z., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review:* 14, 47–61. https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-01206700/document

Peterson C, Tavana S, Akinleye, O., Johnson, W., & Berkmen, M, (2019). An Idea to Explore: Use of Augmented Reality for Teaching Three-Dimensional. *Biomolecular Structures Biochemistry and Molecular Biology Education*: 48, (3), 276-282 https://doi.org/10.1002/bmb.21341

Porter, S., Day, J., McCarty, R., Shearn, A., Shingles, R., Fletcher, L., Murphy, S., & Pearlman, R. (2007). Exploring DNA Structure with Cn3D. *CBE—Life Sciences Education:* 6, 65–73. https://www.lifescied.org/doi/pdf/10.1187/cbe.06-03-0155

Ray,S., & Srivastava,S. (2020). Virtualization of science education: a lesson from the COVID-19 pandemic. *J Proteins Proteom*:11, (2), 77-80. https://doi.org/10.1007/s42485-020-00038-7

Reiss, M. (2018). Biology education: The value of taking student concerns seriously. *Educ. Sci:* 8, (3), 130. https://doi.org/10.3390/educsci8030130

Safadel, P., & White, D. (2019). Facilitating Molecular Biology Teaching by Using Augmented Reality (AR) and Protein Data Bank (PDB) *TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning*: 63, (2), 188-193 https://eric.ed.gov/?id=EJ1208128

Scudellari, M. (2020).The sprint to solve coronavirus protein structures — and disarm them with drugs. *Nature:* 581, 252–255 https://www.nature.com/articles/d41586-020-01444-z

Sehnal, D., Bittrich, S., Deshpande, M., Svobodova, R., Berka, K., Bazgier, V., Velankar, S., Burley, S., Koca, J., & Rose, A. (2021). Mol Viewer: modern web app for 3D visualization and analysis of large biomolecular structures. *Nucleic Acids Research*:(49), W431–W437. https://doi.org/10.1093/nar/gkab314

Sen, S., & Oskay, O. (2017). The Effects of 5E Inquiry Learning Activities on Achievement and Attitude toward Chemistry. *Journal of Education and Learning*: 6, (1). ISSN 1927-5250 E-ISSN 1927-5269 https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1117797.pdf

Spiro, R. J., & Jehng, J.C. (1990). Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject matter. In D. Nix & R. J. Spiro (Eds.), *Cognition, education, and multimedia: Exploring ideas in high technology* (163–205). Lawrence Erlbaum Associates, Inc. https://psycnet.apa.org/record/1990-99016-007

Stasinakis, P. K., & Nicolaou, D. (2017). Modeling of DNA and protein organization levels with Cn3D software. *Biochemistry and Molecular Biology Education*: 45, (2), 126-129. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27807923/

Stieff, M., Bateman, R.C., Uttal, D.H. (2005). Teaching and Learning with Three-dimensional Representations. In: Gilbert, J.K. (eds) *Visualization in Science Education*. Models and Modeling in Science Education, vol 1. *Springer*, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_7

Sun, J. Z., Tang, Y. J., Sa ,R. B., & Gao, Y. X. (2019). Predicting and Visualizing 5S rRNA Structures Using Bioinformatics Tools To Help Students Learn RNA Structure and Function While Gaining Computer Research Skills. *Journal of Chemical Education*: 96, (11), 2611-2616 https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00066

Sung, E. (2017). The influence of visualization tendency on problem-solving ability and learning achievement of primary school students in South Korea. *Thinking Skills and Creativity: 26,* 168–175. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.10.007

Tao, A., Huang, Y, Shinohara Y., Caylor, M., Pashikanti, S., & Xu, D (2018). ezCADD: A Rapid 2D/3D Visualization Enabled Web 2 Modeling Environment for Democratizing Computer Aided Drug Design. *Journal of Chemical Information and Modeling.* https://doi.org/10.1021/acs.jcim.8b00633

Tiznado-Matzner, G.; Bucarey-Arriagada, S., & Pérez, R. L. (2020).Three-dimensional Virtual Models of 3D-Scanned Real Cadaveric Samples Used as a Complementary Educational Resource for the Study of Human Anatomy: Undergraduate Student's Perception of this New Technology.*Int. j. morphol*: 38, (6), 1686-1692. https://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v38n6/0717-9502-ijmorphol-38-06-1686.pdf

Trust, T., &. Maloy, R. (2017). Why 3D Print? The 21st-Century Skills Students Develop While Engaging in 3D Printing Projects Computers in the Schools Interdisciplinary. *Journal of Practice, Theory, and Applied Research*: 34, (4), 253-266. https://doi.org/10.1080/07380569.2017.1384684

UNESCO, Institute for Statistics (2009). GUIDE TO MEASURING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES (ICT) IN EDUCATION. Montreal. ISBN 978-92-9189-078-1 http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/guide-to-measuring-information-and-communication-technologies-ict-in-education-en_0.pdf

UNESCO (2017). Leveraging Information and Communication Technology to Achieve Education 2030. *International Forum on ICT and Education 2030.* https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2017/2017-03/2017_ITUNews03-en.pdf

Upula, B. E.,Idongesit, A. U., & Ogar, M N. (2019). Computer Animation Instructional Package and Biology Students' Academic Performance in Akpabuyo Local Government Area, Of Cross River State . *Academic Journal of Global Who is Who in Academia*: 2, (2). https://www.globalacademicstar.com/search?search=upula

Wang, J., Youkharibache, P., Zhang, D., Lanczycki, C., Geer, R., Madej, T., Phan L., Ward, M. , Lu, S. , Marchler, G., Wang, Y. , Bryant, S., Geer, L., & Marchler-Bauer, A. (2018). iCn3D, a Web-based 3D Viewer for the Visualization of Biomolecular Structure and Sequence Annotation. *bioRxiv* https://doi.org/10.1101/501692

Wang, J., Youkharibache, P., Zhang, D , Lanczycki, C., Geer, R., Madej, T., Phan L., Ward, M. , Lu, S. , Marchler, G., Wang, Y. , Bryant, S., Geer, L., & Marchler-Bauer, A. (2020). iCn3D, a web-based 3D viewer for sharing 1D/2D/3D representations of biomolecular structures. *Bioinformatics:* 36, (1), 131–135. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6956771/

Wang, J., Youkharibache, P., Marchler-Bauer, A., Lanczycki, C., Zhang, D. , Lu, S., Madej, T., Geer, R., Phan, L., Ward, M., Marchler, G., Cheng, T., Chong, L., Zhao, S., Yang, K., Lin, J., Cheng, Z., Dunn, R., Malkaram, S., Tai, C., Enoma, D., Busby, B., Johnson, N., Tabaro, F., Song, G., & Ge, Y. (2022). iCn3D: From Web-Based 3D Viewer to Structural Analysis Tool in Batch Mode. *Front. Mol. Biosci*. https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.831740

White, B., Kahriman, A., Luberice, L. and Idleh, F. (2010), Evaluation of software for introducing protein structure. Biochem. *Mol. Biol. Educ*. : 38,284-289. https://doi.org/10.1002/bmb.20410

Wibowo, Y. G., & Saidikin, A. (2019). Biology in the 21st-Century: Transformation in biology Science and Education in supporting the sustainable development goals. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*: 5, (2), 285-296. https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i2.7956

Wilkinson, M. D., Dumontier, M.,I. Aalbersberg, J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J.W., Bonino da Silva Santos, L., Bourne, P., Bouwma, J., Brookes, A., Clark, T., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C., Finkers, R.,…..& Mons, B. (2016). "The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*: 3, (1), 160018. https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18

Williams, M. K. (2017). John Dewey in the 21st Century. *Journal of Inquiry & Action in Education*: 9, (1), 91-102. https://digitalcommons.buffalostate.edu/jiae/vol9/iss1/7/

Wong, H. J. (2010). Junior secondary school students' attitude towards school science in a Hong Kong co-educational school. https://hub.hku.hk/handle/10722/183345

Wrapp, D., Wang, N., Corbett, K.S., Goldsmithching-Lin-Hsieholubucola-Abiona, J.A., Graham, B.,S., & McLellan JS. (2020). Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation. *Science:* 367,(6483), 1260-1263. https://www.science.org/doi/10.1126/science.abb2507

Wu, H., Krajcik, J., & Soloway, E. (2001). Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*: 38, (7), 821–842. https://doi.org/10.1002/tea.1033

Wu, Y., Wang, F., Shen, C., Peng, W., Li, D., Zhao, C., Li, Z., Li, S., Bi, Y., Yang, Y., Gong, Y., Xiao, H., Fan, Z., Tan, S., Wu, G., Tan, W., Lu, X., Fan, C., Wang Q., ……& Liu, L. (2020). A noncompeting pair of human neutralizing antibodies block COVID-19 virus binding to its receptor ACE2. *Science:* 368, (6496), 1274-1278 https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32404477/

Woese, C. (2004). A New Biology for a New Century *American Society for Microbiology Microbiology and Molecular Biology Reviews:* 68, (2), 173-186 https://doi.org/10.1128/MMBR.68.2.173-186.2004

Wyse, S. (2011). What is the difference between qualitative research and quantitative research? https://www.researchgate.net/publication/299487761

Ye, Z., Dun, A., Jiang, H., Nie, C., Zhao, S., Wang, T., & Zhai, J. (2020). The role of 3D printed models in the teaching of human anatomy. *BMC Medical Education*: 20:335 https://doi.org/10.1186/s12909-020

Youkharibache, P., Cachau, R., Madej, T., & Wang, J. (2020). Using iCn3D and the World Wide Web for structure-based collaborative research: Analyzing molecular interactions at the root of COVID-19. *bioRxiv* https://doi.org/10.1101/2020.07.01.182964

Younis, B. K (2017). The Effects of Scientific Inquiry Simulations on Students Higher Order Thinking Skills of Chemical Reaction and Attitude towards Chemistry. *American Journal of Educational Research*: 5,(11), 1158–1161. https://doi.org/10.12691/EDUCATION-5-11-7

Ελληνόγλωσσες

Αδαμαντιάδου, Σ., Γεωργάτου, Μ., Γιαπιτζάκης, Χ., Λάκκα Λ., Νοταράς, Δ., Φλωρεντίν, Ν., Χατζηγεωργίου, Γ., & Χαντηκωντή, Ο. (2021). *Βιολογία Γενικής Παιδείας Β' Γενικού Λυκείου.* ΙΤΥΕ «Διόφαντος». ISBN 978-960-06-2346-8.

Αθανασίου, Κ. (2015).Ιστορική Διαδρομή: Ιστορία της Διερευνητικής Μάθησης και Διδασκαλίας στις ΗΠΑ: Dewey - Schwab και BSCS (The Biological Science Curriculum Study). Απόψεις της NRC στη δεκαετία του ΄90. In Athanasiou, K. *Διδακτική της βιολογίας*. Kallipos*, Open Academic Editions*. http://hdl.handle.net/11419/4788

Αναστασιάδης, Π. Χαμπιαούρης, Κ., & Ελευθερίου, Α. (2002). Το Σχολείο στην Κοινωνία της Πληροφορίας: Υλοποιώντας τα Προγράμματα 'ΟΙΚΑΔΕ' και 'ΟΔΥΣΣΕΑΣ' σε Δημοτικά Σχολεία της Κύπρου, της Ελλάδας και του Απόδημου Ελληνισμού. «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», Τόμος Α', Επιμ. Α. Δημητρακοπούλου, Πρακτικά 3ου Συνεδρίου ΕΤΠΕ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος, Εκδ. Καστανιώτη.

Μπάγκος, Π. (2015).*Δομική Βιοπληροφορική*. [Chapter].Στο Μπάγκος, Π. 2015 .*Βιοπληροφορική.* Kallipos, Open Academic Editions. Chapter 9. http://hdl.handle.net/11419/5025

Βεργίδης, Δ. (2012). Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στην Ελλάδα ως διάσταση της εκπαιδευτικής πολιτικής. *Επιστήμη και Κοινωνία: Επιθεώρηση Πολιτικής και Ηθικής Θεωρίας*: 29, 97–126 . https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/sas/article/view/871

Βοσνιάδου, Σ. (2002). Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση: Προοπτικές, Προβλήματα και Προτάσεις. Στο: Α. Δημητρακοπούλου (επιμ.), *Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση*, Ρόδος: Καστανιώτη, 49-54.

Γαλάνης, Π. (2013). Εγκυρότητα και αξιοπιστία των ερωτηματολογίων στις επιδημιολογικές μελέτες. Αρχεία ελληνικής Ιατρικής, *Εφαρμοσμένη Ιατρική έρευνα:* 30, (1), 97-110. ISSN:11-05-3992. https://www.mednet.gr/archives/2013-1/pdf/97.pdf

Δημητριάδης, Σ., & Μανιαδάκης, Μ. (2006). Μελέτη Επισκόπησης της Πληροφορικής στην Ελλάδα. *Ένωση Πληροφορικών Ελλάδας*. https://www.epe.org.gr/meleth/final/MEP2006-3.pdf

Δημητριάδης, Σ. (2014). «*Διδακτική της πληροφορικής. Εισαγωγή – Ένταξη – Ενσωμάτωση της Πληροφορικής στην Εκπαίδευση, Φάσεις και Μοντέλα Ένταξης*». Έκδοση:1.0. http://eclass.auth.gr/courses/OCRS370/

Δημητριάδης, Σ. (2015). *Θεωρίες Μάθησης & Εκπαιδευτικό Λογισμικό*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. ISBN: 978-960-603-097-0. https://repository.kallipos.gr/handle/11419/3397

Ζωγόπουλος, Ε. (2013). Η ομαδοσυνεργατική μέθοδος διδασκαλίας και η συμβολή των ΤΠΕ. *Τα Εκπαιδευτικά:* τ. 105-106. https://mentep.pi.ac.cy/resource-details/Omadosinergatiki-methodos-didaskalias-kai-i-simvoli-twn-TPE

ΙΕΠ (2017). Έκθεση αποτελεσμάτων του Διεθνούς προγράμματος PISA 2015 για την αξιολόγηση των μαθητών στην Ελλάδα. Αθήνα. http://www.iep.edu.gr/pisa/images/publications/reports/pisa_2015_greek_report.pdf

ΙΕΠ (2021). Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα της Βιολογίας στις Α’, Β’ και Γ’ τάξεις Λυκείου. http://iep.edu.gr/el/nea-ps-provoli

ΙΤΥ (2010). Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στα Κ.Σ.Ε. *Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση και εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη*. ΙΤΥ Διόφαντος.

