



«ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ»
«ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ»
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Αξιοποίηση των ΤΠΕ για την αναπαράσταση 3D απεικονίσεων βιολογικών δομών και λειτουργιών

Στυλιανός - Γεώργιος Πατεργιαννάκης
Βιολόγος

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια Ισιδώρα Παπασιδέρη

Αθήνα 2019



«ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ»
«ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ»
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Αξιοποίηση των ΤΠΕ για την αναπαράσταση 3D απεικονίσεων βιολογικών δομών και λειτουργιών

Στυλιανός - Γεώργιος Πατεργιαννάκης
Βιολόγος

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:
Ισιδώρα Παπασιδέρη, Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Σοφία Ριζοπούλου, Καθηγήτρια
Βασιλική Αλεπόρου, Καθηγήτρια

Αθήνα 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σημερινή εποχή η ταχεία ανάπτυξη της τεχνολογίας και η είσοδος των υπολογιστών στην καθημερινότητα λειτουργούν ως αρωγός στην ευρεία χρήση της τεχνολογίας σε όλους τους τομείς. Η εκπαίδευση δεν θα μπορούσε να μην επηρεαστεί αφού αντικατοπτρίζει τις κοινωνικές εξελίξεις. Οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις λοιπόν δεν θα μπορούσαν να μην λάβουν υπόψη τον ψηφιακό αλφαριθμητισμό των μαθητών από πολύ νωρίς στη ζωή τους. Απαιτείται λοιπόν ενσωμάτωση των τεχνολογικών μέσων και κατάλληλη προσαρμογή των εκπαιδευτικών προσεγγίσεων, ώστε να εμπλουτιστούν οι έμφυτες «ψηφιακές δεξιότητες» των μαθητών. Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) λοιπόν μπορούν να γίνουν το μέσο με τη βοήθεια του οποίου θα πραγματοποιηθούν οι αναγκαίες εκπαιδευτικές αλλαγές στις σχολικές μονάδες, αλλαγές οι οποίες μπορούν δυναμικά να οδηγήσουν σε σημαντικά εκπαιδευτικά και παιδαγωγικά αποτελέσματα, με την προϋπόθεση η ενσωμάτωσή τους στη διδακτική προσέγγιση να γίνεται μετά από κατάλληλο σχεδιασμό, ώστε οι μαθητές να αναπτύξουν τις γνώσεις και τις δεξιότητες που χρειάζονται στη σύγχρονη κοινωνία για να επιτύχουν. Στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, εμπλουτίστηκε η διδασκαλία της Βιολογίας με τη χρήση ΤΠΕ και συγκεκριμένα ο στόχος ήταν η ανάδειξη της συμβολής των ΤΠΕ που σχετίζονται με την τρισδιάστατη απεικόνιση των βιολογικών μακρομορίων, όπως το DNA και οι πρωτεΐνες. Η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε σε 56 μαθητές Β΄ Λυκείου σε 2 σχολεία της Αθήνας και της Κορίνθου τον Απρίλιο του 2019. Χρησιμοποιήθηκε ένα λογισμικό τρισδιάστατης απεικόνισης της δομής DNA και των πρωτεϊνών στη διδασκαλία των γενετικών μεταλλάξεων χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα την πρωτεΐνη BRCA1. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι πολύ ενθαρρυντικά γιατί η αποδοχή των ΤΠΕ από τους μαθητές ήταν αξιοσημείωτα σημαντική. Συνεπώς, λόγω της περαιτέρω ανάπτυξης της πληροφορικής που αναμένεται τα επόμενα χρόνια, η έρευνα θα πρέπει να συνεχιστεί ώστε να σχεδιαστούν κατάλληλα εκπαιδευτικά λογισμικά και να καθοριστεί και ο τρόπος χρήσης τους ώστε να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα της ενσωμάτωσης των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Λέξεις κλειδιά: Νέες Τεχνολογίες, Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνίας, Εκπαιδευτική Διαδικασία, Διαδίκτυο

ABSTRACT

Nowadays the rapid development of technology and the entry of computers into everyday life serve as a helper in the widespread use of technology in all sectors. Education could not be unaffected by reflecting social developments. Educational approaches therefore could not ignore pupils' digital literacy very early in their lives. It is therefore necessary to integrate the technological tools and adapt educational approaches accordingly to enrich pupils' inherent «digital skills». Information and Communication Technologies (ICT) can therefore become the instrument by means of which the necessary educational changes in the schools will take place, changes that can potentially lead to significant educational and pedagogical results, provided their integration into the a didactic approach is made after appropriate design so that students develop the knowledge and skills they need in modern society to succeed. In the framework of this postgraduate dissertation, the teaching of Biology using ICT was enriched and the aim was to highlight the contribution of ICT related to the three-dimensional representation of biological macromolecules, such as DNA and proteins. Teaching was conducted at 56 high school students in 2 schools in Athens and Corinth in April 2019. A three-dimensional imaging software of the DNA structure and proteins was used in the teaching of genetic mutations using, for example, BRCA1 protein. The results obtained are very encouraging because the acceptance of ICT by the students was remarkably important. Consequently, due to the further development of IT that is expected in the coming years, research should continue to design appropriate educational software and determine how to use them to ensure the efficiency of ICT integration in the educational process.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία ανάπτυξη της ηλεκτρονικής τεχνολογίας, αποτέλεσε πλοηγό στην εκτεταμένη χρήση των Νέων Τεχνολογιών καθολικά, στους τομείς των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Οι εξελίξεις αυτές εξ αρχής δεν έχουν αφήσει ανεπηρέαστη την εκπαίδευση, η οποία είναι άμεσα εμπλεκόμενη με τις κοινωνικές μεταβολές και τις κοινωνικές εξελίξεις. Οι διδακτικές προσεγγίσεις λοιπόν θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη ότι οι σημερινοί μαθητές (Prensky, 2001α) έχουν καθημερινή επαφή με νέες τεχνολογίες και ειδικότερα με υπηρεσίες κοινωνικού λογισμικού. Οι περισσότεροι μαθητές διαθέτουν προφίλ στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης (social networking sites – Facebook, Twitter, κ.ά.) (Εξαδακτύλου & Στασινάκης, 2019), χρησιμοποιούν ιστολόγια και άλλες ηλεκτρονικές πηγές, όπως τα mashups, τα micro-blogging, τα rss, το podcasting, το YouTube κατορθώνοντας να επικοινωνούν σύγχρονα ή ασύγχρονα, να κατασκευάζουν και να διαμοιράζουν πολυμεσικά αρχεία ΕΠΣΕΤ (2016).

Καθώς οι σημερινοί μαθητές είναι διαφορετικοί από τις προηγούμενες γενιές, αφού μεγαλώνουν «συνδεδεμένοι» με τον κόσμο των ψηφιακών συσκευών όπως ο υπολογιστής και άλλες φορητές συσκευές, ενώ επίσης πολλές τεχνολογικές γνώσεις-δεξιότητες αποκτώνται εκτός σχολείου (Νικολοπούλου, 2009), απαιτείται κατάλληλη προσαρμογή των εκπαιδευτικών δράσεων, ώστε να προσδίδεται προστιθέμενη αξία στις, κατά τα φαινόμενα, έμφυτες «ψηφιακές δεξιότητες» των μαθητών. Άλλωστε, το Διαδίκτυο, και ειδικότερα το κοινωνικό λογισμικό, ενδείκνυται για την ανάπτυξη ενός πολύ πιο δυναμικού και ευέλικτου μαθησιακού περιβάλλοντος, σε σύγκριση με τις παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις (Μπράτισης, 2008). Οι ΤΠΕ λοιπόν μπορούν να γίνουν το μέσο ώστε να προκύψουν εκπαιδευτικές αλλαγές στις σχολικές μονάδες, αλλαγές οι οποίες μπορούν δυνητικά να οδηγήσουν σε σημαντικά εκπαιδευτικά και παιδαγωγικά αποτελέσματα, με την προϋπόθεση να συμπεριλαμβάνονται στη διδακτική προσέγγιση υπό κατάλληλο σχεδιασμό και ένταξη στη διδακτική πρακτική, ώστε να ενισχύσουν τους μαθητές στην ανάπτυξη των γνώσεων, των δεξιοτήτων και των στάσεων που χρειάζονται για να επιτύχουν στην κοινωνία του 21^{ου} αιώνα (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011).

Το σύγχρονο σχολείο οφείλει να προετοιμάσει αποτελεσματικά τους μαθητές και για την παραπέρα ζωή τους, καθώς και για τη συμμετοχή τους στη σύγχρονη Κοινωνία της Γνώσης προκειμένου να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις αλλά και να αξιοποιήσουν τις ευκαιρίες της νέας εποχής. Στόχο λοιπόν θα πρέπει να αποτελεί η ανάπτυξη ικανοτήτων από τους μαθητές αυτόνομης αξιοποίησης των υπολογιστικών και δικτυακών εργαλείων για την επίλυση προβλημάτων και όχι η κατάρτιση των μαθητών σε εφήμερες τεχνολογικές γνώσεις ή δεξιότητες (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εκπόνηση της παρούσας διατριβής δεν θα ήταν εφικτή χωρίς τη συμμετοχή και τη συνεργασία κάποιων ανθρώπων, τους οποίους επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά. Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που δέχτηκαν να συμμετάσχουν στη μελέτη, με προθυμία, με ανιδιοτέλεια και με πίστη στο όφελος που προσφέρει η έρευνα για τη βελτίωση του εκπαιδευτικού έργου. Η συμβολή τους υπήρξε αναπόσπαστο κομμάτι αυτής της εργασίας και ως εκ τούτου αποτελούν βασικούς συντελεστές της. Στο ίδιο πλαίσιο, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της εργασίας, κα Ισιδώρα Παπασιδέρη και την κα Μάρθα Γεωργίου που με βοήθησαν στην ολοκλήρωση και τελειοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Ακόμα οφείλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επόπτη μου, κ. Στασινάκη Παναγιώτη, ο οποίος εκπλήρωσε πολλαπλούς ρόλους καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της διαδρομής. Χωρίς την πολύτιμη βοήθειά του σε επιστημονικά και διαδικαστικά ζητήματα, η πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας θα ήταν αδύνατη.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους συναδέλφους Ζαχόπουλο Χριστόφορο, Κουμαρέλα Δημήτρη και Παπαδοπούλου Σοφία, οι οποίοι συνετέλεσαν στο να πραγματοποιηθεί η διδασκαλία στα σχολεία που εργάζονται.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1 Διδακτική της Βιολογίας	9
1.2 Μερικά επιστημολογικά ζητήματα	10
1.3 Η ψυχολογία της εκμάθησης βιολογικών εννοιών	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	12
Τρισδιάστατη απεικόνιση στη Βιολογία.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	16
Η Νέα Βιολογία.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	19
Οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση.....	19
4.1 Πλεονεκτήματα από τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία	22
4.2 Μειονεκτήματα από τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία.....	23
4.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την ένταξη των ΤΠΕ στην εκπαίδευση	24
4.3.1 Προσωπικοί Παράγοντες	25
4.3.2 Τεχνικά εμπόδια.....	28
4.3.3 Σχολικοί παράγοντες	30
4.3.4 Παιδαγωγικό πλαίσιο ΤΠΕ	31
4.4 Αναδυόμενες Παιδαγωγικές και Αναδυόμενες Τεχνολογίες.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	35
5.1 Χρήση ΤΠΕ στη Διδασκαλία της Βιολογίας	35
5.2 3D μοντέλα	36
5.3 Μοντελοποίηση επιπέδων οργάνωσης DNA και πρωτεϊνών με το λογισμικό τρισδιάστατης οπτικοποίησης Cn3D.....	37
5.4 Ένα 3D-DNA μόριο από το PlayMais	38
5.5 Χρήση αναλογιών και χειρονομιών για την οπτική απεικόνιση της δομής του DNA.....	39
5.6 Εικονική μάθηση	41
5.7 Έρευνα για τις δυσκολίες των μαθητών στην απεικόνιση ενός βιολογικού κυττάρου 3-D και μαθήματα παιδαγωγικής.....	43
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	49
Μεθοδολογία έρευνας.....	50

Ερευνητικά ερωτήματα, δείγμα της έρευνας, περιοχή και χρόνος διεξαγωγής της μελέτης	50
Διδακτέα Ύλη Βιολογίας με τη βοήθεια ΤΠΕ – Ανάλυση σχεδίου μαθήματος και φύλλου εργασίας	55
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	76
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	79
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	81
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	91
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.....	129
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.....	132
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.....	139

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Διδακτική της Βιολογίας

Η «Διδακτική της Βιολογίας» ή η «Έρευνα Βιολογικής Εκπαίδευσης» είναι έρευνα που αποσκοπεί στην ανάδειξη και διευκόλυνση της διαδικασίας διδασκαλίας και εκμάθησης του βιολογικού κόσμου. Ο βιολογικός κόσμος είναι μέρος του φυσικού κόσμου και έτσι οι βιολογικές επιστήμες είναι μέρος των επιστημών της φύσης. Ως εκ τούτου θα μπορούσε κανείς να θεωρήσει τη «Διδακτική της Βιολογίας» ως ένα μόνο μέρος της «Διδακτικής της Επιστήμης», του τομέα της έρευνας γνωστής ως «Επιστημονική Εκπαίδευση». Στην πραγματικότητα, ορισμένα ερευνητικά ερωτήματα που απευθύνονται στη «Διδακτική της Βιολογίας» μπορούν να προσεγγιστούν μέσω θεωρητικών δομών που έχουν προκύψει στο πλαίσιο της «Διδακτικής της Επιστήμης» (Lewis, 2008). Ωστόσο, τα επιστημολογικά και ψυχολογικά ζητήματα που σχετίζονται τόσο με την έρευνα όσο και με τη διδασκαλία των βιολογικών επιστημών φαίνεται να διαφέρουν από τις άλλες επιστήμες της φύσης (Zogza, 2016).

Πράγματι, η Βιολογία σε σύγκριση με τις άλλες Επιστήμες της Φύσης διαφέρει λόγω κάποιων ιδιαίτερων ιδιοτήτων. Αυτή η ιδιαιτερότητα της Βιολογίας έγινε αντιληπτή και από τον κορυφαίο εξελικτικό βιολόγο, τον Ernst Mayr, που κάποιος αποκαλούσαν «ο Δαρβίνος του εικοστού αιώνα». Ο Mayr (2008) προσπαθώντας να ορίσει τη ζωή, επισημαίνοντας εκ των προτέρων πως «... ο κατάλογος που παραθέτω εδώ είναι ελλιπής και κάπως υπερβολικός» (σελ. 81), διέκρινε ορισμένα χαρακτηριστικά διάκρισης μεταξύ έμβιας και άβιας ύλης.

- ∴ *Πολυπλοκότητα-οργάνωση*: τα μέρη διαθέτουν προσαρμοστική σημασία, πολυπλοκότητα η οποία παρατηρείται σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης των έμβιων όντων (μόριο, κύτταρο, σύστημα, άτομο, οικοσύστημα) και δεν είναι τυχαία.
- ∴ *Χημική μοναδικότητα*: μεγάλα οργανικά μόρια με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, π.χ. DNA με δυνατότητα αντιγραφής, ή που εμφανίζονται μόνο όταν είναι αναγκαία η λειτουργία τους, π.χ. η ροδοψίνη για τη λειτουργία της όρασης.
- ∴ *Ποιότητα*: στον κόσμο της ζωής κυριαρχούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, μοναδικότητες που δημιουργούν την ποικιλομορφία, τις αλληλεπιδράσεις, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των βιολογικών ομάδων.
- ∴ *Μοναδικότητα και μεταβλητότητα*: ομάδες μοναδικών ατόμων που δημιουργούν μεγάλες διακυμάνσεις, άτομα που μεταβάλλονται στο πέρασ του χρόνου (π.χ. ζυγωτό, έμβρυο, εφηβεία, ενήλικη ζωή, γηρατειά, θάνατος).
- ∴ *Ύπαρξη γενετικού προγράμματος*: καταγεγραμμένες πληροφορίες στο γενετικό υλικό των οργανισμών (DNA ή RNA σε RNA ιούς), με ικανότητα αντιγραφής και λαθών (μεταλλάξεις) που οδηγούν σε μεγιστοποίηση της ποικιλομορφίας.
- ∴ *Ιστορικότητα*: κοινή καταγωγή, κοινές ιδιότητες, κοινή ιστορία.
- ∴ *Φυσική επιλογή*: διαφορική αναπαραγωγή ατόμων, μία ταυτόχρονα τυχαία (ως προς την ποικιλομορφία που γίνεται η επιλογή) και καθορισμένη (ως προς τη διαδικασία της επιλογής)

βιολογική διεργασία.

∴ *Απροσδιοριστία*: στη Βιολογία οι προβλέψεις είναι πολύ περισσότερο πιθανοκρατικές, από ότι συμβαίνει στις φυσικές επιστήμες. Αιτίες είναι: η τυχειότητα ενός συμβάντος σε σχέση με τη σημασία του, η μοναδικότητα ενός μοναδικού συμβάντος ή μίας καινούριας μοναδικής οντότητας, το υψηλό μέγεθος στοχαστικών διαταραχών λόγω αλληλεπίδρασης μοναδικών ατόμων και μοναδικών περιβαλλοντικών συνδυασμών, η πολυπλοκότητα μηχανισμών και διεργασιών, η ανάδυση νέων και μη αναμενόμενων ιδιοτήτων στα διάφορα ιεραρχικά επίπεδα οργάνωσης της ζωής (Στασινάκης, 2016).

1.2 Μερικά επιστημολογικά ζητήματα

Η κατανόηση των έμβιων όντων ήταν δύσκολο έργο που χρειάστηκε πολλούς αιώνες. Για παράδειγμα, αν πρέπει να κατανοηθούν οι δομές και οι λειτουργίες των έμβιων όντων, πρέπει να μελετηθούν οι δομές και οι λειτουργίες κάποιων κατώτερων ιεραρχικών επιπέδων. Το πρόβλημα της μικρομοριακής σύλληψης (θεώρηση κατώτερων ιεραρχικών επιπέδων) χαρακτηρίζει και άλλες, μη βιολογικές οντότητες. Ωστόσο, στην περίπτωση των έμβιων όντων, το πρόβλημα αυτό αποκτά επιπλέον σημασία λόγω της πολυπλοκότητας της οργάνωσής τους. Τα έμβια όντα αποτελούνται από χημικές ουσίες αλλά δεν μπορούν να θεωρηθούν ως χημικές δομές, αφού διακρίνονται από αυτο-οργάνωση σε διαφορετικά επίπεδα, καθένα από τα οποία παρουσιάζει διαφορετικές λειτουργίες που συμβάλλουν στην επιβίωση του οργανισμού στο σύνολό του (Mayr, 1988, 2004). Αυτή η πολυπλοκότητα ανησυχεί τόσο τους φοιτητές όσο και όσους ασχολούνται με το σχεδιασμό προγραμμάτων ή τη σύνταξη σχολικών βιβλίων. Από τα συνήθη ερωτήματα με τα οποία έρχονται αντιμέτωποι οι εκπαιδευτικοί περιλαμβάνουν αυτά σχετικά με το ποιο είναι το καταλληλότερο επίπεδο εξήγησης για την κατανόηση των βιολογικών φαινομένων, το μοριακό ή το εξελικτικό επίπεδο, το οργανικό ή το οικολογικό επίπεδο ή μήπως όλα αυτά τα επίπεδα μαζί. Η μετακίνηση μεταξύ αυτών των διαφορετικών επιπέδων είναι δύσκολη, αλλά αποτελεί προϋπόθεση για τη σύνθεση ολόκληρης της εικόνας και την τελική κατανόηση των έμβιων όντων (Verhoeff et al., 2008; Zogza, 2016).

Η βιολογική γνώση περιλαμβάνει μια σειρά από έννοιες με διαφορετικούς βαθμούς πολυπλοκότητας, αφαίρεσης και σημασίας. Η προσπάθεια των εκπαιδευτικών κατά τη διδασκαλία της βιολογίας θα πρέπει να στοχεύει στην παροχή στους μαθητές των μέσων να κατανοήσουν συγκεκριμένες και περιγραφικές έννοιες προτού προχωρήσουν με τις αφηρημένες. Η έννοια του γονιδίου, για παράδειγμα, έχει αλλάξει πολύ από τότε που εισήχθη για πρώτη φορά ως θεωρητικό κατασκεύασμα και εξακολουθεί να υπόκειται σε τροποποίηση (Gericke & Hagberg, 2007). Πώς, λοιπόν, διδάσκονται τα γονίδια; Είναι καλό να ειπωθεί πρώτα η άποψη του Μέντελ για το γονίδιο και στη συνέχεια να δοθεί έμφαση στη μοριακή του αντίληψη, αντικατοπτρίζοντας την εξέλιξη της επιστημονικής σκέψης; Θα ήταν καλύτερο να επικεντρωθεί κανείς στη μοριακή ιδέα του γονιδίου ως κομμάτι ενός μορίου DNA - μιας χημικής δομής με συγκεκριμένη ακολουθία βάσεων; Και πώς μπορούν να βοηθηθούν οι νεότεροι φοιτητές να αρχίσουν να κατανοούν σωστά το θέμα; Μπορεί η έρευνα να παράγει παιδαγωγικές θεωρίες που αφορούν τη διδασκαλία και την εκμάθηση βασικών βιολογικών εννοιών; (Boersma & Waarlo, 2008; Knippels et al., 2001; Zogza, 2016). Εκτός από τη διδασκαλία των εννοιών της επιστήμης, ενδιαφερόμαστε επίσης να διδάξουμε τις μεθόδους κατασκευής και

αξιολόγησης της γνώσης. Η βιολογία είναι μια πολύ περίπλοκη επιστήμη όσον αφορά τη μεθοδολογία της έρευνας. Η ποικιλομορφία της αντικατοπτρίζεται στους πολλούς διαφορετικούς επιστημονικούς τομείς που έχουν αναπτυχθεί στην πραγματικότητα σε ξεχωριστές βιολογικές επιστήμες. Τα χαρακτηριστικά των ερευνητικών μεθόδων τους αντικατοπτρίζονται στον τρόπο με τον οποίο διδάσκονται ορισμένα θέματα, ειδικά όταν γίνεται προσπάθεια να υιοθετήσουμε το μοντέλο διδασκαλίας και μάθησης που βασίζεται στην έρευνα. Ο πλουραλισμός των μεθόδων μέσω των οποίων οι επιστήμονες κατασκεύαζαν γνώση επισημάνθηκε από τους Duschl & Grandy (2008) στο πλαίσιο των πρακτικών διδασκαλίας της επιστήμης. Στην πραγματικότητα, η αποκαλούμενη «επιστημονική μέθοδος» διαφέρει ανάλογα με την εν λόγω πειθαρχία. Ο πειραματισμός μπορεί να λειτουργήσει για κλάδους όπως η κυτταρική και μοριακή βιολογία, η γενετική και η φυσιολογία, η φυσική και η χημεία. Ωστόσο, όσον αφορά την εξέλιξη ή ακόμα και την οικολογία, για παράδειγμα, η κατασκευή της γνώσης μπορεί να βασίζεται στην παρατήρηση ή τη σύγκριση των πληροφοριών που δεν παρέχονται κατ' ανάγκη με πειράματα. Στη βιολογική εκπαίδευση έχουμε την ευκαιρία να συζητήσουμε θέματα όπως ο ρόλος και η επεξηγηματική δύναμη της αναγωγικής προσέγγισης στην πειραματική βιολογία. Επιπλέον, μπορούμε να συζητήσουμε θέματα όπως οι δυσκολίες γενίκευσης ή οι εξηγήσεις διαφορετικού επιπέδου που μπορούν να δοθούν για να εξηγήσουν ένα συγκεκριμένο φαινόμενο (Duschl & Grandy, 2013; Windschitl et al., 2008). Η μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας και της διερεύνησης των διαφόρων επιστημονικών πρακτικών είναι απαραίτητη προϋπόθεση (Zogza, 2016).

Τελευταίο, αλλά όχι λιγότερο σημαντικό είναι το ζήτημα της τελεολογίας στη βιολογία (Mayr, 1988). Η φυσική μας τάση είναι να θεωρούμε ότι ο βιολογικός κόσμος, ως μέρος του φυσικού κόσμου, λειτουργεί με μια τελική αιτία (δηλαδή, αρμονικά, σε ισορροπία) και να μη δεχόμαστε την «τυχαioτητα». Αυτό προκαλεί μια άλλη ιδιαιτερότητα όσον αφορά την κατασκευή βιολογικών γνώσεων. Οι Garvin-Doxas & Klymkowsky (2008) ανέφεραν πως η αυθόρμητη υπόθεση ότι η «τυχαioτητα» φαίνεται ασυμβίβαστη με τα εξαιρετικά αποτελεσματικά «βιολογικά συστήματα» μπορεί να υπονομεύσει την κατανόησή μας σε πολλά πλαίσια, δεδομένου ότι η «πιθανότητα» διατρέχει ένα πολύ ευρύ φάσμα βιολογικών διαδικασιών σε διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης. Πράγματι, στα πλαίσια της οικολογίας, της γενετικής και της μοριακής βιολογίας, καθώς και της εξέλιξης, η πρόκληση για τη βιολογική εκπαίδευση είναι η αποσταθεροποίηση της βαθιά ριζωμένης παραδοχής του «όχι τυχαία-αλλά σκοπός» (Ergazaki & Ampatzidis, 2012; Kampourakis & Zogza, 2008, 2009; Zogza, 2016).

1.3 Η ψυχολογία της εκμάθησης βιολογικών εννοιών

Παρόλο που δεν υπάρχει συμφωνία μεταξύ γνωστικών ψυχολόγων για το πότε εμφανίζεται η διαισθητική βιολογία (ηλικία 4-5 ετών ή ηλικία 7-8 ετών) (Carey, 1985, 1988; Inagaki & Hatano, 2002, 2006; Keil et al., 1999), όλοι υποδηλώνουν ότι η διαισθητική βιολογία είναι ξεχωριστή περιοχή, διαφορετική από εκείνη της διαισθητικής ψυχολογίας και της διαισθητικής φυσικής. Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι έχουμε διαφορετικούς τρόπους σκέψης για τις ζωντανές οντότητες. Έχει προταθεί ότι η εμφάνιση ενός ξεχωριστού τομέα της γνώσης της βιολογίας θα μπορούσε να ευνοηθεί εξελικτικά, καθώς η γνώση των ζώων και των φυτών (πιθανές πηγές τροφής) (Wellman & Gelman, 1992), όπως επίσης και η γνώση των σωματικών λειτουργιών (Hatano & Inagaki, 1994), μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας για την επιβίωση των ανθρώπων (Zogza, 2016).

Η διαισθητική βιολογία χαρακτηρίζεται από την ικανότητα ανάπτυξης κάποιων βασικών οντολογικών διακρίσεων, όπως ο διαχωρισμός του «μυαλού-σώματος», καθώς και από την ενεργοποίηση ειδικών συσκευών λογικής σε σχέση με το βιολογικό κόσμο. Σύμφωνα με τους Inagaki και Hatano (2002), αυτά είναι (α) η «προσωποποιημένη» προγνωστική συσκευή που δίνει στα μικρά παιδιά την ευκαιρία να κάνουν λογικές προβλέψεις για τα χαρακτηριστικά των ζωντανών οντοτήτων ανάλογα με το πόσο μοιάζουν με τους ανθρώπους, (β) η «αιτιολογική» συσκευή που οδηγεί τα παιδιά να κατηγοριοποιούν τις ζωντανές οντότητες βάση της μοναδικής, εσωτερικής «ουσίας» τους που παραμένει ανέπαφη σε όλη τη ζωή. Η διαισθητική βιολογία μετατοπίζεται σε πιο προηγμένη σχολική βιολογία όταν μπορεί να γίνει «μηχανιστική» ή και «εξελικτική» συλλογιστική. Εντούτοις, στοιχεία της διαισθητικής βιολογίας μπορούν να ανιχνευθούν στους ενήλικες, ειδικά όταν πρόκειται για απαιτητικά, θεωρητικά φορτωμένα φαινόμενα όπως η κληρονομιά ή η εξέλιξη (Zogza, 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Τρισδιάστατη απεικόνιση στη Βιολογία

Η τρισδιάστατη δομή του DNA (Watson, 1953β) είχε τεράστια επίδραση στην επιστήμη. Ειδικότερα, η επίλυση της δομής του DNA έθεσε τα θεμέλια για πολλά από αυτά που ακολούθησαν στη μοριακή βιολογία, την εξέλιξη, τη γονιδιωματική, την αποκρυπτογράφηση της γενετικής βάσης των νόσων και πολλούς άλλους τομείς. Η διπλή έλικα είναι ένα σύμβολο της επιστήμης και της προόδου της, όπως ένα μήλο με ένα δάγκωμα είναι σύμβολο των εξελίξεων στους υπολογιστές και ένα μικρό τίτβισμα (tweeting) είναι το σύμβολο για την άνοδο των κοινωνικών δικτύων (Bourne, 2017).