Κάλλας, Γ., Κονδύλη, Δ., Λιναρδής, Α., Ναγόπουλος, Ν., & Τσιώλης, Γ. (2022). *Ανάπτυξη υποδομών για την παραγωγή και τη διαχείριση δεδομένων στις κοινωνικές επιστήμες.* Πανεπιστήμιο Αιγαίου Εργαστήριο Κοινωνικής Πληροφορικής, Στατιστικής και Ερευνητικών Υποδομών . ISBN 978-960-9753-06-7. https://sodanet.gr/storage/publications/alexandreia_2022/0-Intro.pdf

Καψάλης, Α., Μπουρμπουχάκης, Ι., Περάκη, Β. & Σαλαμαστράκης, Σ. (2012). *Βιολογία Γενικής Παιδείας Β’ τάξης Γενικού Λυκείου*. ΙΤΥΕ: Διόφαντος.

Κόκκοτας, Π. (2004). *Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών -Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. 5η Έκδοση. Αυτοέκδοση.

Κόμης, Β. (2004). Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών. Αθήνα: Νέων Τεχνολογιών. ISBN: 9789608105676. https://docplayer.gr/30145542-Ekpaideytiko-logismiko-4-o-kefalaio-komis-v-2004-eisagogi-stis-efarmoges-ton-tpe-stin-ekpaideysi-athina-ekdoseis-neon-tehnologion.html

Κριεμάδης, Θ., Κορωνιός, Κ., Παπαϊωάννου, Α., & Σιούτου, Α. (2017). Η διαχείριση των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα της εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών της πληροφορίας και της επικοινωνίας στην εκπαιδευτική διαδικασία. https://www.academia.edu/33000264/

Μακρή, Α., & Βλαχόπουλος, Δ. (2017). Ηλεκτρονική μάθηση: η πολυσημία και πολυπλοκότητα της έννοιας. *Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση*: 9, (5), 133-147. https://doi.org/10.12681/icodl.974

Μαργαρίτης, Λ., Χ., Γαλανόπουλος, Β., Κ., Κεραμάρης, Κ., Ε., Μαρίνος, Ε., Σ., Παπασιδέρη, Ι., Σ., Στραβοπόδης, Δ., Ι., & Τρουγκάκος, Ι., Π. (2004). *ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΚΥΤΤΑΡΟΥ*. Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας: 4η Έκδοση, ISBN: 960-372-077-1.

Ματσαγγούρας, Η. (2004). *Ομαδοσυνεργατική Διδασκαλία και Μάθηση*. Εκδ.Γρηγόρης.

Ματσαγγούρας, Η. (2006). *Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση. Εννοιοκεντρική Αναπλαισίωση και Σχέδια Εργασίας*. Εκδ. Γρηγόρης.

Μαυρόπουλος, Α.(2006). *Στοιχεία Διδακτικής Μεθοδολογίας-Βασικές αρχές για την επιτυχία μιας διδασκαλίας*. Εκδ.Σαββάλας.

Μπάγκος, Π. (2015). Βιοπληροφορική. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. ISBN: 978-960-603-329-2. https://repository.kallipos.gr/handle/11419/5016

Μπομπέτσης, Α., & Στεφανή, Χ. (2004). Εφαρμογή της ομαδοσυνεργατικής μεθόδου στην εργαστηριακή διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Διδασκαλία των Φυσικών επιστημών – Έρευνα και Πράξη. *Ε.ΔΙ.Φ.Ε* :Τρίμηνη Έκδοση για την Εκπαίδευση τ. 8-9, 22-31.

Μπράτιτσης, Θ. (2013). Η Πληροφορική στο Ελληνικό Σχολείο: Τάσεις,προσεγγίσεις, προοπτικές. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*: 6,(3), 111-115. http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete/article/view/170

Ουζούνη, Χ., & Νακάκης, Κ. (2011). Η Αξιοπιστία και η Εγκυρότητα των Εργαλείων Μέτρησης σε Ποσοτικές Μελέτες. Αθήνα:*Νοσηλευτική*.50, (2), 231-239. shorturl.at/DQSV9

Παπαδοπούλου, Ε. & Κοτρίδης, Α. (2009). Θεωρητικό πλαίσιο εφαρμογής των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην εκπαιδευτική πρακτική. *2ο Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Ημαθίας*. https://www.ekped.gr/praktika10/gen/134.pdf

Παπαδοπούλου, Κ. (2009). *Η Ζώνη Εγγύτερης Ανάπτυξης στη Θεωρία του L.S. Vygotsky*. Αθήνα: Gutenberg. ISBN: 978-960-01-1280-1.

Παπαναστασίου, Ν. (2011).Οδηγίες στους καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη χρήση της διερευνητικής μεθόδου και τη δημιουργία υποστηρικτικού υλικού. https://www.slideshare.net/npapastam/pathway-22296804

Παπαναστασίου, Κ., & Παπαναστασίου, Ε. (2005). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*. Αυτοέκδοση.

Πασιάς, Γ., Φλουρής, Γ., & Φωτεινός, Δ. (2018). *Παιδαγωγική και Εκπαίδευση.* Εκδ. Γρηγόρης. ISBN: 978-960-333-886-4.

Πολύδωρος, Γ. (2015). Οι ΤΠΕ και η επίδραση τους στις Μεταγνωστικές δεξιότητες και στα Μαθησιακά στυλ. *Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση*:8, (2Α). https://doi.org/10.12681/icodl.33

Προμπονάς, Α. (2015). *Μεθοδολογία έρευνας στην Οδοντική Τεχνολογία: Βασικές αρχές*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. ISBN: 978-960-603-432-9. https://www.openbook.gr/methodologia-ereynas-stin-odontiki-technologia-vasikes-arxes/

Σκορδούλης, Κ., & Στεφανίδου, Κ. (2021). *Διδακτική Μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών, Θεωρία και Πρακτική*. Αθήνα: Προπομπός. ISBN: 978-618-5036-69-0.

Στασινάκης, Π. Κ. (2016). Οι ιδιαιτερότητες της Βιολογίας ως πρόκληση για τη χρήση των ΤΠΕ στη Διδακτική της Βιολογίας. *Νέος Παιδαγωγός*: 7, 172-187. Εκδόσεις e-Πρωτοβάθμια. https://www.researchgate.net/publication/326031756_

Στασινάκης, Π. Κ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2017). Η Χρήση Των ΤΠΕ Για Τη Τρισδιάστατη Απεικόνιση Στη Βιολογία. Στο: *Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία* Σελ. 539–49. Επιμ. Κ. Παπανικολάου, Α. Γόγουλου, Δ. Ζυμπίδης, Α. Λαδιάς, Ι. Τζωρτζάκης, Θ. Μπράτιτσης, & Χ. Παναγιωτακόπουλος. Αθήνα. https://www.academia.edu/40330626/

Τζιμογιάννης, Α. (2001). Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση: Πραγματικότητα και Προοπτικές. Σύρος: *Πρακτικά 1ο Συνεδρίου για την Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη*. https://www.researchgate.net/publication/339858118

Τσαγρής, Μ. (2014). Στατιστική με τη χρήση του πακέτου IBM SPSS 22. *Statistical Package For the Social Sciences*. https://mathbooksgr.files.wordpress.com/2014/03/spss-22.pdf

Υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης, (2020). Ψηφιακός Μετασχηματισμός των Τομέων της Ελληνικής Οικονομίας. *Βίβλος Ψηφιακού Μετασχηματισμού, 2020–2025.* http://www.opengov.gr/digitalandbrief/wpcontent/uploads/downloads/2020/12/digitalstrategy.pdf

Χαλικιάς, Μ., Μανωλέσσου, Α., & Λάλου, Π. (2015). *Μεθοδολογία Έρευνας και Εισαγωγή στη Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων με το IBM SPSS STATISTICS.* Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. ISBN: 978-960-603-123-6 https://repository.kallipos.gr/handle/11419/5075

Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες - θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις.* Αθήνα: Εκδ. Πατάκη. ISBN: 978-960-16-4308-3.

Διαδικτυακό υλικό

NCBI *https://www.ncbi.nlm.nih.gov/*

School of Bio and Chemical Engineering, SBB1609. *INTRODUCTION TO BIOINFORMATICS* Department of Biotechnology https://sist.sathyabama.ac.in/sist_coursematerial/uploads/SBB1609.pdf

TechNewsinGreek.blogspot.gr https://technewsingreek.blogspot.com/2013/02/webgl.html#ixzz7V9hXrcWE

Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών στη Χρήση και Αξιοποίηση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική διαδικασία – Σύγχρονες Θεωρίες Μάθησης και Εργαλεία ΤΠΕ *http://users.sch.gr/nikbalki/epim_kse/EduTheories_ICT.htm*

«Οδηγός Επιμορφούμενου, Τ4Ε:Ταχύρρυθμη Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών στην Εξ αποστάσεως Εκπαίδευση» *t4e.sch.gr/*

δια Νεοσις «Πώς ζουν οι Έλληνες;» https://www.dianeosis.org/wp-content/uploads/2020/09/covid-19-v4.pdf

Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο www. sch.gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Ερωτηματολόγιο Προελέγχου (Pre-test)

ID ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ:

_ _	_ _	_ _ _ _	_ _	_ _	_ _
ημέρα	*μήνας*	*έτος*	*όνομα μητέρας*	*όνομα πατέρα*	*ημ/νια γέννησης*
			(2 πρώτα γράμματα του ονόματος)		*(2 πρώτοι αριθμοί)*

Α. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ε1. Τάξη: **Ε2. Τμήμα:**

Ε3. Φύλο: Αγόρι ☐ Κορίτσι ☐

Β. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ **(Επέλεξε μόνο μία απάντηση)**

Ε4.Τα δομικά μόρια ενός ιού που είναι υπεύθυνα για την αναγνώριση των ξενιστικών κυττάρων και την πρόσδεση του σε αυτά είναι:

- τα νουκλεϊκά οξέα του (DNA ή RNA) ☐
- οι πρωτεΐνες του καψιδίου του ☐
- οι γλυκοπρωτεΐνες του ελύτρου του ☐
- οι λιποπρωτεΐνες του ελύτρου του ☐

Ε5.Οι γλυκοπρωτεΐνες του ελύτρου των ιών είναι σύνθετα μόρια που προκύπτουν από τη σύνδεση:

- γλυκόζης και πρωτεϊνών ☐
- σακχάρων και πρωτεϊνών ☐
- νουκλεϊκών οξέων και πρωτεϊνών ☐
- λιπιδίων και πρωτεϊνών ☐

Ε6.Το πρωτεϊνικό τμήμα μιας γλυκοπρωτεΐνης αποτελείται από:

- μία πολυπεπτιδική αλυσίδα ☐
- δύο πολυπεπτιδικές αλυσίδες ☐
- τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες ☐
- μία ή περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες ☐

Ε7.Η τελική στερεοδιαμόρφωση του πρωτεϊνικού τμήματος των γλυκοπρωτεϊνών του ελύτρου των ιών καθορίζεται από :

- την αλληλουχία των αμινοξέων του ☐
- τη δευτεροταγή δομή του ☐

- την τριτοταγή δομή του ☐
- την τεταρτοταγή δομή του ☐

Ε8.Απαραίτητη προϋπόθεση της εισβολής ενός ιού στο ξενιστικό κύτταρο είναι:

- να βρεθεί σε κοντινή απόσταση από τον υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου ☐
- να βρεθεί σε απλή επαφή με τον υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου ☐
- να αλληλεπιδράσει με τον υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου ☐
- να καταστρέψει τον υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου ☐

Ε9.Ένας ιός που προσβάλλει ζώα παρασιτεί σε:

- ένα συγκεκριμένο είδος κυττάρου-ιστού ενός ζωικού οργανισμού ☐
- όλα τα είδη των κυττάρων-ιστών-οργανικών συστημάτων ενός ζωικού οργανισμού ☐
- όλα τα είδη των κυττάρων-ιστών-οργανικών συστημάτων όλων των ζωικών οργανισμών ☐
- στα κύτταρα και τους ιστούς των συστημάτων των ζωικών οργανισμών που συναντά τους κυτταρικούς υποδοχείς με τους οποίους μπορεί να αναπτύξει αλληλεπίδραση ☐

Ε10.Η εμφάνιση και η ένταση των συμπτωμάτων που συνοδεύουν μία λοίμωξη από ιό στον ξενιστή καθορίζονται:

- από την απλή παρουσία σε αυτόν των κυτταρικών υποδοχέων στους οποίους προσδένεται ο ιός ☐
- τη λειτουργικότητα των κυτταρικών υποδοχέων στους οποίους προσδένεται ο ιός ☐
- τη συγκέντρωση των κυτταρικών υποδοχέων στους οποίους προσδένεται ο ιός ☐
- τη λειτουργικότητα και τη συγκέντρωση των κυτταρικών υποδοχέων στους οποίους προσδένεται ο ιός ☐

Ε11.Ένα χαρακτηριστικό των μηχανισμών ειδικής άμυνας που τους διακρίνουν από τους μηχανισμούς της μη ειδικής είναι η εξειδικευμένη δράση των αντισωμάτων απέναντι στο αντιγόνο που είναι υπεύθυνο για την παραγωγή τους. Αυτή η δράση καθορίζεται:

- από την αλληλουχία των αμινοξέων τμήματος της ελαφριάς αλυσίδας των αντισωμάτων ☐
- από την αλληλουχία των αμινοξέων τμήματος της βαρειάς αλυσίδας των αντισωμάτων ☐
- από την αλληλουχία των αμινοξέων τμήματος της ελαφριάς και της βαρειάς ☐

αλυσίδας των αντισωμάτων

- από την αλληλουχία των αμινοξέων της σταθερής περιοχής των αντισωμάτων ☐

Ε12.Η σύνδεση της μεταβλητής περιοχής ενός εξουδετερωτικού αντισώματος με τον αντιγονικό στόχο έχει ως αποτέλεσμα:

- καμία επίδραση στη δυνατότητα πρόσδεσης στον κυτταρικό υποδοχέα ☐
- την ενίσχυση του αντιγόνου και την πιο ισχυρή πρόσδεσή του στον κυτταρικό υποδοχέα ☐
- την ενίσχυση του αντιγόνου και την πιο ασθενή πρόσδεσή του στον κυτταρικό υποδοχέα ☐
- την εξουδετέρωση του αντιγόνου και την απώλεια της δυνατότητας σύνδεσής του στον κυτταρικό υποδοχέα ☐

Ε13.Η ενεργοποίηση του ανοσοβιολογικού μηχανισμού μέσω του εμβολιασμού έχει ως αποτέλεσμα:

- την πρόληψη από τη φυσική νόσηση εξαιτίας της παραγωγής εξουδετερωτικών αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης ☐
- τη θεραπεία από τη φυσική νόσηση εξαιτίας της παραγωγής εξουδετερωτικών αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης ☐
- πρόληψη και τη θεραπεία από τη φυσική νόσηση εξαιτίας της παραγωγής εξουδετερωτικών αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης ☐
- την επείγουσα αντιμετώπιση της φυσικής νόσησης εξαιτίας της παραγωγής εξουδετερωτικών αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης ☐

Ε14.Η ιατρική πράξη του εμβολιασμού κατά τη γνώμη σας:

- είναι περιττή καθώς ο ανοσοβιολογικός μηχανισμός είναι βέβαιο πως θα εξουδετερώσει κάθε αντιγόνο που θα εισέλθει στον οργανισμό μας ☐
- κρίνεται σωτήρια καθώς εξαιτίας αυτής η εμφάνιση πολλών θανατηφόρων μολυσματικών ασθενειών έχει περιορισθεί σημαντικά ☐
- συνήθως είναι επιζήμια για την υγεία και θα πρέπει να την αποφεύγουμε ☐
- αποτελεί μία πειραματική δοκιμή ☐

Ε15.Μικρές αλλαγές στην αλληλουχία των αμινοξέων ενός ιικού αντιγονικού στόχου:

- δεν έχουν καμία επίδραση στην τελική στερεοδιαμόρφωση του μορίου και δεν επηρεάζουν τη λειτουργικότητά του ☐
- δεν έχουν καμία επίδραση στην τελική στερεοδιαμόρφωση του μορίου αλλά ☐

επηρεάζουν τη λειτουργικότητά του

- έχουν πάντα μικρή επίδραση στην τελική στερεοδιαμόρφωση του μορίου και τη λειτουργικότητά του ☐
- μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση στην τελική στερεοδιαμόρφωση του μορίου και τη λειτουργικότητά του ☐

Ε16.Οι γονιδιακές μεταλλάξεις των ιών που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή της αλληλουχίας των αμινοξέων του αντιγονικού στόχου οδηγούν στη δημιουργία παραλλαγών με νέες ιδιότητες (π.χ. υψηλότερη μολυσματικότητα κ.λ.π.) εξαιτίας των νέων αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται:

- μεταξύ των αμινοξέων αυτού του αντιγονικού στόχου ☐
- μεταξύ των αμινοξέων κάθε αντιγονικού στόχου ☐
- μεταξύ των αμινοξέων του κυτταρικού υποδοχέα ☐
- μεταξύ των αμινοξέων αυτού του αντιγονικού στόχου αλλά και μεταξύ των αμινοξέων του αντιγονικού στόχου και των αμινοξέων του κυτταρικού υποδοχέα ☐

Ε17.Η φυσική ή τεχνητή ενεργοποίηση του ανοσοβιολογικού μηχανισμού ενός ξενιστή έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης απέναντι:

- σε ένα συγκεκριμένο στέλεχος ιού ☐
- σε όλες τις παραλλαγές ενός αρχικού στελέχους ιού ☐
- σε όλα τα διαφορετικά στελέχη όλων των ιών ☐
- σε κάθε αντιγόνο-εισβολέα ☐

Ε18.Ο βαθμός αλληλεπίδρασης ιού και του υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου διαφέρει:

- μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους ☐
- μεταξύ των ατόμων διαφορετικών ειδών ☐
- μεταξύ των ατόμων του διαφορετικού γένους ☐
- σε κάθε προηγούμενη περίπτωση ☐

Ε19.Η φυσική επιλογή με πρώτη ύλη τις μεταλλάξεις που συμβαίνουν στο γενετικό υλικό των ιών κατά τη διαδικασία αναπαραγωγής τους στα ξενιστικά κύτταρα οδηγεί στην εμφάνιση νέων στελεχών ιών:

- που προκαλούν ηπιότερη νόσηση ☐
- πιο μεταδοτικών και πιο μολυσματικών ☐
- που είναι ικανά να διαφεύγουν του ανοσοβιολογικού μηχανισμού ☐
- είναι πιθανά όλα τα παραπάνω ενδεχόμενα ☐

Ε20. Κατά τη γνώμη σας ο έλεγχος μιας πανδημίας (π.χ Covid-19) που οφείλεται σε έναν ιό και ο περιορισμός των λοιμώξεων που αυτός προκαλεί:

είναι αδύνατος καθώς γι' αυτό το γεγονός θα αποφασίσει μια «ανώτερη δύναμη» ☐

- είναι αδύνατος καθώς ο ιός προκειμένου να επικρατήσει θα μεταλλαχθεί και θα αποκτήσει ιδιότητες που ευνοούν την επιβίωσή του στο εκάστοτε περιβάλλον ☐
- είναι αδύνατος αφού ο ιός συνεχώς εξελίσσεται προκειμένου να μεγιστοποιήσει την αναπαραγωγική του επιτυχία ☐
- είναι δυνατός αν περιορίσουμε την εξέλιξη του ιού μειώνοντας τις ευκαιρίες του για μεταλλάξεις οι οποίες οδηγούν στην εμφάνιση παραλλαγών ανησυχίας ☐

21.Κατά τη γνώμη σας ο ιός *Sars Cov-2* που ευθύνεται για την πανδημία Covid-19 είναι πιθανότερο:

- να εμφανίσθηκε στη φύση «εκ του μηδενός» ☐
- να είναι εργαστηριακά κατασκευασμένος ☐
- να είναι αποτέλεσμα της δράσης των μεταλλάξεων επί του Sars Cov που προϋπήρχε και της φυσικής επιλογής που ακολούθησε ☐
- ισχύουν όλα τα παραπάνω ☐

Ε22.Πώς ενημερώνεστε για την εξέλιξη της πανδημίας Covid-19;

(Για την απάντησή σου επέλεξε <u>μια τιμή</u> με βάση την κλίμακα που ακολουθεί)

1= καθόλου 2=λίγο 3= μέτρια 4=πολύ 5= πάρα πολύ

Από το κοινωνικό σας περιβάλλον (οικογένεια, φίλοι, σχολείο)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης (π.χ τηλεόραση, ραδιόφωνο)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Από έντυπο και ηλεκτρονικό τύπο	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Από αναρτήσεις στις πλατφόρμες κοινωνικών δικτύων (π.χ. facebook)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Από επίσημους επιστημονικούς φορείς (π.χ. Π.Ο.Υ)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Ε23. Ποια είναι η γνώμη σας γενικά για το μάθημα της Βιολογίας;

(Για την απάντησή σου επέλεξε <u>μια τιμή</u> με βάση την κλίμακα που ακολουθεί)

1= καθόλου 2=λίγο 3= μέτρια 4=πολύ 5= πάρα πολύ

Δύσκολο/Δυσνόητο	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Ενδιαφέρον	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Χρήσιμο	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Ευχαριστώ για τη συμμετοχή σας!

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Ερωτηματολόγιο Μεταελέγχου (Post-test)

ID ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ:

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

ημέρα *μήνας* *έτος* *όνομα μητέρας* *όνομα πατέρα* *ημ/νια γέννησης*

(2 πρώτα γράμματα του ονόματος) *(2 πρώτοι αριθμοί)*

ID ΟΜΑΔΑΣ: _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

ημέρα *μήνας* *έτος* *1ο μέλος* *2ο μέλος* *3ο μέλος*

(το πρώτο γράμμα του ονόματος και του επίθετου κάθε μέλους της ομάδας)

Α. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ε1. Τάξη: **Ε2. Τμήμα:**

Ε3. Φύλο: Αγόρι ☐ Κορίτσι ☐

Β. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ **(Επέλεξε μόνο μία απάντηση)**

Ε4.Τα δομικά μόρια ενός ιού που είναι υπεύθυνα για την αναγνώριση των ξενιστικών κυττάρων και την πρόσδεση του σε αυτά είναι:

- τα νουκλεϊκά οξέα του (DNA ή RNA) ☐
- οι πρωτεΐνες του καψιδίου του ☐
- οι γλυκοπρωτεΐνες του ελύτρου του ☐
- οι λιποπρωτεΐνες του ελύτρου του ☐

Ε5.Οι γλυκοπρωτεΐνες του ελύτρου των ιών είναι σύνθετα μόρια που προκύπτουν από τη σύνδεση:

- γλυκόζης και πρωτεϊνών ☐
- σακχάρων και πρωτεϊνών ☐
- νουκλεϊκών οξέων και πρωτεϊνών ☐
- λιπιδίων και πρωτεϊνών ☐

Ε6.Το πρωτεϊνικό τμήμα μιας γλυκοπρωτεΐνης αποτελείται από:

- μία πολυπεπτιδική αλυσίδα ☐
- δύο πολυπεπτιδικές αλυσίδες ☐
- τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες ☐
- μία ή περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες ☐

Ε7.Η τελική στερεοδιαμόρφωση του πρωτεϊνικού τμήματος των γλυκοπρωτεϊνών του ελύτρου των ιών καθορίζεται από :

- την αλληλουχία των αμινοξέων του ☐
- τη δευτεροταγή δομή του ☐
- την τριτοταγή δομή του ☐
- την τεταρτοταγή δομή του ☐

Ε8.Απαραίτητη προϋπόθεση της εισβολής ενός ιού στο ξενιστικό κύτταρο είναι:

- να βρεθεί σε κοντινή απόσταση από τον υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου ☐
- να βρεθεί σε απλή επαφή με τον υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου ☐
- να αλληλεπιδράσει με τον υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου ☐
- να καταστρέψει τον υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου ☐

Ε9.Ένας ιός που προσβάλλει ζώα παρασιτεί σε:

- ένα συγκεκριμένο είδος κυττάρου-ιστού ενός ζωικού οργανισμού ☐
- όλα τα είδη των κυττάρων-ιστών-οργανικών συστημάτων ενός ζωικού οργανισμού ☐
- όλα τα είδη των κυττάρων-ιστών-οργανικών συστημάτων όλων των ζωικών οργανισμών ☐
- στα κύτταρα και τους ιστούς των συστημάτων των ζωικών οργανισμών που συναντά τους κυτταρικούς υποδοχείς με τους οποίους μπορεί να αναπτύξει αλληλεπίδραση ☐

Ε10.Η εμφάνιση και η ένταση των συμπτωμάτων που συνοδεύουν μία λοίμωξη από ιό στον ξενιστή καθορίζονται:

- από την απλή παρουσία σε αυτόν των κυτταρικών υποδοχέων στους οποίους προσδένεται ο ιός ☐
- τη λειτουργικότητα των κυτταρικών υποδοχέων στους οποίους προσδένεται ο ιός ☐
- τη συγκέντρωση των κυτταρικών υποδοχέων στους οποίους προσδένεται ο ιός ☐
- τη λειτουργικότητα και τη συγκέντρωση των κυτταρικών υποδοχέων στους οποίους προσδένεται ο ιός ☐

Ε11.Ένα χαρακτηριστικό των μηχανισμών ειδικής άμυνας που τους διακρίνουν από τους μηχανισμούς της μη ειδικής είναι η εξειδικευμένη δράση των αντισωμάτων απέναντι στο αντιγόνο που είναι υπεύθυνο για την παραγωγή τους. Αυτή η δράση καθορίζεται:

- από την αλληλουχία των αμινοξέων τμήματος της ελαφριάς αλυσίδας των αντισωμάτων ☐
- από την αλληλουχία των αμινοξέων τμήματος της βαρειάς αλυσίδας των ☐

αντισωμάτων

- από την αλληλουχία των αμινοξέων τμήματος της ελαφριάς και της βαρειάς αλυσίδας των αντισωμάτων ☐
- από την αλληλουχία των αμινοξέων της σταθερής περιοχής των αντισωμάτων ☐

Ε12.Η σύνδεση της μεταβλητής περιοχής ενός εξουδετερωτικού αντισώματος με τον αντιγονικό στόχο έχει ως αποτέλεσμα:

- καμία επίδραση στη δυνατότητα πρόσδεσης στον κυτταρικό υποδοχέα ☐
- την ενίσχυση του αντιγόνου και την πιο ισχυρή πρόσδεσή του στον κυτταρικό υποδοχέα ☐
- την ενίσχυση του αντιγόνου και την πιο ασθενή πρόσδεσή του στον κυτταρικό υποδοχέα ☐
- την εξουδετέρωση του αντιγόνου και την απώλεια της δυνατότητας σύνδεσής του στον κυτταρικό υποδοχέα ☐

Ε13.Η ενεργοποίηση του ανοσοβιολογικού μηχανισμού μέσω του εμβολιασμού έχει ως αποτέλεσμα:

- την πρόληψη από τη φυσική νόσηση εξαιτίας της παραγωγής εξουδετερωτικών αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης ☐
- τη θεραπεία από τη φυσική νόσηση εξαιτίας της παραγωγής εξουδετερωτικών αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης ☐
- πρόληψη και τη θεραπεία από τη φυσική νόσηση εξαιτίας της παραγωγής εξουδετερωτικών αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης ☐
- την επείγουσα αντιμετώπιση της φυσικής νόσησης εξαιτίας της παραγωγής εξουδετερωτικών αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης ☐

Ε14.Η ιατρική πράξη του εμβολιασμού κατά τη γνώμη σας:

- είναι περιττή καθώς ο ανοσοβιολογικός μηχανισμός είναι βέβαιο πως θα εξουδετερώσει κάθε αντιγόνο που θα εισέλθει στον οργανισμό μας ☐
- κρίνεται σωτήρια καθώς εξαιτίας αυτής η εμφάνιση πολλών θανατηφόρων μολυσματικών ασθενειών έχει περιορισθεί σημαντικά ☐
- συνήθως είναι επιζήμια για την υγεία και θα πρέπει να την αποφεύγουμε ☐
- αποτελεί μία πειραματική δοκιμή ☐