Η διπλή έλικα είναι ο εξάισιος τρόπος της φύσης για την κωδικοποίηση των βιολογικών πληροφοριών - εναλλακτικές διατάξεις των φωσφορικών ομάδων και των σακχάρων που συνδέονται ομοιοπολικά σε μία δεξιόστροφη έλικα. Το μόριο DNA προσωποποιεί την τρισδιάστατη φύση της ζωής (Bourne, 2017).

Οι τρισδιάστατες δομές μπορούν να προσδιοριστούν πειραματικά εφαρμόζοντας τους νόμους της φυσικής και των υπολογιστικών εργαλείων. Οι Braggs, πατέρας και γιος, έδειξαν το 1913 (Bragg & Bragg, 1913) ότι τα κρυσταλλικά στερεά παρήγαγαν πρότυπα διαθλασμένων ακτίνων Χ. Τα μοτίβα απορρέουν από τις διαστάσεις του επαναλαμβανόμενου κρυσταλλικού πλέγματος, δηλαδή η ένταση που προκύπτει από τα σημεία διάθλασης είναι συνάρτηση της θέσης των ατόμων. Ειδικότερα, τα ηλεκτρονικά τους νέφη επιβεβαίωσαν την ατομική φύση της ύλης και γέννησαν το πεδίο της κρυσταλλογραφίας ακτίνων Χ (Bragg & Bragg 1913; Bourne, 2017).

Καθώς οι τεχνικές, οι υπολογιστές και τα όργανα μέτρησης εξελίχθηκαν, το μέγεθος και ο αριθμός των προσδιορισμένων μοριακών δομών αυξήθηκε. Η σπουδαιότητα της ανακάλυψης μιας τρισδιάστατης δομής για την επιστημονική κοινότητα είναι εμφανής αν αναλογιστεί κανείς ότι βραβεία Νόμπελ έχουν διεκδικήσει και τελικά έχουν απονεμηθεί σε ερευνητές που ανακάλυψαν τρισδιάστατες δομές μακρομορίων τα οποία διαφώτισαν τη βιολογική λειτουργία τους. Ένα τέτοιο μακρομόριο είναι και η φεριτίνη, της οποίας η ανακάλυψη της δομής βοήθησε στην κατανόηση του μεταβολισμού του σιδήρου και στην κατανόηση επίσης των ασθενειών που άμεσα σχετίζονται με την πρωτεΐνη, όπως η νευροφερριτινοπάθεια, μια νευροεκφυλιστική νόσος που προκαλείται λόγω μιας μετάλλαξης στην

ελαφριά αλυσίδα της φερίτινης. Η φερίτινη αποτελείται από 24 μεμονωμένες πολυπεπτιδικές αλυσίδες διατεταγμένες σε συμμετρία για να σχηματίσουν ένα σφαιρικό μόριο ικανό να αποθηκεύσει 4.500 ιόντα σιδήρου. Μόνο μία αντικατάσταση βάσης στο DNA του γονιδίου της φερίτινης οδηγεί σε μία σημαντική αλλαγή στη στερεοδιάταξη της φερίτινης. Αυτή η αλλαγή επηρεάζει σημαντικά την ικανότητα πρόσδεσης του σιδήρου (Bourne, 2017).

Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα είδη μακρομορίων είναι οι πρωτεΐνες. Ωστόσο, σύμφωνα με τις γνώσεις μας, τουλάχιστον σύμφωνα με το RefSeq, μια βάση δεδομένων με αλληλουχίες πρωτεϊνών αναφοράς, έχουν ανακαλυφθεί περίπου 79 εκατομμύρια πρωτεΐνες. Υπάρχουν αναμφίβολα πολλές να ανακαλυφθούν, αλλά παρόλα αυτά θα είναι ένας πολύ μικρός αριθμός σε σύγκριση με αυτό που είναι δυνατόν. Ακόμα πιο εκπληκτικό είναι ότι αυτές οι 79 εκατομμύρια μονοδιάστατες αλληλουχίες αναδιπλώνονται περίπου σε 1.000 μοναδικές πρωτεϊνικές τρισδιάστατες δομές.

Είναι αξιοσημείωτο επίσης ότι η ζωή αποτελείται από 1.000 τρισδιάστατα κομμάτια παζλ που συναρμολογούνται με πλήθος τρόπων. Αυτό το γεγονός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μελετήσει κανείς την εξέλιξη. Επομένως, με τόσο λίγες στερεοδιατάξεις, η εφεύρεση μιας νέας δομής κατά τη διάρκεια της εξέλιξης ή η συχνότητα με την οποία χρησιμοποιείται μια δομή, είναι ένα σημαντικό γεγονός. Μελετώντας αυτά τα γεγονότα, έχει καθοριστεί πώς η μεταβαλλόμενη γεωχημεία της Γης, όπως αντανάκλαται στις νέες δομές πρωτεϊνών και πώς η μεταβαλλόμενη χρήση αυτών των πτυχών επηρέασε την εξέλιξη της ζωής (Dupont et al., 2006). Κοιτάζοντας περαιτέρω, όχι μόνο έχουμε ένα εργαλείο για να κατανοήσουμε τον αντίκτυπο του περιβάλλοντος στη ζωή, αλλά μπορούμε επίσης να σχεδιάσουμε πρωτεΐνες που η φύση δεν έχει ακόμη ανακαλύψει, ή τις έχει ανακαλύψει αλλά απορρίφθηκαν. Αυτή η έρευνα έχει πολλές συνέπειες, για παράδειγμα, στην αύξηση της παραγωγής τροφίμων και στην αύξηση της παραγωγής ενέργειας από βιοκαύσιμα (Bourne, 2017).

Η τεράστια σπουδαιότητα της δομής των μακρομορίων επεκτείνεται και στον κλάδο των φαρμάκων, τα οποία τις περισσότερες φορές συνδέονται με ένα μικρό μόριο στόχο (πρωτεΐνη, DNA ή RNA), τροποποιώντας έτσι τη δράση του έχοντας μία επιβλαβή επίδραση σε μια κατάσταση ασθένειας. Οι παρενέργειες για το φάρμακο εμφανίζονται για πολλούς λόγους, π.χ. τα φάρμακα δεν δεσμεύονται σε ένα μόνο στόχο αλλά σε πολλαπλούς στόχους με διαφορετική συγγένεια. Κάθε ένας βιώνει ένα διαφορετικό συλλογικό αποτέλεσμα, δεδομένων των ειδικών γενετικών, φυσιολογικών και περιβαλλοντικών καταστάσεων (Bourne, 2017).

Κατανοώντας αυτό το σύνθετο ανθρώπινο σύστημα και σχεδιάζοντας ασφαλέστερα φάρμακα ένας νέος κλάδος δημιουργείται που αναφέρεται ως *συστημική φαρμακολογία* (Xie et al., 2017). Ξεκινά με την κατανόηση της τρισδιάστατης φύσης του τρόπου με τον οποίο τα φάρμακα συνδέονται με τους στόχους τους. Ο τρισδιάστατος χημικός χώρος που καταλαμβάνεται από φάρμακα και βιολογικούς στόχους είναι τεράστιος, αλλά οι 80 πρωτεϊνικές δομές που ήταν διαθέσιμες το 1980 έχουν αυξηθεί σε περίπου 125.000, και είναι δυνατόν να συγκριθεί αλγοριθμικά η ομοιότητα των θέσεων πρόσδεσης σε όλο αυτό το σύνολο πρωτεϊνών. Γνωρίζουμε όλο και περισσότερο τις αλληλεπιδράσεις με άλλα μόρια αυτών των πρωτεϊνών, ποια βιοχημικά μονοπάτια μπορούν να εμπλέκονται και πολλά άλλα. Κάνοντας αυτό μαζί, μπορούν να γίνουν υπολογιστικές προβλέψεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα μιας δεδομένης ένωσης. Η υπόσχεση είναι να επιταχυνθεί η διαδικασία ανακάλυψης φαρμάκων και για τη

διευκόλυνση της εξατομικευμένης ιατρικής, όπου η δόση και ο τύπος του φαρμάκου ταιριάζουν με το συγκεκριμένο γενετικό και φυσικό προφίλ. (Bourne, 2017). Έχει αποδειχθεί ότι οι μαθητές έχουν δυσκολία στην κατανόηση των βιολογικών φαινομένων σε μοριακό επίπεδο (Lewis et al., 2000α; Marbach-Ad & Stavy, 2000). Φαίνεται ότι οι μαθητές έχουν δυσκολία στην κατανόηση μακρομορίων, χημικών ενώσεων και μικροσκοπικών διεργασιών που δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτές. Αυτό καταδεικνύει ένα σημαντικό εκπαιδευτικό ζήτημα: οι παρατηρούμενες ιδιότητες του μακροσκοπικού κόσμου δεν μπορούν να συνδεθούν επαρκώς με τα μικροσκοπικά συστατικά του (Stasinakis & Nikolaou, 2017). Επίσης, η επιστημονική ορολογία και τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες απαιτούν πρόσθετες προσπάθειες από τους μαθητές για κατανόηση, των οποίων ο αναλφαριθμητισμός επηρεάζει την επικοινωνία με τους επιστήμονες. Στην εκμάθηση της κυτταρικής βιολογίας, οι αρχικές συνέπειες αυτής της δυσκολίας έχουν ως συνέπεια την παρεξήγηση της δομής των κυτταρικών συστατικών, της κυτταρικής διαίρεσης, της θέσης και της λειτουργίας των οργανιδίων (Dikmenli, 2010; deOliveira & Galembeck, 2016).

Ως εκ τούτου, αν και μια ολιστική προσέγγιση είναι θεμελιώδης στη διδασκαλία και κατανόηση της βιολογίας, οι μαθητές συνήθως δεν μπορούν να κατανοήσουν τις προβολές του μικροσκοπικού προς τον μακροσκοπικό κόσμο, καταφεύγοντας έτσι σε ντετερμινιστικές ερμηνείες (Rose, 1997). Από την άλλη πλευρά, αρκετές μελέτες έχουν αποκαλύψει μια αλληλεξάρτηση μεταξύ κατανόησης και απεικόνισης. Στην πραγματικότητα, παρατηρείται γενικά ότι όταν η εκπαιδευτική διαδικασία περιλαμβάνει οπτικοποίηση, υπάρχει μια παροδική μετάβαση από όρους σε σύμβολα και από σύμβολα σε πραγματική κατανόηση. Ωστόσο, οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι υπάρχει χαμηλό εκπαιδευτικό ενδιαφέρον για τη διδασκαλία της Βιολογίας και της Βιοχημείας χρησιμοποιώντας οπτικοποίηση (Stasinakis & Nikolaou, 2017).

Ο Wu και οι συνεργάτες του ανέφεραν ότι πολλοί μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τις απεικονίσεις των μικροσκοπικών δομών, κυρίως επειδή δεν μπορούν να δουν ή να χειριστούν αυτές τις δομές (Wu et al., 2001). Επιπλέον, δεν δημιουργούν κατάλληλες συσχετίσεις μεταξύ του μακροσκοπικού και του μικροσκοπικού επιπέδου (Del Pozo, 2001). Δυστυχώς, λίγοι πόροι χρησιμοποιούνται και οι μαθητές χάνουν την εικόνα της δυναμικής συμπεριφοράς των κυττάρων, τη διάσταση της δομής κάθε οντότητας, την ταχύτητα των αντιδράσεων και πολλά άλλα γεγονότα που συμβαίνουν κάθε δευτερόλεπτο στο εσωτερικό του εκάστοτε οργανισμού (Mendes, 2010; deOliveira & Galembeck, 2016).

Σύμφωνα με τους Oliveira et al (2009), η διδασκαλία της κυτταρικής βιολογίας θεωρείται συχνά δύσκολη, τόσο από τους μαθητές όσο και από τους εκπαιδευτικούς. Η δυσκολία στη δημιουργία νοητών μοντέλων από τους μαθητές και η ένδεια των πόρων που χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς στη διδασκαλία κάνει τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης δύσκολη. Για να ξεπεραστούν αυτές οι δυσκολίες, οι ερευνητές πρότειναν ποικίλες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις, όπως τη χρήση φυσικών μοντέλων (Huddle et al., 2000), εικονικών απεικονίσεων και τρισδιάστατων μοντέλων (Barnea, 2000; Sanger, 2000). Επίσης, οι μαθητές αναφέρουν ότι η χρήση τεχνολογικών εφαρμογών στη διδασκαλία της κυτταρικής βιολογίας είναι η πιο κατάλληλη προσέγγιση ώστε να λυθούν τυχόν παρανοήσεις. Συνεπώς, υπάρχουν ενδείξεις ότι τα εικονικά μοντέλα είναι πολύ αποτελεσματικά στη

διδασκαλία. Όμως, η εφαρμογή τους προϋποθέτει συγκεκριμένο εξοπλισμό. Η εξέλιξη των έξυπνων τηλεφώνων έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών για την ανάπτυξη εφαρμογών που μπορούν να εγκατασταθούν στα έξυπνα τηλέφωνα (deOliveira & Galembeck, 2016).

Η εύκολη και άμεση προσβασιμότητα, η ευελιξία, η διαδραστικότητα και το γεγονός ότι τα παιδιά από πολύ νωρίς μαθαίνουν να ζουν με τα έξυπνα τηλέφωνα, καθιστά την ανάπτυξη εκπαιδευτικών εφαρμογών για έξυπνα τηλέφωνα πιο επίκαιρη από ποτέ. Είναι ένα γνώριμο περιβάλλον το οποίο μόνο να ευνοήσει τη μάθηση και να παρακινήσει το ενδιαφέρον των μαθητών για περαιτέρω ενασχόληση με τις εκπαιδευτικές εφαρμογές (deOliveira & Galembeck, 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η Νέα Βιολογία

Χαρακτηριστικά της Βιολογίας, όπως η πολυπλοκότητα, η ιστορικότητα, η εννοιολογική δόμηση, η δυναμική αλληλεπίδραση και άλλα χαρακτηριστικά που ήδη προαναφέρθηκαν θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις διδακτικές πρακτικές ώστε η Βιολογία να αποκτήσει το ειδικό βάρος που της αρμόζει μέσα στη σύγχρονη κοινωνία και να συμβάλει στην εκπαίδευση επιστημονικά εγγράμματων πολιτών (Στασινάκης, 2016). Η ουσία της Νέας Βιολογίας είναι η επανένταξη των επιμέρους κλάδων της Βιολογίας, καθώς και η μεγαλύτερη ολοκλήρωση με τις φυσικές και υπολογιστικές επιστήμες, τα μαθηματικά και τη μηχανική, προκειμένου να διαμορφωθούν νέες προσεγγίσεις που αντιμετωπίζουν παραδοσιακά ερωτήματα με νέους διεπιστημονικούς τρόπους. Η Νέα Βιολογία βασίζεται στην ενσωμάτωση της γνώσης από πολλούς κλάδους για να αποκτήσει βαθύτερη κατανόηση των βιολογικών συστημάτων. Αυτή η βαθύτερη κατανόηση επιτρέπει και την ανάπτυξη λύσεων βασισμένων στη Βιολογία για κοινωνικά προβλήματα όπως τη βιώσιμη παραγωγή τροφίμων, την αποκατάσταση των οικοσυστημάτων, τη βελτιστοποιημένη παραγωγή βιοκαυσίμων και τη βελτίωση της ανθρώπινης υγείας, και επίσης ανατροφοδοτεί τον εμπλουτισμό των επιμέρους επιστημονικών κλάδων που συνέβαλαν στις νέες γνώσεις. Είναι πολύ σημαντικό να αναγνωριστεί ότι η Νέα Βιολογία δεν αντικαθιστά την έρευνα που συμβαίνει έως τώρα. Η έρευνα είναι το θεμέλιο πάνω στο οποίο στηρίζεται η Νέα Βιολογία και επί της οποίας θα συνεχίσει να βασίζεται (National Research Council, 2009).

Αν συγκριθεί η κατανόησή μας για το ζωντανό κόσμο με τη συναρμολόγηση ενός μαζικού πάζλ, κάθε ένας από τους επιμέρους κλάδους της Βιολογίας συναρμολογεί τμήματα του παζλ. Τα μεμονωμένα τμήματα δεν έχουν ολοκληρωθεί και η συνέχιση των ερευνών για την κάλυψη αυτών των κενών είναι κρίσιμη. Η μελέτη της ζωής γίνεται και πάλι πιο διεπιστημονική, συνδυάζοντας διαφορετικά πεδία για να δημιουργηθεί μια «Νέα Βιολογία».

Επειδή τα βιολογικά συστήματα έχουν τόσες θεμελιώδεις ομοιότητες, οι ίδιες τεχνολογίες και επιστήμες που αναπτύχθηκαν θα επεκτείνουν τις δυνατότητες όλων των βιολόγων. Ο νέος βιολόγος δεν είναι ένας επιστήμονας που γνωρίζει λίγο για όλους τους κλάδους, αλλά ένας επιστήμονας με βαθιά γνώση σε μια πειθαρχία και μια «εργασιακή ευχέρεια» σε αρκετούς κλάδους. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των πληροφοριών και των επιστημών είναι κρίσιμη για την επιτυχία της Νέας Βιολογίας. Η πραγματοποίηση της Νέας Βιολογίας θα απαιτήσει όχι μόνο την καλύτερη συνεργασία της τεχνολογίας και της επιστήμης, αλλά και μια μοναδική διεπιστημονική προσέγγιση (National Research Council 2009).

Βασικό στοιχείο της Νέας Βιολογίας είναι η τρισδιάστατη απεικόνιση, που εξελίσσεται με εκθετικό ρυθμό, καθιστώντας τη Νέα Βιολογία πιο ελκυστική, αφού πρόκειται να αποτελέσει πρόσθετη και συμπληρωματική προσπάθεια στην παραδοσιακή διδασκαλία των βιοεπιστημών, και όχι να αντικαταστήσει τη διδασκαλία διασφαλίζοντας ότι κάθε βήμα περιλαμβάνει δραστηριότητες που οδηγούν σε νέες γνώσεις και διευκολύνει την ομαλή ενσωμάτωση της διεπιστημονικής έρευνας στην παραδοσιακή ερευνητική κουλτούρα. Πεδία που θα μπορούσε να επωφεληθεί η τρισδιάστατη

απεικόνιση είναι η οικολογία, η οργανική βιολογία, η εξελικτική, η συγκριτική βιολογία, η κλιματολογία, η υδρολογία, η επιστήμη του εδάφους και η περιβαλλοντική (αστική και συστημική).

Η Νέα Βιολογία είναι πράγματι ήδη αναδυόμενη, αλλά είναι μέχρι τώρα ανεπαρκώς αναγνωρισμένη, ανεπαρκώς υποστηριζόμενη και παράγει μόνο ένα κλάσμα των δυνατοτήτων της. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητες νέες προσεγγίσεις στην εκπαίδευση που θα μπορούσαν να επιταχύνουν την εμφάνιση της Νέας Βιολογίας ώστε να προωθηθεί η εφαρμογή των νέων προσεγγίσεων. Μια νέα προσπάθεια Βιολογίας θα πρέπει να στοχεύει σε διδακτικές προσεγγίσεις που θα επιταχύνουν την κατανόηση σύνθετων βιολογικών συστημάτων, οδηγώντας στην ταχεία πρόοδο στην αντιμετώπιση των κοινωνικών προκλήσεων και την προώθηση των θεμελιωδών γνώσεων, εις βάθος κατανόηση ορισμένων φυσικών οικοσυστημάτων, μοντελοποίηση συστημάτων, με απώτερο σκοπό την πρόβλεψη του τρόπου με τον οποίο οι διακυμάνσεις των επιμέρους συστατικών επηρεάζουν τη λειτουργία του συνολικού συστήματος.

Η Νέα Βιολογία δεν σκοπεύει να υποδείξει ότι υπάρχει έντονη διαίρεση μεταξύ των «παλαιών» βιολόγων και των «νέων» βιολόγων, αλλά μάλλον ότι υπάρχει μια συνέχεια από μια πιο περιοριστική και επικεντρωμένη έρευνα μέσα σε συγκεκριμένες υποομάδες της Βιολογίας σε περισσότερο συνεργατικές, διεπιστημονικές και επικεντρωμένες σε προβλήματα και έρευνα. Στην πραγματικότητα, η Νέα Βιολογία περιλαμβάνει κάθε επιστήμονα, που προσπαθεί να εφαρμόσει τις γνώσεις του για την κατανόηση και την εφαρμογή των ζωντανών συστημάτων. Η Νέα Βιολογία - η ενσωμάτωση της έρευνας της επιστήμης της ζωής με τη φυσική επιστήμη, τη μηχανική, την υπολογιστική επιστήμη και τα μαθηματικά - θα επιτρέψει την ανάπτυξη μοντέλων σε κυτταρικές και μοριακές δομές (National Research Council, 2009).

Οι πρόοδοι στην απεικόνιση, οι τεχνολογίες υψηλής απόδοσης και η υπολογιστική Βιολογία καθιστούν όλο και περισσότερο δυνατή τη συσχέτιση των πληροφοριών του συστήματος μοντέλου απευθείας με τη μελέτη σύνθετων βιολογικών συστημάτων. Οι νέες τεχνολογίες και οι επιστήμες που επιτρέπουν, για παράδειγμα, εκτεταμένες συγκρίσεις γονιδιώματος και γονιδιακής έκφρασης θα επιτρέψουν πολύ πιο πολύπλοκες συσχετίσεις μεταξύ γονότυπου και φαινοτύπου. Για να επιταχυνθεί η πρόοδος στις επιστήμες της ζωής, οι ερευνητές από διαφορετικές υποομάδες πρέπει να αλληλεπιδρούν και να συνεργάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό.

Οι πρόσφατες εξελίξεις στις τεχνικές απεικόνισης, μπορούν να συμπληρωθούν με πληροφορίες από το ταχέως αναπτυσσόμενο ρεπερτόριο γνωστών 3D δομών μεμονωμένων πρωτεϊνών, καθώς επίσης ατομικά μοντέλα αυτών των πρωτεϊνών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επεκταθούν οι εικόνες χαμηλότερης ανάλυσης που λαμβάνονται με την τεχνική Cryo-ET (ηλεκτρονική κρυστομογραφία). Αυτός ο συνδυασμός τεχνικών παρέχει πρωτοφανή δυνατότητα αποτύπωσης της μοριακής οργάνωσης κυτταρικών τοπιών. Ομοίως, βελτιώνεται επίσης η τεχνολογία για τον χαρακτηρισμό της θέσης και της δραστηριότητας των επιμέρους κυττάρων μέσα σε έναν ζωντανό οργανισμό (National Research Council, 2009).

Η ενδυνάμωση της Νέας Βιολογίας σημαίνει την προσθήκη μιας νέας γνώσης στην παραδοσιακή προσέγγιση, που οργανώνεται σκόπιμα γύρω από την επίλυση προβλημάτων. Ο καλύτερος τρόπος να αξιοποιηθεί η επιστημονική και τεχνολογική πρόοδος είναι μια νέα προσπάθεια

Βιολογίας που θα επιταχύνει την κατανόηση σύνθετων βιολογικών συστημάτων, οδηγώντας στην ταχεία πρόοδο, στην αντιμετώπιση των κοινωνικών προκλήσεων και την προώθηση των θεμελιωδών γνώσεων. Τέλος, είναι ζωτικής σημασίας να μπορούν όλοι οι ερευνητές να μοιράζονται και να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες των άλλων σε πλήρως κοινή ή διαδραστική μορφή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση

Τα τελευταία είκοσι χρόνια οι ΤΠΕ έχουν ενταχθεί σε κάθε οικονομική, πολιτική, κοινωνική και πολιτιστική δραστηριότητα. Το σχολείο που αντικατοπτρίζει κάθε κοινωνική εξέλιξη ως διαμεσολαβητής της γνώσης της κοινωνίας δεν μπορεί παρά να επηρεαστεί από την εφαρμογή των ΤΠΕ, καθώς και των καινοτομιών και των συνεπειών τους. Διάφορα μοναδικά χαρακτηριστικά της Βιολογίας δημιουργούν αιτήματα που θα πρέπει να απαντήσει η σύγχρονη Διδακτική. Αρωγός σε αυτή την κατεύθυνση μπορούν να σταθούν οι εξελίξεις στον τομέα της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, η χρήση των Νέων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ). Με τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών η Διδακτική της Βιολογίας κατορθώνει να ξεπεράσει διάφορα διδακτικά και επιστημολογικά εμπόδια και να προτείνει στρατηγικές που βρίσκουν εφαρμογή σε κάθε εκπαιδευτικό πλαίσιο με απώτερο στόχο την αρτιότερη διδασκαλία της Βιολογίας (Στασινάκης, 2016). Οι Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στην εκπαίδευση έχουν διεπιστημονική κατεύθυνση και εστιάζονται στις τεχνολογίες μάθησης μέσα από μια ποικιλία εφαρμογών όπως:

- Εκπαιδευτικό Λογισμικό (Educational software)
- Τεχνολογίες εκπαίδευσης από απόσταση μέσω Διαδικτύου (e-Learning)
- Τεχνολογία Πολυμέσων (Multimedia for learning)
- Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα στο Διαδίκτυο (Web-based learning environments)
- Εκπαιδευτική Ρομποτική (Educational Robotics)
- Ψηφιακά Παιχνίδια μάθησης (Games for Learning)
- Φορητές τεχνολογίες (Mobile learning)
- Μουσική Πληροφορική (Music Informatics)

Οι Ράπτης και Ράπτη (1997) αναφέρονται στις διαφορετικές εκπαιδευτικές χρήσεις του υπολογιστή που είναι οι εξής:

- τη διδασκαλία της πληροφορικής ως ξεχωριστού γνωστικού αντικειμένου με στόχο την προώθηση του τεχνολογικού αλφαριθμητισμού και την απόκτηση προ-επαγγελματικών γνώσεων και δεξιοτήτων,
- τη χρήση του υπολογιστή ως πηγή πληροφόρησης και ως μέσον διασυνδέσεων και επικοινωνίας,
- την αξιοποίηση του υπολογιστή ως εποπτικού και επικοινωνιακού μέσου για την υποβοήθηση της διδασκαλίας,
- τη χρήση του υπολογιστή ως γνωστικού εργαλείου καθώς και ως πεδίου μελέτης για τη διερεύνηση γνωστικών δομών και μοντέλων,
- τη χρήση του υπολογιστή για παιχνίδια,
- την αυτόνομη και εξατομικευμένη μάθηση,
- την ελεύθερη έκφραση και δημιουργία,
- την έρευνα και επίλυση (διαθεματικών) προβλημάτων,
- την επικοινωνία μεταξύ μαθητών και καθηγητών της τάξης ή της σχολικής μονάδας.

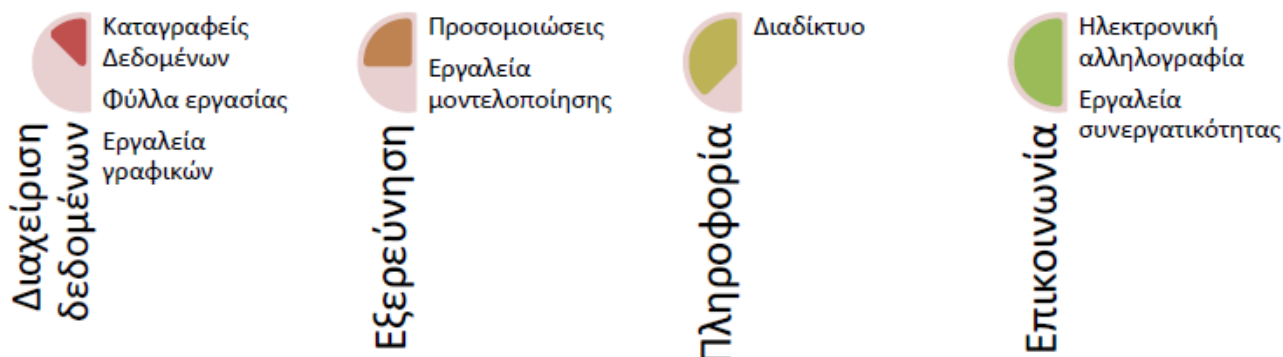
Διάφορες θεωρίες προσπάθησαν να στηρίξουν το πώς οι μαθητές μαθαίνουν μέσα σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον εμπλουτισμένο με τις ΤΠΕ, όπως η **μπιχεβιοριστική (συμπεριφοριστική) προσέγγιση**, η οποία, στηρίζεται στο μοντέλο ερέθισμα - απάντηση - ενίσχυση για την αποφυγή λάθους, και καθλώνει τη μάθηση σε απλή μηχανιστική μεταβίβαση γνώσεων από το δάσκαλο στο μαθητή. Ταυτόχρονα όμως εννοεί την ενσωμάτωση του υπολογιστή στη διαδικασία και θέτει τα πρώτα στοιχεία για την εξατομικευμένη διδασκαλία. Η θεωρία αυτή ονομάστηκε **θεωρία της διδακτικής μηχανής** (Hartrick, 1999).