Ε15.Μικρές αλλαγές στην αλληλουχία των αμινοξέων ενός ιικού αντιγονικού στόχου:

- δεν έχουν καμία επίδραση στην τελική στερεοδιαμόρφωση του μορίου και δεν ☐

επηρεάζουν τη λειτουργικότητά του

- δεν έχουν καμία επίδραση στην τελική στερεοδιαμόρφωση του μορίου αλλά επηρεάζουν τη λειτουργικότητά του ☐
- έχουν πάντα μικρή επίδραση στην τελική στερεοδιαμόρφωση του μορίου και τη λειτουργικότητά του ☐
- μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση στην τελική στερεοδιαμόρφωση του μορίου και τη λειτουργικότητά του ☐

Ε16.Οι γονιδιακές μεταλλάξεις των ιών που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή της αλληλουχίας των αμινοξέων του αντιγονικού στόχου οδηγούν στη δημιουργία παραλλαγών με νέες ιδιότητες (π.χ. υψηλότερη μολυσματικότητα κ.λ.π.) εξαιτίας των νέων αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται:

- μεταξύ των αμινοξέων αυτού του αντιγονικού στόχου ☐
- μεταξύ των αμινοξέων κάθε αντιγονικού στόχου ☐
- μεταξύ των αμινοξέων του κυτταρικού υποδοχέα ☐
- μεταξύ των αμινοξέων αυτού του αντιγονικού στόχου αλλά και μεταξύ των αμινοξέων του αντιγονικού στόχου και των αμινοξέων του κυτταρικού υποδοχέα ☐

Ε17.Η φυσική ή τεχνητή ενεργοποίηση του ανοσοβιολογικού μηχανισμού ενός ξενιστή έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αντισωμάτων και κυττάρων μνήμης απέναντι:

- σε ένα συγκεκριμένο στέλεχος ιού ☐
- σε όλες τις παραλλαγές ενός αρχικού στελέχους ιού ☐
- σε όλα τα διαφορετικά στελέχη όλων των ιών ☐
- σε κάθε αντιγόνο-εισβολέα ☐

Ε18.Ο βαθμός αλληλεπίδρασης ιού και του υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου διαφέρει:

- μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους ☐
- μεταξύ των ατόμων διαφορετικών ειδών ☐
- μεταξύ των ατόμων του διαφορετικού γένους ☐
- σε κάθε προηγούμενη περίπτωση ☐

Ε19.Η φυσική επιλογή με πρώτη ύλη τις μεταλλάξεις που συμβαίνουν στο γενετικό υλικό των ιών κατά τη διαδικασία αναπαραγωγής τους στα ξενιστικά κύτταρα οδηγεί στην εμφάνιση νέων στελεχών ιών:

- που προκαλούν ηπιότερη νόσηση ☐
- πιο μεταδοτικών και πιο μολυσματικών ☐
- που είναι ικανά να διαφεύγουν του ανοσοβιολογικού μηχανισμού ☐

- είναι πιθανά όλα τα παραπάνω ενδεχόμενα ☐

Ε20. Κατά τη γνώμη σας ο έλεγχος μιας πανδημίας (π.χ Covid-19) που οφείλεται σε έναν ιό και ο περιορισμός των λοιμώξεων που αυτός προκαλεί:

είναι αδύνατος καθώς γι' αυτό το γεγονός θα αποφασίσει μια «ανώτερη δύναμη» ☐

- είναι αδύνατος καθώς ο ιός προκειμένου να επικρατήσει θα μεταλλαχθεί και θα αποκτήσει ιδιότητες που ευνοούν την επιβίωσή του στο εκάστοτε περιβάλλον ☐
- είναι αδύνατος αφού ο ιός συνεχώς εξελίσσεται προκειμένου να μεγιστοποιήσει την αναπαραγωγική του επιτυχία ☐
- είναι δυνατός αν περιορίσουμε την εξέλιξη του ιού μειώνοντας τις ευκαιρίες του για μεταλλάξεις οι οποίες οδηγούν στην εμφάνιση παραλλαγών ανησυχίας ☐

21.Κατά τη γνώμη σας ο ιός *Sars Cov-2* που ευθύνεται για την πανδημία Covid-19 είναι πιθανότερο:

- να εμφανίσθηκε στη φύση «εκ του μηδενός» ☐
- να είναι εργαστηριακά κατασκευασμένος ☐
- να είναι αποτέλεσμα της δράσης των μεταλλάξεων επί του Sars Cov που προϋπήρχε και της φυσικής επιλογής που ακολούθησε ☐
- ισχύουν όλα τα παραπάνω ☐

Ε22. Έχεις διδαχθεί κάποια ενότητα της Βιολογίας με χρήση κάποιου εργαλείου Βιοπληροφορικής στο παρελθόν;

- Ναι ☐
- Όχι ☐

Ε23. Πώς θα χαρακτήριζες αυτή την εμπειρία της εργαστηριακής δραστηριότητας;

- Ενδιαφέρουσα ☐
- Διασκεδαστική ☐
- Βαρετή ☐
- Αδιάφορη ☐

Απαντήστε στις ερωτήσεις 24-27 κυκλώνοντας τον αριθμό της επιλογής που σας εκφράζει:

Ε24. Πιστεύεις ότι η εργαστηριακή δραστηριότητα μέσω της χρήσης λογισμικού σε βοήθησε να καταλάβεις καλύτερα τη σχετική θεωρία;

1	2	3	4	5
Καθόλου	Λίγο	Μέτρια	Πολύ	Πάρα πολύ

Ε25. Πόσο σου άρεσε το λογισμικό iCn3D ;

1	2	3	4	5
Καθόλου	Λίγο	Μέτρια	Πολύ	Πάρα πολύ

Ε26. Θα ήθελες να διδαχθείς και άλλες ενότητες του μαθήματος της Βιολογίας με παρόμοιο τρόπο;

1	2	3	4	5
Καθόλου	Λίγο	Μέτρια	Πολύ	Πάρα πολύ

Ε27. Πιστεύεις ότι ήταν αποτελεσματική η συνεργασία σας σε ομάδα;

1	2	3	4	5
Καθόλου	Λίγο	Μέτρια	Πολύ	Πάρα πολύ

Ε28.Η συμβολή των μελών της ομάδας σας ήταν:

- Ισόμετρη ☐
- Ανισόμετρη ☐
- Ένα μέλος είχε την πρωτοβουλία ☐

Ε29. Οι οδηγίες που σας δόθηκαν ήταν:

- Επαρκείς ☐
- Ανεπαρκείς ☐
- Δεν ξέρω/ Δεν απαντώ ☐

Ε30. Η διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού Cn3D άλλαξε τη γνώμη σου για το μάθημα της Βιολογίας;

- Έκανε πιο θετική τη γνώμη μου ☐
- Έκανε πιο αρνητική τη γνώμη μου ☐
- Δεν άλλαξε τη γνώμη μου ☐

Ευχαριστώ για τη συμμετοχή σας!

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Φύλλο Εργασίας

«ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΓΛΥΚΟΠΡΩΤΕΪΝΗΣ-ΑΚΙΔΑΣ ΤΟΥ ΙΟΥ SARS COV-2»

ΜΑΘΗΜΑ: **ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΓΕΝ. ΠΑΙΔΕΙΑΣ** ΤΑΞΗ: **Β' ΛΥΚΕΙΟΥ** ΚΕΦ.1 :«**ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ»**

ΤΜΗΜΑ:

ID ΟΜΑΔΑΣ: _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

ημέρα μήνας έτος *1ο μέλο 2ο μέλος 3ο μέλος*

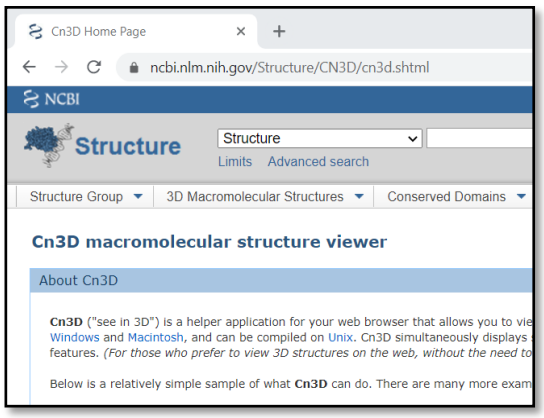
(*το πρώτο γράμμα του ονόματος και του επίθετου κάθε μέλους της ομάδας*)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Α. Γνωριμία με την τράπεζα πρωτεϊνικών δομών PDB (*Protein Data Bank*)

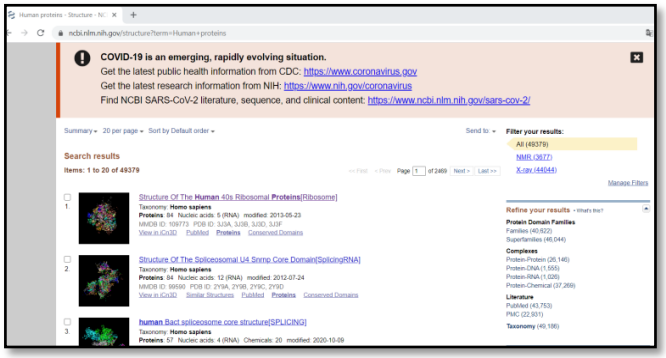
Προκειμένου να παρατηρήσουμε τη μοριακή δομή μίας πρωτεΐνης χρειάζεται να εισέλθουμε σε μία ηλεκτρονική τράπεζα δεδομένων όπως η **PDB** του **NCBI** (*National Center for Biotechnology Information*) της Αμερικής και να χρησιμοποιήσουμε το ***Cn3D*** ένα λογισμικό που αναπτύχθηκε για την απεικόνιση πρωτεϊνικών δομών.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε το φυλλομετρητή ***Google Chrome*** και στη μηχανή αναζήτησης **Google** πληκτρολογούμε τον όρο αναζήτησης ***Cn3D.*** Στα αποτελέσματα της αναζήτησής μας επιλέγουμε ***Cn3D Home Page – NCBI.*** Στο αναδυόμενο μενού που εμφανίζεται πάνω αριστερά μετά την είσοδό μας επιλέγουμε την κατηγορία ***Structure*** (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Ιστοσελίδα λογισμικού Cn3D

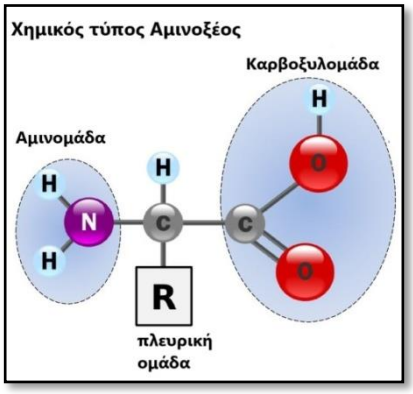
Στο διπλανό **πλαίσιο αναζήτησης** πληκτρολογούμε τον όρο ***Proteins*** και πατάμε ***Search*** για να δούμε τις καταχωρίσεις των πρωτεϊνικών δομών έως αυτή τη στιγμή στη συγκεκριμένη τράπεζα δεδομένων. Εμφανίζεται η καρτέλα αποτελεσμάτων της διπλανής εικόνας με πολλές αναφορές υπό μορφή καταλόγου (Εικόνα 2). Παρατηρώντας τα αποτελέσματα αναζήτησης βλέπουμε πως προκύπτουν πολλά διαφορετικά καθώς στην τράπεζα καταχωρούνται τρισδιάστατες δομές πρωτεϊνών αλλά και υποπεριοχών των πρωτεϊνών. (Στις δραστηριότητες που ακολουθούν για να εντοπίσουμε μία συγκεκριμένη δομή στο πλαίσιο αναζήτησης θα πληκτρολογούμε κάθε φορά το μοναδικό κωδικό αναζήτησης της πρωτεϊνικής δομής **ID** μορίου - **με λατινικούς χαρακτήρες**).



Εικόνα 2.Κατάλογος πρωτεϊνικών δομών PDB

Β. Δομή πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες των οργανισμών οικοδομούνται από 20 διαφορετικά αμινοξέα τα οποία περιγράφονται από το χημικό τύπο της διπλανής εικόνας (Εικόνα 3). Τα ονόματα και οι συντομογραφίες τους παραθέτονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 1). Τα αμινοξέα συνδεόμενα σε διαφορετικούς συνδυασμούς σχηματίζουν ένα μεγάλο πλήθος διαφορετικών πρωτεϊνικών μορίων.