Η θεωρία του συμπεριφορισμού έρχεται σε αντίθεση με τη **θεωρία του Piaget** (1988) που θεωρεί τη νοημοσύνη συνολική κατασκευή, οικοδομημένη από το παιδί ανάλογα με τις εμπειρίες της ζωής και όχι υποσύνολο χωρισμένων μερών. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η χρήση του υπολογιστή βρίσκει πλήρη εφαρμογή σαν εκπαιδευτικό εργαλείο και η κατανόηση προκύπτει από ευεργετικούς μετασχηματισμούς που το ίδιο το παιδί εκτελεί στις στατικές καταστάσεις.

Στην ίδια κατεύθυνση με τη θεωρία του **Piaget**, ο **Papert** ο οποίος είναι ο εμπνευστής της γλώσσας προγραμματισμού Logo και είναι ο πιο γνωστός εκπρόσωπος της βασικής θετικής προσέγγισης της επίδρασης των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση, σύμφωνα με την οποία οι τεχνολογίες επεξεργασίας πληροφοριών θα μας δώσουν τη δυνατότητα για καλύτερη μάθηση και ανώτερο τρόπο του σκέπτεσθαι (Κοντογιαννοπούλου - Πολυδωρίδη, 1991, σ. 13-40).

Η παρουσία των ΤΠΕ μεταβάλλει μέσω της παιδαγωγικής σχέσης τη διακινούμενη γνώση, αφού προστίθεται μια νέα γνώση, η τεχνολογική γνώση που αφορά ποικίλες δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική χρήση του υπολογιστή. Επιπροσθέτως, η γνώση δεν έχει όρια, με την έννοια ότι πλέον η γνώση που μπορεί να αποκτηθεί δεν είναι μόνο αυτή που περιλαμβάνεται στα σχολικά εγχειρίδια. Η γνώση λοιπόν δεν είναι σήμερα συγκεκριμένη και οριοθετημένη. Έχει αφορμές που δίνονται μέσα στη σχολική τάξη και διαδρομές που οδηγούν έξω από αυτήν. Η νέα γνώση επίσης δεν είναι μετρήσιμη, δεν έχει ποσοτικά χαρακτηριστικά, και πολύ περισσότερο δεν είναι δομημένη με τον παραδοσιακό τρόπο που ορίζεται με βάση τα σχολικά εγχειρίδια και τις γνώσεις που παραδίδει ο εκπαιδευτικός, αλλά με το γνωστό «υπερκειμενικό» τρόπο των συνδέσμων και των κόμβων, που οδηγούν τον αποδέκτη να διαμορφώσει τη δικιά του κάθε φορά δόμηση. Η στροφή του εποικοδομητισμού βάζει στο παιχνίδι της μάθησης τη δόμηση της γνώσης, με ανάδειξη και των αρχών του κοινωνικού εποικοδομητισμού. Είναι πλέον κατανοητό ότι η διερευνητική μάθηση θα πρέπει να εμπλέκεται όλο και περισσότερο στη διδασκαλία των Επιστημών της Φύσης. Είναι αντιληπτό ότι η ενσωμάτωση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) εντός της εκπαιδευτικής διαδικασίας, έχει πλέον αναχθεί σε επείγον ζήτημα εκπαιδευτικής πολιτικής. Όπως υπογραμμίζεται, η πραγματικότητα αναπαράγεται από τον υπολογιστή, με εκπληκτικό και άγνωστο μέχρι τώρα ρεαλισμό (Ζωγόπουλος, 2005). Ως εκ τούτου, οι ΤΠΕ αποτελούν ένα τομέα ποικίλων εφαρμογών (εκπαιδευτικά – γνωσιακά εργαλεία κ.ά.), και συνεπώς στην κοινωνία του 21^{ου} αιώνα οι Νέες Τεχνολογίες είναι πλέον μια πραγματικότητα, που επικεντρώνεται στην ανάπτυξη μιας «νέας» παιδείας, γεγονός που εντάσσει τη χρήση τους στο πλαίσιο της αδήριτης ανάγκης, σε ότι αφορά την εκπαιδευτική διαδικασία. Είναι σημαντικό να τονιστεί όμως ότι η χρήση των ΤΠΕ θα πρέπει να γίνεται επιλεκτικά και σε στενή

συσχέτιση με εκπαιδευτικούς στόχους. Η διαδικασία της ενσωμάτωσης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση οφείλει να λαμβάνει υπόψη της τόσο την τεχνολογική, όσο και την παιδαγωγική τους διάσταση.



Εικόνα 1: Εργαλεία ΤΠΕ στις θετικές επιστήμες, Πηγή: Στασινάκης, 2017.

Τα βιολογικά συστήματα συμμετέχουν σε φαινόμενα που δεν είναι πάντοτε εφικτό να αναπαρασταθούν με πειραματικό τρόπο για διάφορους λόγους. Αναλυτικότερα, πολλά από τα βιολογικά φαινόμενα αποτελούν διεργασίες που δεν μπορούν να αναπαρασταθούν πειραματικά, είτε λόγω της επικινδυνότητας και του εξοπλισμού που απαιτούν, είτε της χρονικής διάρκειας, είτε λόγω της κλίμακας του φαινομένου. Στη Βιολογία όπως και την Αστρονομία και τη Γεωλογία η παρατήρηση των φυσικών φαινομένων σε δεδομένες χρονικές στιγμές και τοποθεσίες μπορεί συχνά να δώσει τόσο ικανοποιητική πληροφορία όσο και ένα πείραμα. Έτσι, σημαντικές πηγές γνώσης για τα βιολογικά φαινόμενα είναι και η παρατήρηση, η καταγραφή και η επεξεργασία δεδομένων (Αθανασίου, 2015).

Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, προτείνεται η χρήση κάποιων μέσων όπως τα εικονικά εργαστήρια, τα λογισμικά προσομοιώσεων, οι εννοιολογικοί χάρτες, τα περιβάλλοντα μικρόκοσμου και γενικότερα η επικοινωνία μέσω διαδικτύου ως αρωγές διδακτικές πρακτικές στη διδασκαλία της Βιολογίας, ίσης αξίας με τα πειράματα. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να το κατανοούν καλά και οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί, αλλά και να έχουν την ευκαιρία να το παρουσιάζουν με σαφήνεια στους μαθητές (Αθανασίου, 2015).

Η μέθοδος της Βιολογίας στο μεγαλύτερο μέρος της είναι ιστορική. Στις διδακτικές προσεγγίσεις στη Βιολογία θα πρέπει να αναδεικνύεται η ιστορική-εξελικτική διάσταση των αντικειμένων που μελετώνται ώστε οι μαθητές να αντιλαμβάνονται την εξελικτική πορεία των βιολογικών διεργασιών, της κάθε βιολογικής δομής και λειτουργίας: Οι αναπαραστάσεις της εξέλιξης των βιολογικών δομών και λειτουργιών μπορούν να παρουσιάζονται με απεικονίσεις ομόλογων δομών, με λογισμικά προσομοίωσης, καθώς και με τη βοήθεια λογισμικού εννοιολογικών χαρτών και φυλογενετικών δέντρων, αλλά κυρίως τα βιολογικά φαινόμενα και οι βιολογικές οντότητες θα πρέπει να εξετάζονται μέσα από διπλή ματιά, ως δηλαδή φαινόμενα είτε Εγγύτατου είτε Απώτατου χαρακτήρα (Αθανασίου, 2015).

Όταν επιπλέον, χρησιμοποιούνται ψηφιακά εργαλεία προσφέρουν στους μαθητές ένα μαθησιακό περιβάλλον που τους επιτρέπει να δράσουν, να πειραματιστούν και να εκφραστούν, αναπτύσσοντας ατομικά και συλλογικά υποθέσεις, εικασίες, σκέψεις και ελέγχους.

Αποτελεί γεγονός πως η ένταξη των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση αποτελεί μία ολιστική διαθεματική προσέγγιση της μάθησης και ταυτοχρόνως, είναι ενσωματωμένη στα επιμέρους γνωστικά αντικείμενα. Οι Νέες Τεχνολογίες λειτουργούν ως μια αστείρευτη πηγή πληροφοριών, εντούτοις για να διασφαλιστεί η επιτυχής ένταξη των ΤΠΕ στην εκπαίδευση απαιτεί την ικανότητα του εκπαιδευτικού να μετασχηματίζει το περιεχόμενο της διδασκαλίας που αυτός κατέχει σε μορφές οι οποίες από παιδαγωγική άποψη, είναι δυναμικές. Το κρίσιμο σημείο δηλαδή της γνωσιολογικής βάσης είναι η τομή περιεχομένου και παιδαγωγικής προσέγγισης (Ζωγόπουλος, 2001; Τριανταφυλλόπουλος, 2008).

4.1 Πλεονεκτήματα από τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση επηρεάζουν τόσο τον εκπαιδευτικό, όσο και τον εκπαιδευόμενο και εν γένει τη σχολική κοινότητα αφού οι ΤΠΕ συμβάλλουν στον εκσυγχρονισμό των προγραμμάτων σπουδών ως προς το περιεχόμενο και τη μεθοδολογία, προσδίδοντας ευελιξία και προσαρμοστικότητα. Μέσω της αυτοεκπαίδευσης, της ενίσχυσης της κριτικής στάσης και την ανάπτυξη δεξιοτήτων, οι εκπαιδευόμενοι οικοδομούν τις ιδέες τους με εναλλακτικούς τρόπους έκφρασης (Ζωγόπουλος, 2001). Επιπλέον, οι Νέες Τεχνολογίες συμβάλλουν στη διαθεματική προσέγγιση της γνώσης, στην ανάπτυξη των γενικών ικανοτήτων των μαθητών καθώς και στην εφαρμογή πιο ενεργητικών μεθόδων μάθησης (Ζωγόπουλος, 2001).

Ως εκ των ανωτέρω, οι Νέες Τεχνολογίες εστιάζουν εξ ολοκλήρου σ' ένα μοντέλο δομημένης – κατανεμημένης μάθησης, το οποίο είναι συνεκτικά συνυφασμένο προς τις εκπαιδευτικές «επιταγές» του 21^{ου} αιώνα. Πιο συγκεκριμένα, η έννοια της δικτύωσης καθίσταται σημαντική, καθώς η γνώση θεωρείται ως ροή και διακίνηση εννοιών – πληροφοριών μέσω ενός δικτύου, εισάγοντας τις έννοιες του κονεκτιβισμού και του μπιχεβιορισμού στο νέο μοντέλο εκπαίδευσης (Τζιμογιάννης, 2017).

Υπό αυτό το πρίσμα, ενθαρρύνεται αφενός ο ρόλος του εκπαιδευτικού όσον αφορά την οργάνωση και την αξιολόγηση της διδασκαλίας και αφετέρου του εκπαιδευόμενου, όσον αφορά την επίκαιρη γνώση, την επικοινωνία, τη συνεργασία, την πρωτοβουλία, τη γνωριμία με άλλες γλώσσες κ.ά. Πιο συγκεκριμένα, η εκπαιδευτική διαδικασία από δασκαλοκεντρική μετατοπίζεται σε μαθητοκεντρική και ομαδοσυνεργατική (Ματσαγγούρας, 2004). Έτσι, ο όρος μαθητοκεντρική εκπαίδευση περιγράφει μια έννοια και μια πρακτική που έχει διπλή εστίαση στα ενδιαφέροντα, τις δυνατότητες και τις ανάγκες των μαθητών, αλλά και σε πιο αποτελεσματικές διδακτικές πρακτικές που ευνοούν τη διερευνητική, βιωματική δημιουργική και ουσιαστική μάθηση (McCombs & Vakili, 2005).

Ειδικότερα, η θετική συμβολή της χρήσης των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία συγκεκριμενοποιείται στα ακόλουθα:

- Διαμόρφωση νέου ηλεκτρονικά δικτυωμένου μαθησιακού περιβάλλοντος.
- Δημιουργία κατάλληλου σχολικού κλίματος, ανατροφοδότησης, διάχυσης της γνώσης, σύζευξης τεχνικής – παιδαγωγικής κουλτούρας.
- Αναβάθμιση της εκπαιδευτικής ποιότητας.

- Ενδυνάμωση της ευελιξίας εφαρμογής καινοτόμων μεθόδων διδασκαλίας.
- Προαγωγή της επίκαιρης γνώσης, της συνεργατικότητας και της ευγενούς άμιλλας μεταξύ των μαθητών.
- Επιτυχία με βάση την ενεργή και βιωματική ανακάλυψη, ανακαλύπτοντας την αποτίμηση της γνώσης και των αξιών.

4.2 Μειονεκτήματα από τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία

Παρόλα αυτά, η χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση δεν είναι πανάκεια, ενώ θα πρέπει να εντάσσονται στην εκπαιδευτική διαδικασία μετά από λεπτομερή σχεδιασμό της διδασκαλίας γιατί διαφορετικά μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την εκπαιδευτική διαδικασία με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα, δημιουργείται το ενδεχόμενο απαξίωσης της γνώσης πολύ γρήγορα λόγω της ταχύτατης εξέλιξης νέων γνώσεων (Ζωγόπουλος, 2001). Το γεγονός αυτό δυσχεραίνει την ομοιομορφία των διδακτικών αντικειμένων σε κάθε σχολείο, αφού είναι στην κρίση του κάθε εκπαιδευτικού η επιλογή της πληροφορίας που θα χρησιμοποιηθεί στη διδασκαλία. Επίσης, η μη σωστή χρήση των ΤΠΕ πλήττει τη δημιουργική μάθηση αποξενώνοντας τον εκπαιδευτικό από τους μαθητές. Για τη χρήση τους επίσης απαιτείται διοικητική και τεχνική υποστήριξη, κεντρική και ενδοσχολική επιμόρφωση των εκπαιδευτικών.

Η χρήση των ΤΠΕ σχετίζεται και με τις αρνητικές επιπτώσεις της χρήσης των υπολογιστών γενικότερα όταν η χρήση τους δεν γίνεται με μέτρο. Η υπερβολική χρήση λοιπόν των ΤΠΕ μπορεί να έχει ως συνέπεια την κοινωνική απομόνωση των μαθητών στερώντας από τα πρόσωπα που επικοινωνούν τα κοινωνικά, φυσικά και συνειρμικά γνωρίσματα που λειτουργούν στην επικοινωνία πρόσωπο με πρόσωπο, μετουσιώνοντας τη μάθηση από κοινωνική διαδικασία σε ατομική υπόθεση. Επιπροσθέτως, η συνεχής έκθεση στην ακτινοβολία των υπολογιστών έχει επιπτώσεις στην υγεία των μαθητών, όπως κόπωση, κούραση ματιών, πονοκεφάλους κ.ά. Ο υπολογιστής επίσης μπορεί να προκαλέσει μια αίσθηση εξάρτησης στους μαθητές μειώνοντας την εμπιστοσύνη των μαθητών στις δικές τους δυνάμεις.

Συμπερασματικά, αν και οι δυνατότητες που παρέχουν οι Νέες Τεχνολογίες και τα μέσα έκφρασης δεν είναι δυνατό να αγνοηθούν, η χρήση των ΤΠΕ με αποτελεσματικό τρόπο δεν είναι μια απλή διαδικασία. Αντιθέτως απαιτείται μια πληθώρα ενεργειών από τους αντιπροσωπευτικούς της χρήστες (εκπαιδευτικούς – εκπαιδευόμενους), η οποία δεν θα προσαρμόζεται κατά το δοκούν, αλλά θα υπάγεται σ' ένα αυστηρά ορθολογικό πλαίσιο, που θα αποσκοπεί στην ανάδειξη των θετικών χαρακτηριστικών της ΤΠΕ και ίσως θα πρέπει να δίνονται κατευθύνσεις από το Υπουργείο Παιδείας ώστε να διασφαλίζεται η ομοιομορφία της διδασκαλίας με τη χρήση των ΤΠΕ. Οι Νέες Τεχνολογίες οφείλουν να τηρούν τον παιδαγωγικό στόχο τους και να διασφαλίζουν την ορθολογική διαχείριση, επεξεργασία και αξιολόγηση της πληροφορίας. Όπως συμβαίνει με όλα τα τεχνολογικά αγαθά, η ορθή ή λανθασμένη χρήση τους επαφίεται στο σύνολό της στη δική μας διαχείριση, ενώ οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να είναι σε θέση να εξελίσσονται και να συμμετέχουν στις εκπαιδευτικές επιταγές που προκύπτουν.

4.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την ένταξη των ΤΠΕ στην εκπαίδευση

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι εκπαιδευτικές πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών είναι ισχυροί δείκτες του σχεδιασμού της διδασκαλίας που ακολουθούν, των εκπαιδευτικών αποφάσεων και των πρακτικών στην τάξη (Bandura, 1986; Pajares, 1992). Ο Van Driel και οι συνεργάτες του (2001) υποστήριξαν ότι οι μεταρρυθμιστικές προσπάθειες στο παρελθόν ήταν συχνά ανεπιτυχείς λόγω της προσέγγισης «από την κορυφή προς τα κάτω», η οποία απέτυχε να λάβει υπόψη τις υπάρχουσες γνώσεις, πεποιθήσεις και αντιλήψεις των εκπαιδευτικών. Οι απόψεις και οι πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών όσον αφορά τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση έχουν σημαντική επίδραση στην υιοθέτηση των ΤΠΕ και στην εφαρμογή τους στην τάξη. Ως εκ τούτου, μια διεξοδική ανάλυση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών σχετικά με την εφαρμογή των ΤΠΕ στην εκπαίδευση μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με τις προϋποθέσεις για την επιτυχή προετοιμασία των εκπαιδευτικών, προκειμένου να εφαρμοστούν αποτελεσματικά οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση.

Πιο συγκεκριμένα, διακρίνονται τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις αποδοχής των ΤΠΕ στην εκπαίδευση (Τζιμογιάννης, 2000):

α) η **συμπεριφοριστική** σκοπιά, σύμφωνα με την οποία η αποδοχή των ΤΠΕ εστιάζει σε δεδομένα αγοράς, προγράμματα, στατιστικά στοιχεία κλπ και δεν ασχολείται με τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών απέναντι στις ΤΠΕ, ούτε με την ουσία της παιδαγωγικής σχέσης, αφού για τον συμπεριφορισμό η γνώση είναι αντικειμενική και δεν εξαρτάται από τη διδασκαλία και τον μαθητή.

β) η **ορθολογική** σκοπιά, όπου η αποδοχή των ΤΠΕ αποτελεί ατομική υπόθεση του εκπαιδευτικού, ο οποίος μέσα από προσωπικές διαδικασίες έρευνας αναζητά, αυτομορφώνεται, ασκείται και τελικά εφαρμόζει τις ΤΠΕ στην τάξη.

γ) η **εποικοδομιστική** σκοπιά, η οποία βασίζεται στις κοινωνικογνωστικές μαθησιακές θεωρίες και θεωρεί την αποδοχή των ΤΠΕ ως αφομοίωση νέων εργαλείων, εκπαιδευτικής κουλτούρας και πρακτικής. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στην κοινωνική οικοδόμηση της σημασίας των νέων τεχνολογιών και στη διάθεσή τους μέσω της συμμετοχής των ατόμων σε προγραμματισμένες δραστηριότητες.

Οι δάσκαλοι, γενικά, συμφωνούν ότι οι υπολογιστές αποτελούν πολύτιμο εργαλείο και είναι θετικοί για την ανάπτυξη των γνώσεων και των δεξιοτήτων των ΤΠΕ (Jimoyiannis & Komis, 2006). Στις περισσότερες περιπτώσεις, θεωρούν τις ΤΠΕ ως μια νέα περιοχή (θέμα) στα σχολεία και όχι ως ένα νέο τρόπο διδασκαλίας και αλληλεπίδρασης μεταξύ των μαθητών και της γνώσης (Williams et al., 2000; Loveless, 2003). Φαίνεται ότι, παρόλο που αναγνωρίζουν τη σημασία της εισαγωγής των ΤΠΕ στην εκπαίδευση, οι εκπαιδευτικοί τείνουν να είναι λιγότερο θετικοί για την εκτενή χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση και λιγότερο πεπεισμένοι για τη δυνατότητά τους να βελτιώσουν τη διδασκαλία (Russel et al., 2003; Zhao & Cziko, 2001).

Οι στάσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τις ΤΠΕ αποτελούν πολύπλευρη μεταβλητή. Πολλές μεταβλητές έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των απόψεων των εκπαιδευτικών απέναντι στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές στην εκπαίδευση, που αποκαλύπτουν τέσσερις συσχετισμένες διαστάσεις (Rosen & Weil, 1995; Levine & Donitsa-Schmidt, 1998; Ropp, 1999; Evans-Jennings & Okwuegbuzie, 2001):

- Άγχος, φόβος ή επιφυλακτικότητα στη χρήση υπολογιστών και εργαλείων ΤΠΕ.
- Αυτο-αποτελεσματικότητα και εμπιστοσύνη στην ικανότητα χρήσης των ΤΠΕ.
- Χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και εργαλείων ΤΠΕ.
- Αντιλήψεις σχετικά με την αξία και τη χρησιμότητα της χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση.

Φαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί έχουν γενικά ένα συνεκτικό δίκτυο πεπιοθήσεων και αντιλήψεων σχετικά με τις πολλές πτυχές των ΤΠΕ στην εκπαίδευση (Jimoyiannis & Komis, 2006). Ο Goodwyn και οι συνεργάτες του (1997), χώρισαν τους διδάσκοντες της Αγγλίας που συμμετείχαν στην έρευνά τους σε τρεις ομάδες σύμφωνα με τις πεπιοθήσεις και τις σκέψεις τους σχετικά με τις ΤΠΕ στο πρόγραμμα σπουδών: α) οι αισιόδοξοι, β) οι φοβισμένοι δάσκαλοι και γ) οι αναποφάσιστοι εκπαιδευτικοί. Ομοίως, σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε ελληνικά σχολεία, εντοπίστηκαν τρεις συνεκτικές ομάδες καθηγητών σύμφωνα με τις απόψεις και τις πεπιοθήσεις τους προς τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση: α) τους θετικούς εκπαιδευτικούς, β) τους αρνητικούς εκπαιδευτικούς και γ) τους ουδέτερους (αναποφάσιστους) εκπαιδευτικούς, που κυμαίνονται μεταξύ θετικών και αρνητικών πεπιοθήσεων (Jimoyiannis & Komis, 2007).

Τα ευρήματα της έρευνας, εξετάζοντας τους παράγοντες που σχετίζονται με την υιοθέτηση των ΤΠΕ από τα σχολεία, δείχνουν ότι η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη σχολική πρακτική χρειάζεται χρόνο και συστηματικές προσπάθειες. Η υιοθέτηση των ΤΠΕ από τους εκπαιδευτικούς και τα σχολεία δεν πρέπει να θεωρείται ως ένα γραμμικό και αυθόρμητο αποτέλεσμα των αποφάσεων που λαμβάνονται από τις πολιτικές αρχές και των κεφαλαίων που επενδύονται από την κυβέρνηση. Παρά τη μεγάλη χρηματοδότηση από τις εθνικές αρχές και τις αρχές της ΕΕ, φαίνεται ότι η έλλειψη ενός ρεαλιστικού παιδαγωγικού πλαισίου για τη χρήση των ΤΠΕ στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών, και ενός αποτελεσματικού συστήματος υποστήριξης-καθοδήγησης της επαγγελματικής εξέλιξης των εκπαιδευτικών δεν λειτουργεί υποστηρικτικά, όσον αφορά την ενσωμάτωση των ΤΠΕ στην καθημερινή σχολική πρακτική (Τζιμογιάννης, 2017).

Η βοήθεια προς τους διδάσκοντες για να αναπτύξουν θετική στάση απέναντι στις ΤΠΕ στην εκπαίδευση είναι ένα πολύπλοκο έργο, καθοριζόμενο από πολλούς αλληλένδετους παράγοντες που επηρεάζουν το δίκτυο των πεπιοθήσεων, των ιδεών, των εκπαιδευτικών προτεραιοτήτων και των αποφάσεων που κατέχουν. Έχει προταθεί ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο παραγόντων που επηρεάζουν τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ στα σχολεία, το οποίο καθορίζεται από τέσσερις αλληλένδετους άξονες, δηλαδή τους προσωπικούς παράγοντες, τους τεχνικούς φραγμούς, τους σχολικούς παράγοντες και τους παιδαγωγικούς παράγοντες. Η πολυδιάστατη φύση αυτού του πλαισίου επηρεάζεται από τους πολλούς παράγοντες, εσωτερικούς ή εξωτερικούς των εκπαιδευτικών, οι οποίοι παρατίθενται αναλυτικά, παρακάτω (Τζιμογιάννης, 2017).

4.3.1 Προσωπικοί Παράγοντες

Οι προσωπικοί παράγοντες αναφέρονται στα ατομικά χαρακτηριστικά, αντιλήψεις ή επιλογές των εκπαιδευτικών που καθορίζουν το προφίλ των ΤΠΕ που θα χρησιμοποιήσουν και επηρεάζουν τις πεπιοθήσεις τους για τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση. Ορισμένες μελέτες έχουν διερευνήσει τις στάσεις των εκπαιδευτικών απέναντι στην χρήση υπολογιστών στην εκπαίδευση και έχουν αποκαλύψει

συσχετισμούς με διάφορες μεταβλητές όπως το φύλο, η ηλικία, η ειδικότητα υποκειμένου, η ικανότητα χρήσης ΤΠΕ και η διδακτική εμπειρία (Rosen & Weil, 1995; Levine & Donitsa-Schmidt, 1998; Yaghi & Abu-Saba, 1998; Ropp, 1999; Yildirim, 2000; Evans-Jennings & Okwuegbuzie, 2001; Jimoyiannis & Komis, 2006β; Jimoyiannis, 2008).

Διαφορές μεταξύ των φύλων: Η έρευνα έχει δείξει ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά τις πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ και την ενασχόλησή τους με τις ΤΠΕ. Έχει αναφερθεί σε προηγούμενες μελέτες ότι οι γυναίκες εκπαιδευτικοί είχαν μεγαλύτερο βαθμό άγχους στη χρήση των υπολογιστών (Rosen & Weil, 1995; Bradley & Russel, 2000) και ένιωθαν μεγαλύτερη ανασφάλεια στη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών από τους άνδρες (Lee, 1997). Μια έκθεση (EC, 2003) σημείωσε ότι το φύλο είναι ένα ζήτημα που καθορίζει τη χρήση των ΤΠΕ από τους εκπαιδευτικούς και το χάσμα μεταξύ ανδρών και γυναικών είναι ακόμα ευρύτερο όσον αφορά τη χρήση του Διαδικτύου. Οι Sharpa και Ferrari (2003) ισχυρίζονται ότι οι διαφορές φύλου σχετικά με τους υπολογιστές φαίνεται να μειώνονται. Ομοίως, έχει βρεθεί ότι, γενικά, οι άνδρες είναι θετικοί όσον αφορά τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση ενώ οι γυναίκες είναι ουδέτερες ή αρνητικές (Jimoyiannis & Komis, 2006). Τα συμπεράσματα της έρευνας παραπάνω δείχνουν ότι το φύλο εξακολουθεί να είναι ένας κρίσιμος παράγοντας που προκαλεί θετικές πεποιθήσεις σχετικά με τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση παρά το γεγονός ότι η σημασία του μειώνεται σε σχέση με προηγούμενες μελέτες στην Ελλάδα (Emvalotis & Jimoyiannis, 1999; Jimoyiannis & Komis, 2004; Jimoyiannis, 2008).

Διαφορές ηλικίας: Ορισμένες έρευνες υποδεικνύουν ότι η ηλικία των εκπαιδευτικών αποτελεί παράγοντα που δημιουργεί εμπόδια στη χρήση των ΤΠΕ. Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (EC, 2003) διαπίστωσε ότι τα ποσοστά των εκπαιδευτικών που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικούς υπολογιστές και το Διαδίκτυο μειώνονται καθώς η ηλικία τους αυξάνεται. Πιθανώς, οι νεότεροι δάσκαλοι ήταν πιο εκτεθειμένοι στην τεχνολογία από τους προκατόχους τους (Jimoyiannis & Komis, 2007; Jimoyiannis, 2008).

Επάρκεια χρήσης ΤΠΕ: Η ικανότητα και η εμπιστοσύνη των εκπαιδευτικών με τις ΤΠΕ είναι ο κύριος καθοριστικός παράγοντας της αποτελεσματικής χρήσης τους στην τάξη. Φαίνεται ότι η παροχή ευκαιριών στους εκπαιδευτικούς για την απόκτηση δεξιοτήτων ΤΠΕ είναι ζωτικής σημασίας για την ενίσχυση των πεποιθήσεών τους σχετικά με την αξία των ΤΠΕ στη διδασκαλία και τη μάθηση (Becta, 2004; Kumar & Kumar, 2003). Η έρευνα δείχνει επίσης ότι πολλοί δάσκαλοι έχουν θετική στάση προς την τεχνολογία, αλλά δεν θεωρούν τους εαυτούς τους κατάλληλους για να ενσωματώσουν αποτελεσματικά τις ΤΠΕ στην διδασκαλία τους (Ropp, 1999). Από την άλλη πλευρά, τα περισσότερα ευρήματα υποδηλώνουν ότι οι εκπαιδευτικοί με τις γνώσεις των ΤΠΕ έχουν μια πιο θετική στάση απέναντι στη χρήση τους στην εκπαίδευση (Cox et al., 1999; Luan et al., 2005; Jimoyiannis & Komis, 2006β). Η έλλειψη κατάλληλης κατάρτισης και εμπειρίας θεωρείται ένας από τους κύριους λόγους για τους οποίους οι εκπαιδευτικοί έχουν αρνητικές στάσεις απέναντι στους υπολογιστές και δεν χρησιμοποιούν την τεχνολογία στην εκπαίδευση (Becta, 2004; Yildirim, 2000). Ο αντίκτυπος της αποτελεσματικής κατάρτισης των εκπαιδευτικών σχετικά με τις ΤΠΕ θα μπορούσε να μετρηθεί από τις αλλαγές των απόψεων της εξέλιξης της γνώμης των εκπαιδευτικών (Kumar & Kumar, 2003; Galanouli et al., 2004) και των μαθητών τους (Jimoyiannis, 2008).