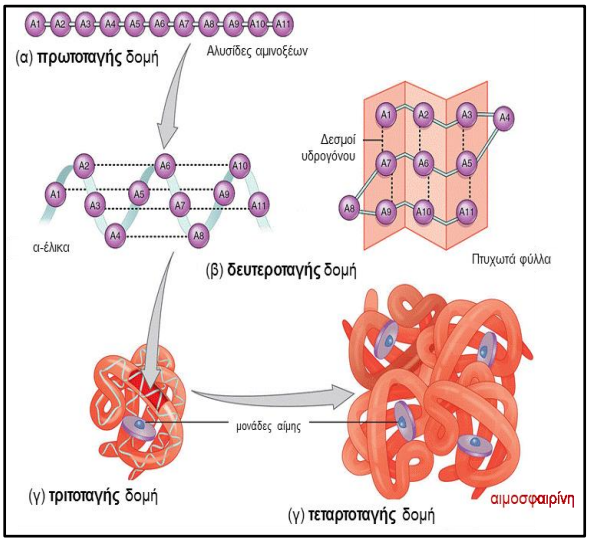


Εικόνα 3. Χημικός τύπος αμινοξέος

Αμινοξύ	Συντ/γραφία τριών γραμμάτων	Συντ/γραφία ενός γράμματος	Αμινοξύ	Συντ/γραφία τριών γραμμάτων	Συντ/γραφία ενός γράμματος
Αλανίνη	Ala	A	Ιστιδίνη	His	H
Αργινίνη	Arg	R	Κυστεΐνη	Cys	C
Ασπαραγίνη	Asn	N	Λευκίνη	Leu	L
Ασπαραγινικό οξύ	Asp	D	Λυσίνη	Lys	K
Βαλίνη	Val	V	Μεθειονίνη	Met	M
Γλουταμίνη	Gln	Q	Προλίνη	Pro	P
Γλουταμινικό οξύ	Glu	E	Σερίνη	Ser	S
Γλυκίνη	Gly	G	Τυροσίνη	Tyr	Y
Θρεονίνη	Thr	T	Φαινυλαλανίνη	Phe	F
Θρυπτοφάνη	Trp	W	Ασπαραγίνη ή ασπαραγινικό οξύ	Asx	B
Ισολευκίνη	Ile	I	Γλουταμίνη ή γλουταμινικό οξύ	Glx	Z

Πίνακας 3. Διεθνής συμβολισμός αμινοξέων

Η σύνδεση των αμινοξέων μεταξύ τους γίνεται με ομοιοπολικούς (πεπτιδικούς) δεσμούς. Στο ένα άκρο κάθε πολυπεπτιδικής αλυσίδας υπάρχει μία ελεύθερη αμινομάδα και στο άλλο μία ελεύθερη καρβοξυλομάδα. <u>Επίπεδα οργάνωσης της δομής των πρωτεϊνικών μορίων</u>: Η αλληλουχία και ο αριθμός των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα αποτελεί το πρώτο επίπεδο οργάνωσης γνωστό ως **πρωτοταγής δομή**. Στο δεύτερο επίπεδο που χαρακτηρίζεται ως **δευτεροταγής δομή** η πολυπεπτιδική αλυσίδα αναδιπλώνεται εξαιτίας των δεσμών υδρογόνου που αναπτύσσονται μεταξύ των πλευρικών ομάδων R γειτονικών αμινοξέων και αποκτά είτε ελικοειδή(α-



Εικόνα 4. Επίπεδα οργάνωσης δομής πρωτεϊνών

έλικα) είτε πτυχωτή μορφή (μορφή β-επιφάνειας). Ακολουθεί η **τριτοταγής δομή** όπου η αλυσίδα αναδιπλώνεται περισσότερο και αποκτά μια καθορισμένη μορφή στο χώρο. Η σταθεροποίηση της δομής αυτής είναι αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των πλευρικών ομάδων. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές είναι δεσμοί υδρογόνου, ιοντικοί, υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις και δισουλφιδικοί. Αυτό είναι το ανώτερο επίπεδο οργάνωσης για τις πρωτεΐνες που αποτελούνται από μία πολυπεπτιδική αλυσίδα. Η πρωτοταγής δομή της πρωτεΐνης είναι αυτή που θα καθορίσει την τριτοταγή δομή της. **Η τεταρτοταγής δομή** αποτελεί ένα επιπλέον επίπεδο οργάνωσης της δομής των πρωτεϊνών που αποτελούνται από περισσότερες αλυσίδες και προκύπτει από το συνδυασμό των επιμέρους αλυσίδων σε ένα ενιαίο μόριο (Εικόνα 4).

Εικονίδιο αναμονής χρόνου: Όταν θα συναντάτε αυτό το εικονίδιο σε κάποιο στάδιο εκτέλεσης της άσκησης θα πρέπει να περιμένετε 3-5 sec μέχρι να εκτελεστεί η αλλαγή της επιλογής που ορίσατε.

ΜΕΡΟΣ Α: ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗ ΜΕ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ- ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ/

ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ

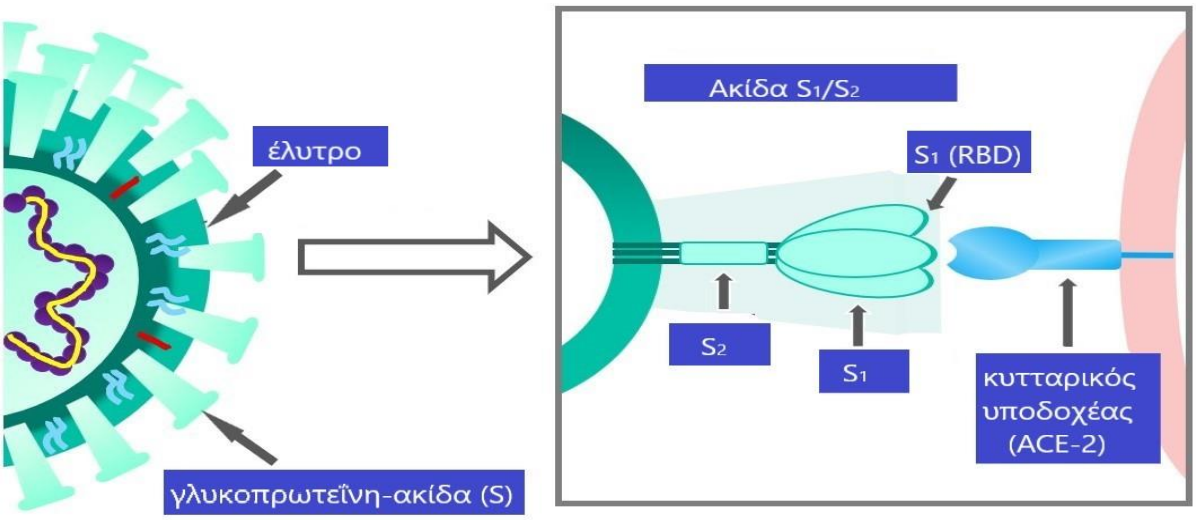
Δραστηριότητα 1. Μελέτη της μοριακής δομής της γλυκοπρωτεΐνης S του ιού Sars Cov-2.

Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα (ΠΜΑ)

ΠΜΑ 1α: Η ανακάλυψη ορισμένων βασικών χαρακτηριστικών της μοριακής δομής της γλυκοπρωτεΐνης S του ιού Sars Cov-2 (αριθμού αμινοξέων και αλληλουχίας πολυπεπτιδικών αλυσίδων, δευτεροταγών δομών μορίου, σύνδεση με άλλα μόρια).

ΠΜΑ 1.β: Η άσκηση στη χρήση του λογισμικού Cn3D.

Το Δεκέμβριο του 2019, στην πόλη Wuhan της Κίνας εμφανίσθηκε ένας νέος κοροναϊός (*SARS-CoV 2*, coronavirus-2) ιδιαίτερα παθογόνος (οξύ αναπνευστικό σύνδρομο-Covid 19). Ο ιός αυτός εξαπλώθηκε γρήγορα σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ) κήρυξε αυτή την πανδημική απειλή ως γεγονός διεθνούς ενδιαφέροντος. Η σύνδεση του ιού με τα κύτταρα του ξενιστή επιτυγχάνεται μέσω της γλυκοπρωτεΐνης - ακίδας του ελύτρου του (**S**: *Spike Protein*) (Εικ.5, αριστερά).



Εικόνα 5. Η γλυκοπρωτεΐνη S του ελύτρου του ιού Sars Cov 2 και τα τμήματά της S_1 και S_2 .

Υπόθεση 1Α. Παρατηρώντας το σχήμα της γλυκοπρωτεΐνης S του ελύτρου του ιού στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 5) μπορείτε να υποθέσετε το λόγο για τον οποίο ονομάσθηκε «ακίδα»;

.....

.....

Β. Για ποιο λόγο θεωρείτε πως η ακίδα ανήκει στις γλυκοπρωτεΐνες;

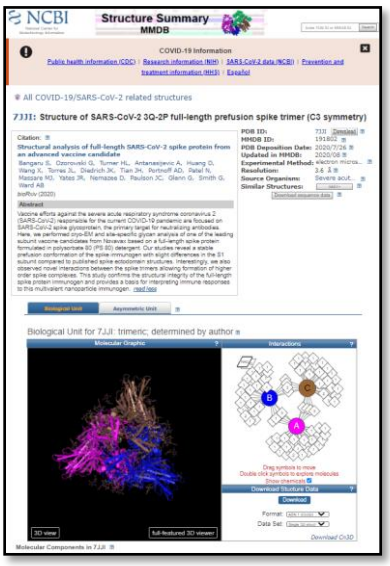
.....

.....

Προκειμένου να παρατηρήσετε ένα μοντέλο της δομής της γλυκοπρωτεΐνης S του Sars Cov-2 θα αναζητήσετε τη μοριακή δομή με **ID: 7JJI** στη σελίδα του NCBI. Αυτή η δομή αποτελεί μία πλήρη απεικόνιση της δομής της γλυκοπρωτεΐνης S πριν τη δέσμευσή της στον υποδοχέα του ξενιστικού κυττάρου.

1Α.Προβολή δομής και αλληλουχίας

Στη συνέχεια θα εμφανισθεί η διπλανή εικόνα (Εικόνα 6). Στο μαύρο φόντο θα επιλέξετε ***full-featured 3D viewer*** και θα εμφανισθούν δύο παράθυρα: Το **παράθυρο δομής** με το μαύρο φόντο στο οποίο παρουσιάζεται η μοριακή δομή της πρωτεΐνης και το **παράθυρο αλληλουχίας** με τίτλο **Sequences and Annotations**.



Εικόνα 6. Προβολή δομής

1Β. Αλλαγή μεγέθους και επαναφορά αρχικού μεγέθους.

Μπορείτε να παρατηρήσετε τη δομή σε μεγέθυνση ή σμίκρυνση περιστρέφοντας το **μεσαίο πλήκτρο** στο ποντίκι σας. Εναλλακτικά, για να **μεγεθύνετε** τη δομή επιλέξτε από το πληκτρολόγιο το γράμμα «***z*»** και για να **μικρύνετε** το μόριο επιλέξτε το γράμμα **«*x*».** Ακολουθώντας τη διαδρομή:***View→Reset→ All*** μπορείτε να επαναφέρετε τη δομή στο αρχικό της μέγεθος**.**

1Γ. Περιστροφή μορίου

Προκειμένου να παρατηρήσετε τη δομή πιο σφαιρικά μπορείτε να την περιστρέψετε κάνοντας **αριστερό** κλικ πάνω σε οποιοδήποτε σημείο του και κρατώντας το πατημένο προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

1Δ. Αλλαγή στυλ αναπαράστασης

Προβάλλετε το μόριο χρησιμοποιώντας τα διαφορετικά στυλ αναπαράστασης των πρωτεϊνών. Από το μενού εντολών που βρίσκεται στο παράθυρο δομής ακολουθώντας τη διαδρομή ***Style→ Proteins*** και επιλέγοντας :

- ***Ball and Stick:*** θα δείτε τα άτομα των αμινοξέων ως σφαίρες και τους δεσμούς ως ράβδους
- ***Backbone:*** θα δείτε μόνο τους δεσμούς ως ράβδους ενώ τα άτομα βρίσκονται στις κορυφές (γωνίες)
- ***Cylinder and Plate:*** θα δείτε τις α-έλικες ως κυλίνδρους και τις β-πτυχωτές επιφάνειες ως πεπλατυσμένα βέλη
- ***Ribbon*** **:** θα δείτε τις α-έλικες ως κορδέλες και τις β-πτυχωτές επιφάνειες ως πεπλατυσμένα βέλη Για τη συνέχεια διατηρείστε αυτό το στυλ αναπαράστασης.

1Ε. Εντοπισμός πολυπεπτιδικών αλυσίδων

Δείτε το παράθυρο **Sequences and Annotations**, επιλέξτε την καρτέλα ***Summary*** και βεβαιωθείτε πως στα **Annotations** δεν είναι κανένα τετράγωνο επιλεγμένο. Από το πλαίσιο **Proteins** αν επιλέξετε διαδοχικά ***Protein 7JJI_A, Protein 7JJI_B*** *και* ***Protein 7JJI_C*** θα δείτε στο πλαίσιο δομής την κάθε μία αλυσίδα της γλυκοπρωτεΐνης S με το προεπιλεγμένο χρώμα με φωτεινή σήμανση.

1ΣΤ. Εντοπισμός αμινοξέων

Επιλέξτε την καρτέλα ***Details*** για να δείτε στο πλαίσιο **Proteins** την αλληλουχία των αμινοξέων για κάθε μία από τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες της γλυκοπρωτεΐνης S**.** Επιλέγοντας ***Clear*** αφαιρείται κάθε προηγούμενη σήμανση. Τα αμινοξέα κάθε αλυσίδας εμφανίζονται με κεφαλαία και μικρά γράμματα. Τα κεφαλαία γράμματα αντιστοιχούν στα αμινοξέα του μορίου που εμφανίζονται στο πλαίσιο δομής, ενώ τα μικρά σε αμινοξέα του μορίου που απουσιάζουν από τη συγκεκριμένη δομή. Μαρκάρετε με τον κέρσορα μεμονωμένα αμινοξέα της κάθε αλυσίδας για να δείτε με φωτεινή σήμανση τη θέση τους μέσα στην πολυπεπτιδική αλυσίδα στο πλαίσιο της δομής. Δεξιά από κάθε αλληλουχία παρατηρείστε τον αριθμό των αμινοξέων κάθε πεπτιδικής αλυσίδας.

Εργασία 1

Α. Από πόσες και ποιες πολυπεπτιδικές αλυσίδες αποτελείται η γλυκοπρωτεΐνη S του Sars Cov-2;

.....

.....

Β. Ποιος είναι ο συνολικός αριθμός αμινοξέων της κάθε πολυπεπτιδικής αλυσίδας;.....

.....

Γ. Συγκρίνετε τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες ως προς τον αριθμό των αμινοξέων τους. Τι παρατηρείτε; .....

ΔΙ. Ποιο γεωμετρικό σχήμα προσεγγίζει η δομή της γλυκοπρωτείνης S; Να κυκλώσετε τη σωστή απάντηση: α. ρόμβο β. τρίγωνο γ. τετράγωνο δ. κύκλο

ΙΙ. Ο όρος «ακίδα» τελικά πώς προέκυψε; Επιβεβαιώνεται η αρχική υπόθεση σας 1Α;

.....

.....

.....

1Ζ. Εντοπισμός άλλων χημικών μορίων

Από το παράθυρο **Sequences and Annotations** και την καρτέλα ***Summary*** από το πλαίσιο ***Chemicals/Ions/Water*** εντοπίστε άλλα μόρια που συνδέονται με τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες της πρωτεϊνικής δομής.

ΕΙ. Εκτός από τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες ποια άλλα μόρια υπάρχουν στη δομή δημιουργώντας μια «εξωτερική διακοσμητική ασπίδα»; Χρησιμοποιείστε τις συντομογραφίες τους.

.....

ΙΙ. Ποιο από αυτά τα μόρια επικρατεί; .....

Δικαιολογεί αυτό την κατάταξη της πρωτεΐνης στις γλυκοπρωτεΐνες; .....

.....

ΙΙΙ. Επιβεβαιώνεται η αρχική υπόθεση σας 1Β; Εξηγήστε.

.....

.....

.....

1Η.Απομόνωση και παρατήρηση πολυπεπτιδικής αλυσίδας: Για να απομονώσετε μία αλυσίδα της γλυκοπρωτεΐνης S από το πλαίσιο **Proteins** και την καρτέλα ***Summary*** επιλέξτε ***Protein 7JJI_A.*** Από το μενού ακολουθήστε τη διαδρομή: ***View→ View Selection.*** Για να παρατηρήσετε πιο ευδιάκριτα τις **δευτεροταγείς δομές της αλυσίδας** μπορείτε να τους δώσετε έναν διαφορετικό χρωματισμό ακολουθώντας τη διαδρομή: ***Color→ Secondary→Sheet in Green***. Από την καρτέλα **Details** να απαντήσετε τα ερωτήματα:

ΣΤΙ. Πόσες α- έλικες και πόσες β- πτυχωτές επιφάνειες εμφανίζονται στην πολυπεπτιδική αλυσίδα που απομονώσατε;

.....

.....

ΙΙ. Ποια από τις δύο διαμορφώσεις (α- έλικα ή β-επιφάνεια) επικρατεί; Δικαιολογήστε.

.....

.....

Ζ. Στην οθόνη σας βλέπετε ένα μεγάλο τμήμα της αλυσίδας που απομονώσατε. Ποιο αμινοξύ βρίσκεται στο αρχικό(αμινικό) και ποιο στο τελικό (καρβοξυλικό) άκρο του; Από τον Πίνακα 1 της εισαγωγής να εντοπίσετε το πλήρες όνομά τους.

.....

.....

.....

Να διατηρήσετε την καρτέλα σας ανοικτή.

Δραστηριότητα 2. Μελέτη της δέσμευσης της γλυκοπρωτείνης S στον υποδοχέα του ανθρώπινου ξενιστικού κυττάρου (hACE2).

ΠΜΑ 2: Η διερεύνηση της δέσμευσης της γλυκοπρωτεΐνης S στον υποδοχέα hACE2.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη μόλυνση του ξενιστικού κυττάρου από τον ιό είναι η πρόσδεσή της γλυκοπρωτεΐνης S στον κατάλληλο υποδοχέα (ACE 2). Η γλυκοπρωτεΐνη αυτή αποτελείται από δύο τμήματα, τα S1 και S2. Το S1 έχει μια περιοχή που ονομάζεται «τομέας δέσμευσης» του υποδοχέα (**RBD**: *Receptor- binding domain*) και είναι υπεύθυνη για την αναγνώριση και τη δέσμευση στον υποδοχέα (ACE2) του ξενιστικού κυττάρου ενώ το S2 είναι υπεύθυνο για την είσοδο του ιού (Εικ.5, δεξιά).

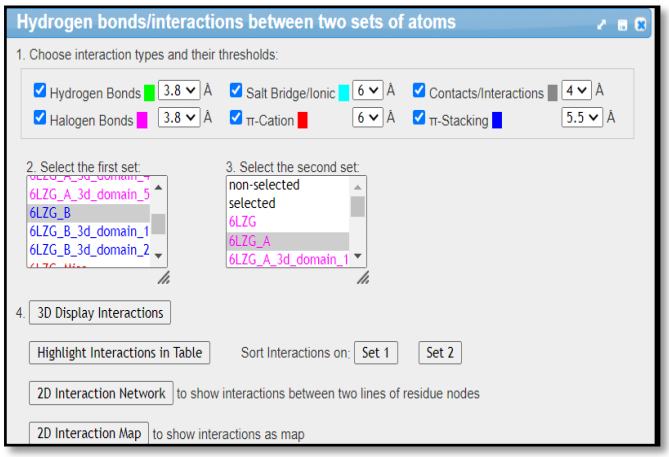
Υπόθεση 2: Κατά τη γνώμη σας με ποιο τρόπο επιτυγχάνεται η δέσμευση της περιοχής RBD στον υποδοχέα hACE2;

.....

.....

.....

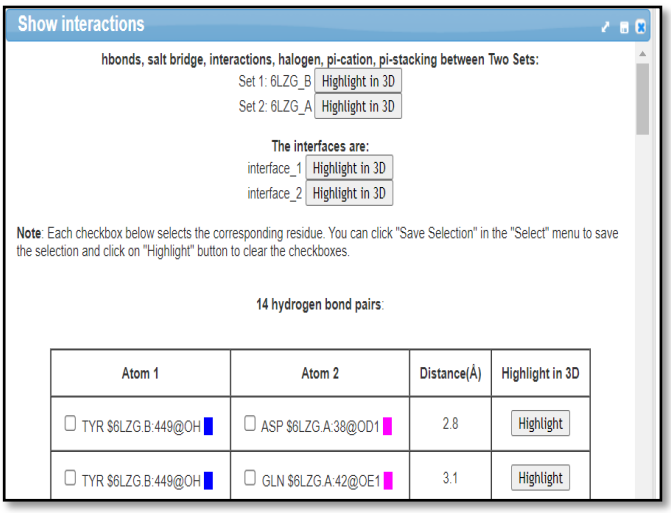
Για να μελετήσετε τη δέσμευση της RBD της ακίδας στον υποδοχέα hACE2 μπορείτε να ανοίξετε μία νέα καρτέλα με **ID δομής:** ***6LZG.*** Η δομή αυτή αποτελείται από δύο μέρη: ***6LZG_A:*** υποδοχέας hACE2 (ροζ) και ***6LZG_B:*** RBD ακίδας (μπλε). Από το μενού επιλέξτε ***Analysis→ Interactions*** και στον πίνακα που θα εμφανισθεί (Εικόνα 7) επιλέξτε στο πεδίο **Select the first set** την επιλογή ***6LZG_B*** και στο πεδίο **Select the second set** την επιλογή ***6LZG_A.*** Στη συνέχεια επιλέξτε ***Highlight Interactions in Table.***



Εικόνα 7. Επιλογή αλληλεπιδράσεων

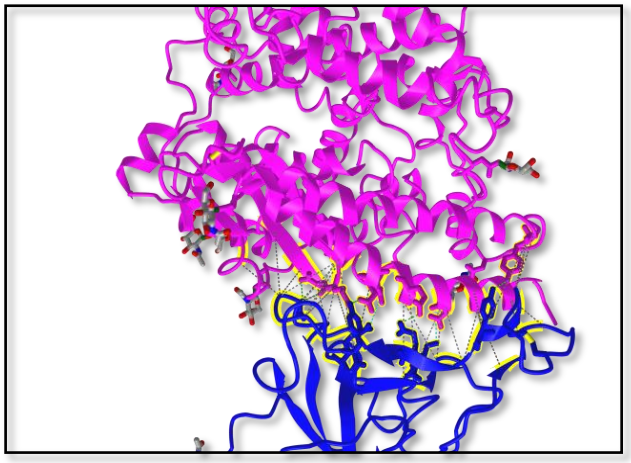
Στη νέα καρτέλα που εμφανίζεται με τίτλο **Show Interactions** (αφού κλείσετε τον προηγούμενο πίνακα) επιλέγοντας διαδοχικά ***Set1: 6LZG_B Highlight in 3D*** και ***Set2: 6LZG_A Highlight in 3D*** μπορείτε να παρατηρήσετε **στο παράθυρο δομής** με φωτεινή σήμανση τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες των Set1 και 2 που ορίσατε (Εικόνα 8).

Επίσης, μπορείτε να παρατηρήσετε ξεχωριστά τις περιοχές των πολυπεπτιδικών αλυσίδων της RBD της ακίδας και του υποδοχέα hACE2 που αλληλεπιδρούν επιλέγοντας διαδοχικά ***interface _1 Highlight in 3D*** και ***interface _2 Highlight in 3D*** (Εικόνα 9). Στους πίνακες της καρτέλας που ακολουθούν παρουσιάζεται μία ανάλυση αυτών των αλληλεπιδράσεων (δεσμοί υδρογόνου: *hydrogen bonds*, γέφυρες άλατος/ ιοντικοί δεσμοί: *salt bridges/ionic bonds*, κ.α.) (Εικόνα 8).



Εικόνα8. Ανάλυση αλληλεπιδράσεων

Από τον πρώτο πίνακα επιλέγοντας ***Highlight*** δίπλα από ένα ζευγάρι αμινοξέων μπορείτε να το δείτε με φωτεινή σήμανση. Ακολουθώντας από το μενού τη διαδρομή: ***View → View Selection*** μπορείτε να το απομονώσετε και να παρατηρήσετε ευκρινέστερα τους δεσμούς στους οποίους συμμετέχουν τα αμινοξέα του.



Εικόνα 9. Αλληλεπίδραση RBD ακίδας και κυτταρικού υποδοχέα hACE2.

Εργασία 2.

Α. Από τον πίνακα με τίτλο **40 residue pairs in the contacts** να καταγράψετε τα αμινοξέα της γλυκοπρωτείνης S (**Residue 1**) που αλληλεπιδρούν με τα αμινοξέα του υποδοχέα hACE2 (**Residue 2**). (Αν ένα αμινοξύ μίας θέσης επαναλαμβάνεται να το καταγράψετε μία φορά. Χρησιμοποιείστε τη συντομογραφία των 3 γραμμάτων και τον αριθμό θέσης, π.χ. TYR 449).

1…… 2……. ……. 3 ……. … 4……. 5……

6…… 7. …… 8. …… 9. ……10. ……

11. ……12. ……13. ……. ..14. ……15. ……

16. ……17. ……18. ……19. ……

Β. Κάθε αμινοξύ της ακίδας έχει τη δυνατότητα να συνδέεται με τα αμινοξέα του υποδοχέα με ένα ή περισσότερα είδη δεσμών; Δικαιολογήστε.

.....

.....

ΓΙ. Μεταξύ πόσων ζευγαριών αμινοξέων αναπτύσσονται δεσμοί υδρογόνου και μεταξύ πόσων ιοντικοί δεσμοί;

.....

.....

ΙΙ. Μεταξύ ποιών αμινοξέων της περιοχής RBD και του υποδοχέα hACE2 αναπτύσσονται οι ιοντικοί δεσμοί;

.....

.....

.....

Δ. Μία μετάλλαξη θα έχει μεγαλύτερη επίδραση στην δέσμευση της RBD στον υποδοχέα hACE2 αν συμβεί στο αμινοξύ: α) LYS$6LZG.B:417 β) ALA$6LZ.B:475. Δικαιολογήστε.

.....

.....

.....

Ε. Επιβεβαιώνεται η αρχική σας υπόθεση;

.....

.....

ΣΤΙ. Γνωρίζοντας ότι οι άνδρες έχουν υψηλότερη συγκέντρωση υποδοχέων hACE2 στην επιφάνεια των κυττάρων τους διατρέχουν μικρότερο ή μεγαλύτερο κίνδυνο νόσησης σε σχέση με τις γυναίκες; Δικαιολογήστε.

.....

.....

.....

ΙΙ. Αν για γενετικούς λόγους κάποιος φέρει μη λειτουργικούς υποδοχείς hACE2 στην επιφάνεια των κυττάρων του θα εκδηλώσει τα συμπτώματα της λοίμωξης; Δικαιολογήστε.

.....

.....

.....

Δραστηριότητα 3. Μελέτη της δράσης των εξουδετερωτικών αντισωμάτων έναντι της γλυκοπρωτείνης S του ιού Sars Cov-2.

ΠΜΑ 3α: Η διαπίστωση της θεραπευτικής δράσης των εξουδετερωτικών αντισωμάτων έναντι του αντιγονικού στόχου (της περιοχής RBD) της ακίδας.

ΠΜΑ 3β: Η ενίσχυση της θετικής στάσης απέναντι στον εμβολιασμό για το συγκεκριμένο αντιγόνο.

Μία ανοσολογική αντίδραση του ανθρώπινου οργανισμού απέναντι στον εισβολέα - ιό είναι η παραγωγή αντισωμάτων, τα οποία παρουσιάζουν μια εξειδικευμένη σύνδεση με το αντιγόνο το οποίο κινητοποίησε την παραγωγή τους (σχέση κλειδιού-κλειδαριάς). Αυτά έχουν την ικανότητα να εξουδετερώνουν τον εισβολέα οδηγώντας τους ασθενείς σε ανάρρωση και γι' αυτό το λόγο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως θεραπευτικό μέσο. Η γλυκοπρωτεΐνη S αποτελεί τον κύριο αντιγονικό στόχο γιατί αναγνωρίζεται από το ανοσοποιητικό σύστημα και πυροδοτεί μία ισχυρή προστατευτική αντίδραση παραγωγής αντισωμάτων. Οι ερευνητές Wu *et al*. απομόνωσαν εξουδετερωτικά αντισώματα για την ακίδα από ασθενή της νόσου Covid-19 σε ανάρρωση. Ορισμένα από αυτά, όπως το αντίσωμα B38, δεσμεύονται στην περιοχή RBD της ακίδας παρέχοντας αποτελεσματική ανοσία.

Υπόθεση 3: Με ποιο τρόπο κατά τη γνώμη σας τα εξουδετερωτικά αντισώματα καταφέρνουν να εμποδίσουν τη δέσμευση της περιοχής RBD της ακίδας στον υποδοχέα hACE2;

.....

.....

.....

.....

Για να μελετήσετε τη δέσμευση μίας μεταβλητής περιοχής του αντισώματος B38 στην γλυκοπρωτεΐνη S του ιού ανοίξτε μία νέα καρτέλα (αφού κλείσετε την προηγούμενη) με **ID δομής: *7BZ5*.** Η δομή αυτή περιλαμβάνει:

7BZ5_A: RBD της ακίδας (ροζ) ***7BZ5_H:*** βαρειά αλυσίδα αντισώματος B38 (μπλε)

7BZ5_L: ελαφριά αλυσίδα αντισώματος B38(καφέ)

Για να παρατηρήσετε τις αλληλεπιδράσεις της RBD της ακίδας με το τμήμα της βαρειάς αλυσίδας (H) της μεταβλητής περιοχής του αντισώματος B38 από το μενού επιλέξτε ***Analysis→ Interactions*** και στον πίνακα που θα εμφανισθεί επιλέξτε στο πεδίο **Select the first set** την επιλογή ***7BZ5_A*** ενώ στο πεδίο **Select the second set** την επιλογή ***7BZ5_H***. Στη συνέχεια επιλέξτε ***3D Display Interactions*** ώστε οι αλληλεπιδράσεις να εμφανισθούν στο παράθυρο δομής με φωτεινή σήμανση.