Διδακτική εμπειρία: Η επίδραση της διδακτικής εμπειρίας στη στάση των εκπαιδευτικών απέναντι στις ΤΠΕ δεν έχει μελετηθεί εκτενώς. Σημαντικές διαφορές έχουν καταγραφεί στις πεπειθήσεις των Ελλήνων εκπαιδευτικών και τις δεξιότητες ΤΠΕ σύμφωνα με τη διδακτική τους εμπειρία (Jimoyiannis & Komis, 2006β). Οι δάσκαλοι στη μέση της καριέρας τους (έχοντας 10-20 χρόνια διδακτικής εμπειρίας) είναι θετικοί να υιοθετήσουν τις ΤΠΕ στην εκπαίδευσή τους ενώ οι έμπειροι εκπαιδευτικοί (με εμπειρία διδασκαλίας άνω των 20 ετών) είναι αρνητικοί γενικά. Εκπαιδευτικοί με μικρότερη εμπειρία (διδακτική εμπειρία μικρότερη από 10 χρόνια), αν και έχουν υψηλότερο επίπεδο δεξιοτήτων ΤΠΕ, είναι σκεπτικοί για τον ρόλο των ΤΠΕ στην εκπαίδευση. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί επίσης σε μια μελέτη με Γάλλους δασκάλους (Baron & Bruillard, 1997). Πιθανώς, οι ΤΠΕ προσθέτουν επιπλέον εργασία στους νέους εκπαιδευτικούς στην προσπάθειά τους να οργανώσουν τα βασικά στοιχεία του περιεχομένου τους, την εκπαίδευσή τους και τις πρακτικές που ακολουθούνται στην τάξη (Jimoyiannis, 2008).

Αντικείμενο διδασκαλίας: Παρόλο που αρκετές είναι οι διαθέσιμες έρευνες στη βιβλιογραφία σχετικά με τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση, υπάρχουν λίγες μελέτες για τα εμπόδια που υπάρχουν σε συγκεκριμένα μαθήματα (Becta, 2004). Τα ευρήματα μιας μελέτης δείχνουν στενή σχέση μεταξύ του μαθήματος και των απόψεων των εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση (Τζιμογιάννης & Komis, 2006β, 2007). Γενικά, οι καθηγητές των οικονομικών, της τεχνολογίας και των επιστημών είναι θετικοί, ενώ οι καθηγητές των μαθηματικών, της ελληνικής γλώσσας, της ιστορίας και των κοινωνικών σπουδών είναι αρνητικοί για τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση. Συνολικά, τα αποτελέσματα μιας μελέτης επιβεβαιώνουν τα προηγούμενα συμπεράσματα στις ΗΠΑ, ότι η λειτουργικότητα των υπολογιστών στην τάξη ήταν αρκετά διαφορετική για τους καθηγητές διαφορετικών μαθημάτων (Becker, 2001; Jimoyiannis, 2008).

Επίπεδο βαθμού: Τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών δείχνουν ότι το επίπεδο βαθμίδας των εκπαιδευτικών είναι ένας σημαντικός παράγοντας. Φαίνεται ότι οι διδάσκοντες που διδάσκουν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση είχαν υψηλότερη αυτοπεποίθηση από τους εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Rosen & Weil, 1995; Sharpa & Ferrari, 2003). Οι καθηγητές του δημοτικού σχολείου τείνουν να έχουν υψηλότερα επίπεδα υπολογιστικής φοβίας και ήταν πιο πιθανό να αποφύγουν τις ΤΠΕ από τους δασκάλους των γυμνασίων. Αντίθετα, εκπαιδευτικοί στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση είχαν περισσότερες πιθανότητες να χρησιμοποιούν υπολογιστές στην τάξη, αλλά ήταν και περισσότερο πιθανόν να παρουσιάζουν στερεότυπες απόψεις λόγω φύλου (Whitley, 1997). Αντίθετα με τα παραπάνω, διαπιστώθηκε ότι οι Έλληνες εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ήταν ιδιαίτερα θετικοί σχετικά με τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση (Jimoyiannis & Komis 2006α, 2007), ιδιαίτερα σε σύγκριση με μερικές από τις ειδικότητες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, π.χ. μαθηματικά, ελληνική γλώσσα, ιστορίας και κοινωνικών σπουδών (Jimoyiannis, 2008).

Αντιλήψεις για τις δυνατότητες των ΤΠΕ: Ο Cox και οι συνεργάτες του (1999) έχουν αναλύσει το ρόλο της αντιληπτής χρησιμότητας και της αντιληπτής ευκολίας χρήσης των ΤΠΕ στις απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση. Πρόσφατες μελέτες (Hu et al., 2003; Ma et al., 2005) έχουν δείξει ότι η αντιληπτή χρησιμότητα των ΤΠΕ αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τον προσδιορισμό της πρόθεσης χρήσης ΤΠΕ στη διδασκαλία τους. Οι δάσκαλοι φαίνεται να αγνοούν τα

παιδαγωγικά χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες των ΤΠΕ να εμπλέξουν τους μαθητές με τρόπους μάθησης που διαφορετικά δεν ήταν δυνατόν. Επιπλέον, χρειάζονται περισσότερους πειστικούς λόγους για τη χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητα των ΤΠΕ στην εκμάθηση και την διδασκαλία (Jimoyiannis & Komis, 2007). Είναι αξιοσημείωτο ότι το 92% των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν σε αυτήν την έρευνα θεωρούσαν τις ΤΠΕ ως αναγκαιότητα στη σύγχρονη κοινωνία.

Η αντίσταση των εκπαιδευτικών στην αλλαγή: Ο Fullan (2001) δήλωσε ότι το πιο θεμελιώδες πρόβλημα της μεταρρύθμισης της εκπαίδευσης είναι ότι οι άνθρωποι δεν έχουν σαφή και συνεπή αίσθηση για τους λόγους της εκπαιδευτικής αλλαγής, τι είναι και πώς να προχωρήσουν. Προηγούμενη έρευνα (Munby et al., 2000; Van Driel et al., 2001) έδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί, γενικά, αντιστέκονται σε θεμελιώδεις αλλαγές στις καθημερινές επιλογές στην τάξη ή στις δραστηριότητες διδασκαλίας. Ο Veen (1993) περιγράφει αυτή την κατάσταση ως την εμμονή των πεποιθήσεων, π.χ. οι δάσκαλοι διατηρούν απόψεις που παραμένουν και αποτελούν εμπόδια κατά τη διάρκεια της εφαρμογής εκπαιδευτικών καινοτομιών. Αυτό δικαιολογεί γιατί η εκπαιδευτική υιοθέτηση των ΤΠΕ από τα σχολεία είναι μια αργή διαδικασία, με τους εκπαιδευτικούς να χρειάζονται χρόνο και υποστήριξη για να αποκτήσουν εμπειρία και να αναπροσανατολίσουν τις εκπαιδευτικές πρακτικές τους αξιοποιώντας τις ΤΠΕ ως αποτελεσματικό εργαλείο μάθησης (Mumtaz, 2000). Όπως οι Van Driel et al. (2001) επισήμαναν, οι εκπαιδευτικοί δεν τείνουν να διακινδυνεύουν να αλλάξουν τη δική τους πρακτική, η οποία βασίζεται στις πρακτικές γνώσεις που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της καριέρας τους στην εκπαίδευση. Η έννοια της πρακτικής γνώσης αναφέρεται στο ολοκληρωμένο σύνολο γνώσεων, αντιλήψεων, πεποιθήσεων και αξιών που αναπτύσσουν οι εκπαιδευτικοί στο πλαίσιο της διδασκαλίας τους. Επηρεάζεται από διάφορες παραμέτρους, όπως το προφίλ των εκπαιδευτικών, το πειθαρχικό υπόβαθρο, τους μαθητές, το σχολικό περιβάλλον κλπ. Κατά συνέπεια, η πρακτική γνώση αποτελεί τον πυρήνα του επαγγελματισμού των εκπαιδευτικών, καθοδηγεί τις ενέργειές τους στην τάξη και λογικά ενεργεί ως αρνητικός παράγοντας για την υιοθέτηση των ΤΠΕ στην σχολική τους πρακτική. Οι δάσκαλοι, γενικά, αισθάνονται σίγουροι χρησιμοποιώντας τις πρακτικές γνώσεις τους που δουλεύουν στην καθημερινή τους εκπαίδευση πολύ καλά και δεν επιθυμούν να αλλάξουν πρακτικές, μεθόδους διδασκαλίας, συνήθειες ή ρόλους.

4.3.2 Τεχνικά εμπόδια

Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται οι τεχνικοί και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες που σχετίζονται με το σχολικό και το κοινωνικό περιβάλλον, οι οποίοι εμποδίζουν τους εκπαιδευτικούς να εμπλακούν στις προσπάθειες ένταξης των ΤΠΕ. Ακολουθούν τα σημαντικότερα τεχνικά εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί.

Έλλειψη πόρων: Έλλειψη επαρκούς αριθμού υπολογιστών και κατάλληλου λογισμικού μπορεί να περιορίσει σοβαρά το τι μπορούν να κάνουν οι εκπαιδευτικοί στην τάξη (Pelgrum, 2001). Η ποιότητα του διαθέσιμου υλικού αποτελεί επίσης ένα πρόβλημα για τους εκπαιδευτικούς. Ο Mumtaz (2000) επεσήμανε ότι υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία ορθής πρακτικής στη χρήση των ΤΠΕ που βρίσκονται πάντα σε εκείνα τα σχολεία που διαθέτουν υψηλής ποιότητας πόρους ΤΠΕ. Οι Cuban et al (2001), από την άλλη πλευρά, υποστήριξαν ότι οι πόροι που διατίθενται στα σχολεία, στις περισσότερες

περιπτώσεις, υπολειτουργούν. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η κακή οργάνωση θα δημιουργήσει επίσης εμπόδια στους εκπαιδευτικούς που ενδιαφέρονται να χρησιμοποιούν τις ΤΠΕ στη διδασκαλία τους. Σε ελληνικά σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, για παράδειγμα, τα εργαστήρια ηλεκτρονικών υπολογιστών χρησιμοποιούνται κυρίως από τους εκπαιδευτικούς υπολογιστών παρέχοντας επομένως περιορισμένες ευκαιρίες για τα άλλα θέματα. Παρομοίως, τα συστήματα καταγραφής δεδομένων, διαθέσιμα σε επιστημονικά εργαστήρια, αποτελούν ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εξοπλισμού που δεν χρησιμοποιείται αρκετά (Siorrenta, 2005). Η κατοχή ενός προσωπικού υπολογιστή στο σπίτι δεν μπορεί να εγγυηθεί, από μόνη της, αυξημένη προθυμία από το μέρος των εκπαιδευτικών να χρησιμοποιήσουν τις ΤΠΕ στη διδασκαλία τους. Μια έρευνα με Έλληνες δασκάλους έδειξε ότι μόνο ένα μικρό ποσοστό (11,1%) χρησιμοποιούσαν τακτικά ΤΠΕ για να υποστηρίξουν τη συμβατική τους διδασκαλία, παρά το γεγονός ότι 6 από τους 10 καθηγητές ανέφεραν την ιδιοκτησία προσωπικού υπολογιστή στο σπίτι (Jimoyiannis & Komis, 2006). Από την άλλη πλευρά, μόνο το 1,7% των εκπαιδευτικών στο δείγμα χρησιμοποιούσε ΤΠΕ συχνά, κυρίως ως σύντομα επεισόδια που ενσωματώθηκαν στα υφιστάμενα προγράμματα σπουδών και πρακτικές διδασκαλίας.

Έλλειψη κατάλληλου λογισμικού: Γενικά, δεν υπάρχει κατάλληλο εκπαιδευτικό λογισμικό στα σχολεία. Αν και διάφοροι τίτλοι εκπαιδευτικού λογισμικού μπορεί να είναι διαθέσιμοι τόσο για τους εκπαιδευτικούς όσο και για τους φοιτητές, οι περισσότεροι από τους τίτλους αυτούς δεν είναι κατάλληλοι ή δεν συμβάλλουν πραγματικά στην ενίσχυση της μάθησης. Εκτός από το κακώς σχεδιασμένο λογισμικό, το οποίο απωθεί τους μαθητές από την προβλεπόμενη μαθησιακή διαδικασία, υπάρχει ένας ακόμη παράγοντας: το εκπαιδευτικό λογισμικό, γενικά, δεν σχετίζεται επαρκώς με το πρόγραμμα σπουδών, με τους στόχους, τη φιλοσοφία και το περιεχόμενο που πρέπει να καλυφθεί. Από την άλλη πλευρά, οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται χρόνο για την αξιολόγηση του λογισμικού και των μαθησιακών δραστηριοτήτων που θα χρησιμοποιηθούν, για την προετοιμασία νέων δραστηριοτήτων με βάση τις ΤΠΕ και φύλλων εργασίας για τους μαθητές κλπ. Το διαθέσιμο λογισμικό στα σχολεία θα πρέπει να συνοδεύεται από έναν πλήρη οδηγό για τους εκπαιδευτικούς και μια πληθώρα από κατάλληλα παραδείγματα που θα χρησιμοποιηθούν στην τάξη.