Εργασία 3

AI. Από την επιλογή ***Highlight Interactions in Table*** να καταγράψετε τα αμινοξέα της περοχής RBD της ακίδας (**Residue 1**) που αλληλεπιδρούν με τα αμινοξέα της βαρειάς αλυσίδας (H) (**Residue 2**) του αντισώματος B38 από τον πίνακα με τίτλο: **37 residue pairs in the contacts**. (Αν κάποιο αμινοξύ επαναλαμβάνεται να το καταγράψετε μία φορά).

1…… 2. …… 3. …… 4…….
5. …… 6……. 7. …… 8. ……
9. …… 10. ……11. …… 12. ……
13. …… 14. …… 15. …… 16. ……
17. …… 18. ……

AII. Στην απάντηση της εργασίας **2A** να κυκλώσετε τα αμινοξέα της ακίδας που δεσμεύονται από τη βαρειά αλυσίδα του αντισώματος.
Να καταγράψετε τον αριθμό τους: . …….

Για να παρατηρήσετε τις αλληλεπιδράσεις της RBD της ακίδας με το τμήμα της ελαφριάς αλυσίδας (L) της μεταβλητής περιοχής του αντισώματος B38 ακολουθώντας τον ίδιο τρόπο στο πεδίο **Select the first set** θα ορίσετε την επιλογή ***7BZ5_A*** ενώ στο πεδίο **Select the second set** την επιλογή ***7BZ5_L.*** Στη συνέχεια παρατηρήστε τις αλληλεπιδράσεις στο παράθυρο δομής με φωτεινή σήμανση.

BI. Από την επιλογή ***Highlight Interactions in Table*** να καταγράψετε τα αμινοξέα της RBD της ακίδας (**Residue 1**) που αλληλεπιδρούν με τα αμινοξέα της ελαφριάς αλυσίδας (L) (**Residue 2**) του αντισώματος B38 από τον πίνακα με τίτλο: **22 residue pairs in the contacts**. (Αν κάποιο αμινοξύ επαναλαμβάνεται να το καταγράψετε μία φορά).

1…… 2. …… 3. …… 4…….
5. …… 6……. 7. …… 8. ……
9. …… 10. ……11. …….

BII. Στην απάντηση της εργασίας **2A** να κυκλώσετε τα αμινοξέα της ακίδας που δεσμεύονται από την ελαφριά αλυσίδα του αντισώματος. Να καταγράψετε τον αριθμό τους: …….

ΓΙ. Από τα 19 αμινοξέα της RBD της γλυκοπρωτεΐνης S (που αλληλεπιδρούν με τα αμινοξέα του υποδοχέα hACE2) πόσα δεσμεύονται συνολικά από τη σύνδεση με αμινοξέα της βαρειάς και της ελαφριάς αλυσίδας; Εξηγήστε.

.....

.....

ΓΙΙ. Όταν το αντίσωμα B38 θα συνδεθεί με τη μεταβλητή του περιοχή στο αντιγόνο RBD της ακίδας θα είναι δυνατή η σύνδεση του ιού με τον υποδοχέα hACE2 και κατ' επέκταση η εκδήλωση της λοίμωξης; Δικαιολογήστε.

.....

.....

.....

Δ. Επιβεβαιώνεται η αρχική σας πρόβλεψη;

.....

.....

.....

ΕΙ. Επί του παρόντος, ο σχεδιασμός αποτελεσματικών εμβολίων απέναντι στον ιό *Sars-CoV-2* αποτελεί την καλύτερη στρατηγική αντιμετώπισης της πανδημίας Covid-19. Τα εμβόλια στοχεύουν στην απόκτηση τεχνητής ενεργητικής ανοσίας, προκαλώντας την παραγωγή εξουδετερωτικών αντισωμάτων για την πλήρη γλυκοπρωτεΐνη S του ιού ή για τμήματά της όπως η περοχή RBD. Αν είχατε τη δυνατότητα να σχεδιάσετε ένα εμβόλιο από ποια αμινοξέα θα επιθυμούσατε να αποτελούνται τα αντισώματα που θα παράγονταν ώστε αυτά να είναι αποτελεσματικά; Δικαιολογήστε.

.....

.....

.....

.....

ΕΙΙ. Με ποιο τρόπο αυτά τα αντισώματα εξασφαλίζουν την ανοσία των εμβολιασμένων ατόμων;

.....

.....

.....

.....

Δραστηριότητα 4. Μελέτη της επίδρασης των μεταλλάξεων στη δομή και τη λειτουργία της γλυκοπρωτεΐνης S του ιού Sars Cov-2.

ΠΜΑ 4α: Η ανάδειξη του ρόλου των μεταλλάξεων ως παράγοντα δημιουργίας νέων στελεχών του ιού Sars CoV-2 μεταξύ των οποίων και οι «*παραλλαγές ανησυχίας*».

ΠΜΑ 4β: Η συνειδητοποίηση της ανάγκης επανασχεδιασμού των εμβολίων για την κάλυψη των διαφορετικών παραλλαγών του ιού.

Η θανατηφόρος πανδημία Covid 19 συνεχίζεται καθώς μικρές αλλαγές στο γενετικό υλικό του ιού μπορεί να έχουν ουσιαστική επίδραση στη διαμόρφωση της γλυκοπρωτεΐνης S του οδηγώντας στη δημιουργία νέων παραλλαγών του ιού που είναι δύσκολο να τεθούν υπό έλεγχο. Ορισμένες χαρακτηρίστηκαν ως «*παραλλαγές ανησυχίας*» (VOC) από τον Π.Ο.Υ καθώς είναι υπεύθυνες για την αυξημένη μεταδοτικότητα και μολυσματικότητα του ιού, για την ανοσολογική, διαγνωστική και θεραπευτική διαφυγή του και καθιστούν επιτακτική την ανάγκη επανασχεδιασμού των εμβολίων.

Υπόθεση 4.1

Α. Κατά τη γνώμη σας αν ένας άνθρωπος νοσήσει από έναν ιό είναι δυνατό στο μέλλον να ακολουθήσει μία δεύτερη νόσηση από τον ίδιο ιό; Εξηγήστε.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Β. Η ανακάλυψη ενός εμβολίου για την αρχική μορφή ενός ιού μπορεί να προσφέρει ανοσία και για τα μελλοντικά στελέχη που θα προκύψουν μέσω μεταλλάξεων από αυτόν; Εξηγήστε.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Γ. Να κυκλώσετε τη σωστή απάντηση:

Μία νέα μεταλλαγή στο γενετικό υλικό του ιού είναι δυνατό να επηρεάσει:

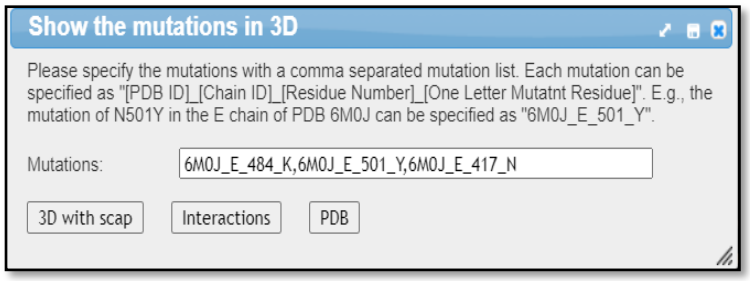
α. τους χημικούς δεσμούς που είναι υπεύθυνοι για τη σύνδεση της γλυκοπρωτεΐνης S στον υποδοχέα hACE2

β. τους χημικούς δεσμούς που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του μορίου του υποδοχέα hACE2

γ. τους χημικούς δεσμούς που αναπτύσσονται μεταξύ των αμινοξέων στο εσωτερικό του μορίου της γλυκοπρωτεΐνης S αλλά και τους χημικούς δεσμούς που είναι υπεύθυνοι για τη σύνδεση της στον υποδοχέα hACE2

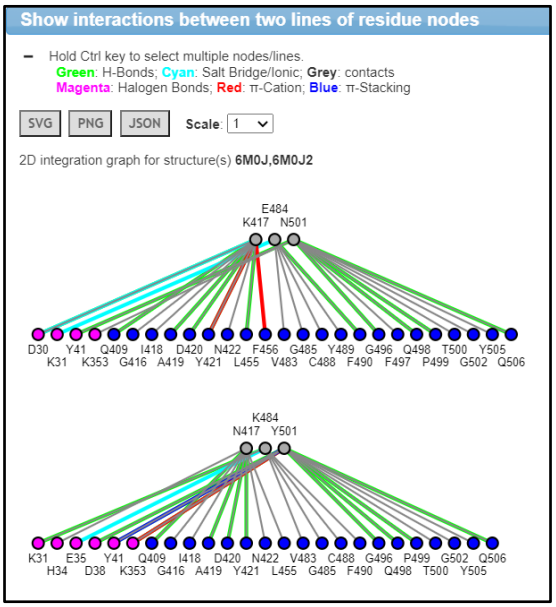
Για να παρατηρήσετε 3 σημαντικές μεταλλαγές που αποτελούν «*παραλλαγές ανησυχίας*» και επηρεάζουν την περιοχή δέσμευσης RBD της γλυκοπρωτεΐνης S στον υποδοχέα hACE2 να επιλέξετε μία RBD δομή και να ακολουθήσετε τη διαδρομή ***Analysis→Mutation.***

Στο εικονίδιο που θα εμφανισθεί εντός του πλαισίου με την ένδειξη ***Mutations*** αναγράφονται οι 3 μεταλλαγές. Στη συνέχεια να επιλέξετε ***Interactions*** (Εικόνα 10).



Εικόνα10. Μεταλλάξεις RBD ακίδας

Θα δείτε ένα παράθυρο στο οποίο εμφανίζονται δύο στιγμιότυπα (Εικόνα 11). Στο πρώτο στιγμιότυπο βλέπετε τρία αμινοξέα του αρχικού στελέχους (μη μεταλλαγμένου) και τους χημικούς δεσμούς που αναπτύσσουν με άλλα αμινοξέα της **ακίδας** (μπλε) ή του **ανθρώπινου υποδοχέα** (ροζ). Ομοίως στο δεύτερο στιγμιότυπο που αφορά το μεταλλαγμένο στέλεχος. Συγκρίνοντας τα αμινοξέα της πρώτης σειράς του πρώτου και δεύτερου στιγμιότυπου θα εντοπίσετε τις τρεις σημαντικές αλλαγές των αμινοξέων που οφείλονται στις μεταλλαγές του γενετικού υλικού.



Εικόνα 11. Αλληλεπιδράσεις αμινοξέων αρχικού και μεταλλαγμένου στελέχους

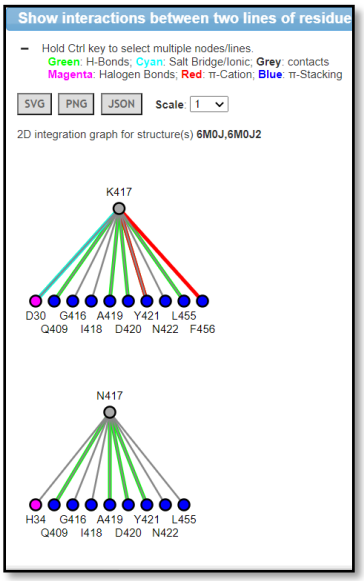
Εργασία 4.

Α. Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφεται η πρώτη μετάλλαξη. Με τον ίδιο τρόπο να καταγράψετε τις άλλες δύο:

Θέση γλυκοπρωτεΐνης S	**Αμινοξύ αρχικού στελέχους**	**Αμινοξύ μεταλλαγμένου στελέχους**	**Μετάλλαξη**	**Οι τρεις αυτές μεταλλάξεις έχουν ανιχνευθεί μεταξύ άλλων στα στελέχη υψηλού κινδύνου: *Alpha* (Αγγλίας), *Gamma* (Βραζιλίας), *Delta* (Ινδίας), ξεχωριστά η κάθε μία, ενώ στο *Beta* (Ν.Αφρικής) συνυπάρχουν και οι τρεις.**
417	**K**	**N**	**K417N**	

Για να μελετήσετε την επίδραση καθεμίας από αυτές τις μεταλλάξεις ακολουθήστε τη διαδρομή: ***Analysis→Mutation.***

Στο πλαίσιο ***Mutation*** να απομονώσετε από το σύνολο των μεταλλάξεων αυτή που σας ενδιαφέρει και στη συνέχεια να επιλέξετε ***Interactions*** (Εικόνα 12).



Εικόνα 12. Αλληλεπιδράσεις αμινοξέος θέσης 417 της RBD.

ΒΙ. Να συμπληρώσετε τα κενά των προτάσεων:

<u>Πριν τη μετάλλαξη</u>

Το **Κ417 της RBD** αναπτύσσει χημικούς δεσμούς:

με τα αμινοξέα της RBD: .....

με τα αμινοξέα τουACE2: .....

<u>Μετά τη μετάλλαξη</u>

Το Ν417 της RBD αναπτύσσει χημικούς δεσμούς:

με τα αμινοξέα της RBD: .....

με τα αμινοξέα τουACE2: .....

Νέες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αμινοξέων:.....

.....

.....

Η μετάλλαξη **K417N** λόγω των νέων αλληλεπιδράσεων έχει ως αποτέλεσμα **ανοσολογική διαφυγή**.

ΒΙΙ. Οι νέες αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται ως αποτέλεσμα της μεταλλαγής **K417N** τελικά μεταξύ των αμινοξέων ποιών δομών εντοπίζονται;

.....

.....

ΒΙΙΙ. Αυτή η διαπίστωση σας συμφωνεί με την αρχική σας πρόβλεψη 4.1Γ; Δικαιολογήστε.

.....

.....

.....

Υπόθεση 4.2

Κατά τη γνώμη σας ποια θα είναι η επίδραση των μεταλλάξεων Ε484Κ και Ν501 Υ της ακίδας στην ανάπτυξη χημικών δεσμών μεταξύ του αμινοξέος της θέσης 484 και 501 αντίστοιχα και των αμινοξέων της RBD ή/και του υποδοχέα hACE2 ;

.....

.....

.....

Να επαναλάβετε με τον ίδιο τρόπο προκειμένου να μελετήσετε τις μεταλλαγές που αφορούν τα άλλα δύο αμινοξέα (Ε484 και Ν501) του αρχικού στελέχους καθώς και του μεταλλαγμένου (Κ484 και Υ501).

ΓΙ. Να συμπληρώσετε τα κενά των προτάσεων:

<u>Πριν τη μετάλλαξη</u>

Το **Ε484 της RBD** αναπτύσσει χημικούς δεσμούς:

με τα αμινοξέα της RBD: **.....**

με τα αμινοξέα τουACE2: .....

<u>Μετά τη μετάλλαξη</u>

Το Κ484 της RBD αναπτύσσει χημικούς δεσμούς:

με τα αμινοξέα της RBD: **.....**

με τα αμινοξέα τουACE2: .....

Η μετάλλαξη **Ε484Κ** έχει ως αποτέλεσμα να χαθεί ο δεσμός …….. μεταξύ του αμινοξέος της θέσης 484 και του αμινοξέος …….. **της RBD** με αποτέλεσμα την **ανοσολογική διαφυγή**.

ΓΙΙ. Επιβεβαιώνεται η πρόβλεψη σας 4.1Γ σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά για τη μετάλλαξη Ε484Κ; Εξηγήστε.

.....

.....

ΔΙ. Να συμπληρώσετε τα κενά των προτάσεων:

<u>Πριν τη μετάλλαξη</u>

Το **N501 της RBD** αναπτύσσει χημικούς δεσμούς:

με τα αμινοξέα της RBD: .....

με τα αμινοξέα τουACE2: .....

<u>Μετά τη μετάλλαξη</u>

Το Y501 της RBD αναπτύσσει χημικούς δεσμούς:

με τα αμινοξέα της RBD: .....

με τα αμινοξέα τουACE2: .....

Η μετάλλαξη **N501Y** λόγω των νέων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των αμινοξέων

.....

θεωρείται υπεύθυνη για **υψηλότερη μεταδοτικότητα** ως αποτέλεσμα της **αυξημένης** χημικής συγγένειας με τον υποδοχέα ACE2.

ΔΙΙ. Επιβεβαιώνεται η πρόβλεψη σας 4.1Γ σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά για τη μετάλλαξη N501Y; Εξηγήστε.

.....

.....

.....

.....

ΔΙΙΙ. Γιατί κατά τη γνώμη σας …

α. άτομα που είχαν νοσήσει με το αρχικό στέλεχος της Wuhan νόσησαν εκ νέου από το μεταγενέστερο στέλεχος της Ν. Αφρικής που έφερε ταυτόχρονα και τις 3 παραπάνω μεταλλάξεις στην περιοχή RBD της ακίδας;

.....

.....

.....

.....

.....

β. η δημιουργία νέων στελεχών επιβάλλει τον επανασχεδιασμό των εμβολίων;

.....

.....

.....

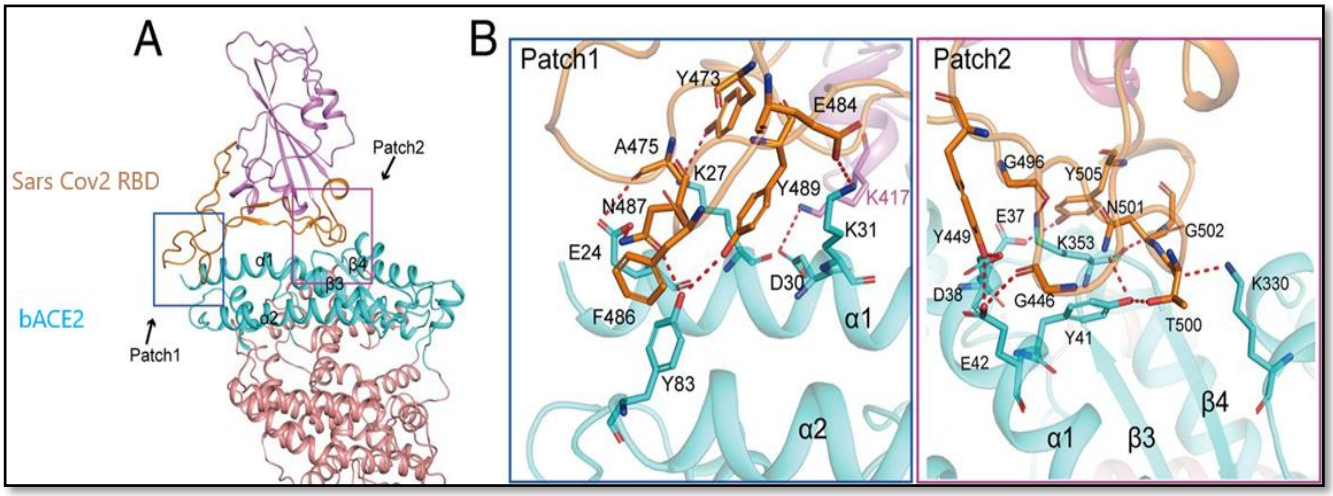
Δραστηριότητα 5. Νυχτερίδα *Rhinolophus*: Η «Φυσική δεξαμενή» του SARS-CoV 2;;;

ΠΜΑ 5α: Η διαπίστωση της προέλευσης του ιού ως αποτέλεσμα της φυσικής επιλογής με πιθανή «φυσική δεξαμενή» τις νυχτερίδες του γένους *Rhinolophus***.**

ΠΜΑ 5β:Η αμφισβήτηση της πεποίθησης πως ο ιός είναι «εργαστηριακά κατασκευασμένος»

Ο SARS-CoV 2 ανήκει στο γένος *betacoronavirus* που περιλαμβάνει ζωονοσογόνους ιούς και έως σήμερα η επιστημονική γνώση για την προέλευση του παραμένει αποσπασματική. Από μελέτες που έγιναν σε δείγματα που ελήφθησαν από την Wuhan της Κίνας ως «φυσική δεξαμενή» του ιού θεωρούνται νυχτερίδες του γένους *Rhinolophus* καθώς σε αυτές ανιχνεύθηκε ο πιο συγγενής ιός του SARS-CoV 2. Η γλυκοπρωτεΐνη S δεσμεύεται στον κυτταρικό υποδοχέα της νυχτερίδας (bACE2) με έναν παρόμοιο τρόπο δέσμευσης με τον ανθρώπινο υποδοχέα.

Ο υποδοχέας bACE2 φέρει δύο περιοχές δέσμευσης της γλυκοπρωτεΐνης S όπως και ο hACE2. **Η μία περιοχή (Patch1) παρουσιάζει ουσιαστικές διαφορές** στον τρόπο δέσμευσης της RBD της ακίδας σε σχέση με αυτή του hACE2 και είναι υπεύθυνη για τη χαμηλότερη συγγένεια δέσμευσης και πιθανόν για τη χαμηλότερη μολυσματικότητα. **Η δεύτερη περιοχή (Patch2) είναι εξαιρετικά διατηρημένη** κατά τη διαδικασία της εξέλιξης και δεν παρουσιάζει διαφορές εξασφαλίζοντας την ικανότητα δέσμευσης (Εικόνα 13).



Εικόνα 13. Α. Συνολική δομή RBD-SarsCov2 και bACE2 Β. Περιοχές αλληλεπίδρασης RBD και υποδοχέα bACE2 (Liu, et al.2021).

Για να παρατηρήσετε τις περιοχές **Patch1** και **Patch2** ανοίξτε μία νέα καρτέλα με ***ID δομής: 7C8J.*** Αυτή παρουσιάζει μια συνολική δομή RBD-SarsCov2 και bACE2. Η δομή αυτή περιλαμβάνει **Protein *7C8J*_A:** υποδοχέας **bACE2** (ροζ) και **Protein *7C8J*_B:** RBD ακίδας (μπλε). Στην καρτέλα **Details** στην **Protein *7C8J*_A** μαρκάρετε τα αμινοξέα της περιοχής Patch1 (**E24, K27, D30, K31 και Y83**) και της περιοχής Patch2 (**E37, D38, Y41 και E42**) και θα εμφανισθούν στο παράθυρο δομής με φωτεινή σήμανση. Από το μενού επιλέξτε: ***Analysis → Label→ per Residue & Number*** για να προσθέσετε ετικέτες στα αμινοξέα και να εντοπίσετε τις περιοχές **Patch1** και **Patch2.**

Για να παρατηρήσετε τις αλληλεπιδράσεις των περιοχών Patch1 και Patch2 με την RBD της ακίδας από το μενού επιλέξτε: ***Analysis → Interactions.*** Στην καρτέλα που θα ανοίξει βεβαιωθείτε πως είναι επιλεγμένοι όλοι οι τύποι χημικών δεσμών και στο πεδίο **Select the first set** επιλέξτε ***selected*** ενώ στο πεδίο **Select the second set** επιλέξτε ***7C8J_*B**. Στη συνέχεια επιλέξτε ***3D Display Interactions*** ώστε οι αλληλεπιδράσεις να εμφανισθούν στο παράθυρο δομής με φωτεινή σήμανση.

Στον πίνακα της επόμενης σελίδας αναγράφονται δέκα διαφορετικά είδη νυχτερίδας του γένους *Rhinolophus* τα οποία μολύνονται από τον ιό Sars Cov 2. Τα αμινοξέα της περιοχής Patch2 στις θέσεις **41** και **42** διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στο σχηματισμό του δικτύου αλληλεπίδρασης με το RBD της ακίδας.

Υπόθεση 5. Κατά τη γνώμη σας αυτά τα αμινοξέα θα είναι ίδια ή διαφορετικά σε αυτά τα είδη νυχτερίδας και γιατί;

.....

.....

.....

Εργασία 5

ΑΙ. Να εντοπίσετε τα αμινοξέα αυτών των θέσεων και να τα καταγράψετε στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα ακολουθώντας τα εξής βήματα:

Κάνετε κλικ στο **ID 7C8J** στο παράθυρο δομής. Στην καρτέλα που θα ανοίξει επιλέξτε ***Download Sequence Data*** και στη συνέχεια επιλέξτε το 2^{ο} item: ***Chain A, Angiotensin-converting enzyme*** - ***PDB: 7C8J_A***. Στη συνέχεια από τη στήλη **Analyze these sequences** επιλέξτε ***RunBlast***. Και στη σελίδα που θα ανοίξει επιλέξτε ***BLAST*** στο κάτω μέρος της οθόνης.

Θα εμφανισθεί ένας κατάλογος διαφορετικών ειδών που η αλληλουχία αμινοξέων του κυτταρικού υποδοχέα τους παρουσιάζει μεγάλο ποσοστό ομοιότητας (7^{η} στήλη: ***Persent identity***) με αυτή που καταχωρίσατε. Στο πεδίο **Show** επιλέξτε ***100*** καταχωρίσεις.

Επιλέγοντας από τη στήλη με τίτλο **Descriptions** την επιλογή ***Chain A - Angiotensin-converting enzyme*** [***Rhinolophus macrotis***] εμφανίζεται η αλληλουχία των αμινοξέων του b ACE2 και κατεβαίνοντας θα δείτε την αντίστοιχη αλληλουχία για τα υπόλοιπα είδη.

Είδος νυχτερίδας	Αμινοξύ θέσης 41	Αμινοξύ θέσης 42
1.Rhinolophus macrotis		
2.Rhinolophus cornutus		
3.Rhinolophus pusillus		
4.Rhinolophus sinicus		
5.Rhinolophus pearsonii		
6.Rhinolophus shameli		
7.Rhinolophus affinis		
8.Rhinolophus ferrumequinum		
9.Rhinolophus landeri		
10.Rhinolophus alcyone		

II. Τα αμινοξέα των θέσεων 41 και 42 όπως προκύπτει από τον πίνακα είναι ίδια ή διαφορετικά μεταξύ των διαφορετικών ειδών; Δικαιολογήστε.

.....

.....

.....

III. Επιβεβαιώνεται ή απορρίπτεται η αρχική σας απάντηση; Εξηγήστε.

.....

.....

.....

IV.Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα υπάρχουν είδη με παρόμοια και είδη με διαφορετική ικανότητα δέσμευσης; Δικαιολογήστε δίνοντας ένα παράδειγμα.

.....

.....

.....

.....

V. Πώς εξηγείτε την ποικίλη ικανότητα δέσμευσης των διαφορετικών ειδών με την RBD της ακίδας του ιού;

.....

.....

.....

.....

Να επιλέξετε ***Descriptions*** για να επιστρέψετε στην προηγούμενη σελίδα.

ΒΙ. Να συμπληρώσετε το ποσοστό ομοιότητας του κυτταρικού υποδοχέα καθενός από τα είδη που ακολουθούν με αυτόν του *Rhinolophus macrotis*:

Equus caballus (άλογο) .....

Felis catus (γάτα) .....

Canis lupus familiaris (σκύλος) .....

Camelus ferus (καμήλα) .....

ΙΙ. Δεδομένου του υψηλού βαθμού ομοιότητας των υποδοχέων ACE2 τα παραπάνω είδη αποτελούν ξενιστικά είδη που μολύνονται από τον ιό. Πώς θα μπορούσε να εξηγηθεί ο διαφορετικός βαθμός μολυσματικότητας που εμφανίζουν;

.....

.....

.....

.....

.....

ΙΙΙ. Θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ενδιάμεσοι ξενιστές μετάδοσης από τη νυχτερίδα στον άνθρωπο; Δικαιολογήστε.

.....

.....

.....

.....

.....

Γ. Η Ν.Α Ασία είναι μία περιοχή που φιλοξενεί μεγάλη ποικιλομορφία άγριας ζωής και παρουσιάζει σημαντική ανθρώπινη επαφή με άγριους ξενιστές ιών που μοιάζουν σημαντικά με τον SARS. Είναι πιθανή η προέλευση του *SARS-CoV-2* από αυτήν την περιοχή; Δικαιολογήστε.

.....

.....

.....

.....

Σας ευχαριστώ για τη συμμετοχή σας!

«Δηλώνω ρητά ότι, το κείμενο της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας δεν αποτελεί προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον»

Αργυρούλα Ζαφειροπούλου

Α.Μ. 7113122000013