Έλλειψη χρόνου: Η έλλειψη χρόνου δημιουργεί αρνητική στάση απέναντι στους εκπαιδευτικούς και δεν τους βοηθά να συμμετάσχουν σε δραστηριότητες που βασίζονται στις ΤΠΕ. Η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στις αίθουσες διδασκαλίας απαιτεί πολύ περισσότερη προσπάθεια και χρόνο από την συνήθη διδασκαλία. Οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται περισσότερο χρόνο να σχεδιάσουν τις εκπαιδευτικές επιλογές και τις συμπεριφορές τους στην τάξη, για να σχεδιάσουν τις δραστηριότητες βασισμένες στις ΤΠΕ, τον εντοπισμό πληροφοριών στο Διαδίκτυο, την προετοιμασία ακριβών υλικών ΤΠΕ για τους μαθητές τους, να διερευνήσουν και να εξασκήσουν τους πόρους που χρειάζονται κ.λπ. (Becta, 2004). Γενικά, έχουν λίγο χρόνο μετά το σχολείο για να πειραματιστούν με την τεχνολογία, να μοιραστούν εμπειρίες με τους συναδέλφους τους και να παρευρίσκονται σε προγράμματα κατάρτισης για τις ΤΠΕ. Όπως οι Cuban et al. (2001) διαπίστωσαν, το πρόβλημα της έλλειψης χρόνου δεν ισχύει μόνο σε εκείνους τους δασκάλους που δεν αξιοποίησαν πολύ τις ΤΠΕ στα μαθήματά τους. Παρόμοια παράπονα διατυπώθηκαν και από τους δασκάλους αυτούς που προσπαθούσαν να αξιοποιήσουν πλήρως τις ΤΠΕ

στα μαθήματά τους, δεδομένου ότι έπρεπε να εργάζονται περισσότερες ώρες για να καταφέρουν την επιτυχή χρήση των ΤΠΕ.

Έλλειψη τεχνικής υποστήριξης: Η προετοιμασία αποτελεσματικών μαθησιακών δραστηριοτήτων βασισμένων σε εργαλεία ΤΠΕ, απαιτεί οι εκπαιδευτικοί να έχουν το κατάλληλο επίπεδο τεχνικών δεξιοτήτων και γνώσεων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα τεχνικά προβλήματα είναι χρονοβόρα και έχουν άμεσο αντίκτυπο στην εμπιστοσύνη των εκπαιδευτικών στη χρήση των ΤΠΕ στη διδασκαλία τους. Πολλοί δάσκαλοι σίγουρα συμφωνούν ότι η τεχνική υποστήριξη είναι απαραίτητη στα σχολεία (Becta, 2004), ειδικά όταν τα πράγματα πηγαίνουν στραβά κατά τη διάρκεια των μαθημάτων τους. Έλλειψη συνεχούς τεχνικής υποστήριξης και φόβου βλάβης του εξοπλισμού εμποδίζει τους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιούν τις ΤΠΕ στη διδασκαλία τους (Jimoyiannis & Komis, 2004).

4.3.3 Σχολικοί παράγοντες

Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης τους, οι Sugar et al (2004), περιγράφουν την υιοθέτηση των ΤΠΕ ως προσωπική απόφαση που δεν επηρεάζεται από άλλους ανθρώπους και την παρουσία πόρων ή εμποδίων στην τοπική σχολή/περιοχή. Οι Granger et al. (2002) πρότειναν τη δομημένη συνεργασία και τη συνεχή επικοινωνία μεταξύ των εκπαιδευτικών ως παράγοντα που συμβάλλει στην επιτυχή εφαρμογή των ΤΠΕ στα σχολεία (Jimoyiannis & Komis, 2004).

Οι Cuban et al (2001) ισχυρίστηκαν ότι το ίδρυμα είναι ανθεκτικό στις αλλαγές που απαιτούνται για την επιτυχή ενσωμάτωση και αναδιοργάνωση των ΤΠΕ, προκειμένου να διευκολυνθούν οι καινοτόμες πρακτικές που αφορούν τις ΤΠΕ. Φαίνεται ότι η σχολική κουλτούρα και το γενικό πλαίσιο της σχολικής εκπαίδευσης δεν υποστηρίζουν τους εκπαιδευτικούς να ενσωματώσουν τις ΤΠΕ στη διδασκαλία τους. Οι πεποιθήσεις και οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών επηρεάζονται από τις πολλές πτυχές της σχολικής πρακτικής και κουλτούρας, που συνιστούν έναν ισχυρό λόγο να διατηρήσουν οι μαθητές του σχολείου τις παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις (Munby et al, 2000; Van Driel et al., 2001).

Έρευνες έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί με ενδιαφέρον και κίνητρο να μάθουν για τις ΤΠΕ χρησιμοποιούν υπολογιστές σε ένα μικρό εύρος εφαρμογών, κυρίως για προσωπικούς σκοπούς. Οι περισσότεροι από αυτούς εξακολουθούν να χρησιμοποιούν ΤΠΕ για συμπληρωματικά καθήκοντα χαμηλού επιπέδου, όπως επεξεργασία κειμένου (φύλλα εργασίας, τεστ αξιολόγησης, καταχώρηση βαθμών κ.λπ.) ή λήψη πληροφοριών από το Διαδίκτυο (Becker, 2000; Williams et al., 2000; Jimoyiannis & Komis, 2006). Σχετικά λίγοι δάσκαλοι χρησιμοποιούν τις ΤΠΕ για λόγους διδασκαλίας και ακόμα λιγότεροι ενσωματώνουν τις ΤΠΕ στη διδασκαλία των μαθημάτων με τρόπο που παρακινεί τους μαθητές, εμπλουτίζει την εκμάθηση και διεγείρει τη σκέψη και την πιο σύνθετη συλλογιστική διαδικασία (Becta, 2004).

Υπάρχει επίσης μια έντονη ένταση μεταξύ της χρήσης των ΤΠΕ και της ανάγκης προσαρμογής της διδασκαλίας στις εξωτερικές απαιτήσεις των παραδοσιακών εξετάσεων (Henessy et al., 2005). Όσον αφορά τις ανησυχίες των ελληνικών σχολείων, υπάρχει ένας άλλος παρεμβατικός παράγοντας

που επηρεάζει έντονα τη στάση των εκπαιδευτικών απέναντι στις ΤΠΕ στην εκπαίδευση. Οι πιέσεις από τις πανελλαδικές εξετάσεις για την είσοδο στα πανεπιστήμια και η ανάγκη κάλυψης του καθορισμένου περιεχομένου των βασικών θεμάτων (γλώσσα, λογοτεχνία, ιστορία, μαθηματικά, φυσική, χημεία, βιολογία) επικρατούν στην κουλτούρα διδασκαλίας των εκπαιδευτικών καθώς και στην κουλτούρα εκμάθησης των μαθητών. Οι ακόλουθοι παράγοντες διαμορφώνουν τον αρνητικό αντίκτυπο που προκαλεί η σχολική κουλτούρα στις αντιλήψεις των δασκάλων σχετικά με τις ΤΠΕ στη διδασκαλία τους (Jimoyiannis & Siorenta, 2007):

- Η παραδοσιακή αντίληψη της διδασκαλίας ως διαδικασία μεταφοράς γνώσης.
- Η ανάγκη κάλυψης του περιεχομένου που καθορίζεται από το πρόγραμμα σπουδών.
- Οι περιορισμοί που τίθενται από τα εγχειρίδια της επιστήμης.
- Η ανάγκη εξάσκησης των μαθητών τους σε συμβατικά καθήκοντα επίλυσης προβλημάτων (χαρτί και μολύβι).
- Η απαίτηση να προετοιμαστούν οι μαθητές για τις τελικές εξετάσεις.

4.3.4 Παιδαγωγικό πλαίσιο ΤΠΕ

Οι σκέψεις και οι πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση σχετίζονται με αυτό που εφαρμόζουν στην τάξη τους και τις επιλογές που επέβαλαν στην επιλογή του τρόπου ενσωμάτωσης των ΤΠΕ στις οδηγίες τους. Τα ευρήματα της έρευνας υποδεικνύουν επίσης ότι η πλειονότητα των εκπαιδευτικών γνωρίζει τις παιδαγωγικές προοπτικές που σχετίζονται με τις ΤΠΕ και είναι σκεπτικοί σχετικά με τις δυσκολίες που θα αντιμετωπίσουν στην πρακτική της τάξης, π.χ. να οργανώσουν και να διαχειριστούν τις μαθησιακές δραστηριότητες των μαθητών με βάση τις ΤΠΕ (Jimoyiannis & Komis, 2007).

Οι παιδαγωγικές κουλτούρες των εκπαιδευτικών διαμορφώνουν τις αντιλήψεις τους σχετικά με τη χρήση των ΤΠΕ στην τάξη, ενώ είναι πιθανό να υιοθετήσουν πρακτικές με υπολογιστές που αντικατοπτρίζουν τις πεποιθήσεις τους για τη διδασκαλία και τη μάθηση. Έχει αποδειχθεί ότι οι εκπαιδευτικοί με τις πιο εποικοδομητικές διδακτικές φιλοσοφίες θεωρούν το ρόλο των ηλεκτρονικών υπολογιστών ως πολύ σημαντικό (Becker, 2001). Οι Higgins & Moseley (2001) υποστήριξαν ότι οι πιο αποτελεσματικοί δάσκαλοι δεν είχαν μόνο θετική στάση απέναντι στις ΤΠΕ, αλλά είχαν επίσης καλές δεξιότητες χρήσης των ΤΠΕ και χρησιμοποιούσαν υπολογιστές ως μέρος ενός περιβάλλοντος που ευνοούσε την έρευνα και τη συνεργασία των μαθητών.

Οι Webb & Cox (2004) πρότειναν ότι η χρήση των ΤΠΕ στην τάξη συνδέεται με τη μείωση της κατεύθυνσης του διδακτικού προσωπικού και την αύξηση του ελέγχου των σπουδαστών, της αυτορρύθμισης και της συνεργασίας. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού στις αλληλεπιδράσεις στην τάξη αλλάζει παράλληλα με την ενσωμάτωση των ΤΠΕ στο πρόγραμμα σπουδών. Κατά συνέπεια, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να γνωρίζουν την μεταβαλλόμενη φύση της διδασκαλίας και της μάθησης που συνδέεται με την εισαγωγή των ΤΠΕ στα σχολεία. Η αποτελεσματική προετοιμασία τους πρέπει να αντιμετωπιστεί με την υιοθέτηση μιας νέας παιδαγωγικής και την αλλαγή των συμπεριφορών και των πρακτικών τους στην τάξη. Πρέπει να μεταφερθούν από τις παραδοσιακές μορφές μαθήματος, βασισμένες στη μετάδοση πληροφοριών, στις προσεγγίσεις με επίκεντρο τον σπουδαστή που

προωθούν την ενεργό συμμετοχή, βοηθούν τους μαθητές να ελέγχουν τη μάθησή τους και υποστηρίζουν τη συνεργατική μάθηση και την ουσιαστική κατανόηση.

Για να αυξηθεί η πιθανότητα να χρησιμοποιηθούν υπολογιστές στη σχολική πρακτική, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να ενθαρρύνονται να προσπαθούν να αποκτήσουν πειστικές εμπειρίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα των ΤΠΕ στη διδασκαλία και τη μάθηση. Είναι ζωτικής σημασίας οι ΤΠΕ να μην αντιμετωπίζονται ως ένα ιδιαίτερο γεγονός ή ένα επιπλέον εργαλείο για την παραδοσιακή διδασκαλία. Αυτό σημαίνει ότι η ενσωμάτωση των ΤΠΕ θα πρέπει να εφαρμοστεί στο πλαίσιο ευρύτερων εκπαιδευτικών μεταρρυθμίσεων που στοχεύουν στο πρόγραμμα σπουδών, στα εκπαιδευτικά μέσα και, κυρίως, στις παιδαγωγικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται. Τα προγράμματα επαγγελματικής κατάρτισης των εκπαιδευτικών πρέπει να επικεντρωθούν στη συσχέτιση των αλλαγών στην παιδαγωγική κουλτούρα και τις φιλοσοφίες των εκπαιδευτικών με την εκπαίδευσή τους σχετικά με τον τρόπο χρήσης των κατάλληλων εργαλείων ΤΠΕ με τους μαθητές τους (Jimoyiannis & Komis, 2007).

Συμπερασματικά, η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στην πρακτική της τάξης είναι ένα περίπλοκο και πολύπλευρο ζήτημα. Η περιορισμένη χρήση των ΤΠΕ προφανώς δεν θα έχει αποτέλεσμα για τους μαθητές. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να είναι σίγουροι και ικανοί με μια σειρά εφαρμογών ΤΠΕ για να υποστηρίξουν τη διδασκαλία τους και τη μάθηση των μαθητών τους. Επιπλέον, θα πρέπει να συνειδητοποιήσουν περισσότερο την αξία και το δυναμικό των ΤΠΕ ως εργαλείου για τη διά βίου μάθηση, τόσο για τους μαθητές όσο και για τους ίδιους. Πρέπει να καταλάβουν πώς οι ΤΠΕ μπορούν να ενσωματωθούν στην καθημερινή ζωή.

Αυτό υποδηλώνει ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να είναι σε θέση όχι μόνο να χρησιμοποιούν τις ΤΠΕ για προσωπικούς σκοπούς ή να υποστηρίζουν την παραδοσιακή διδασκαλία τους, αλλά κυρίως να αναδιοργανώνουν τη διδασκαλία τους χρησιμοποιώντας τις ΤΠΕ. Τα αποτελεσματικά προγράμματα που στοχεύουν στην προετοιμασία και υποστήριξη των ΤΠΕ των εκπαιδευτικών πρέπει να είναι ευέλικτα, συνεχή και επικεντρωμένα στην παιδαγωγική του αντικειμένου (Jimoyiannis & Komis, 2006a). Πρέπει να διατυπώσουν σαφώς συγκεκριμένους τύπους αποτελεσματικών διδακτικών μοντέλων και αντιπροσωπευτικών παραδειγμάτων ΤΠΕ για κάθε θέμα στο πρόγραμμα σπουδών. Η κατάλληλη υποστήριξη και καθοδήγηση των εκπαιδευτικών θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα διαφορετικά επίπεδα δεξιοτήτων ΤΠΕ, το θέμα τους (πρόγραμμα σπουδών και εκπαιδευτικές πηγές), καθώς και τους στόχους επαγγελματικής τους ανάπτυξης.

Υπάρχουν ακόμη πολλές παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση και τις πρακτικές που ακολουθούνται όταν χρησιμοποιούν υπολογιστές στις αίθουσες διδασκαλίας τους. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να εξεταστεί ώστε να διερευνηθεί:

- ✓ τις βέλτιστες πρακτικές που επηρεάζουν την υιοθέτηση των εκπαιδευτικών και την επιτυχία των μαθητών μέσω μαθησιακών περιβαλλόντων που βασίζονται σε ΤΠΕ
- ✓ πώς και γιατί η κουλτούρα των υποκείμενων επηρεάζει διαφορετικά τις αντιλήψεις των μαθητών και τις χρήσεις των ΤΠΕ ως εκπαιδευτικού εργαλείου

- ✓ τους παράγοντες της εκπαιδευτικής πολιτικής που επηρεάζουν τη συνέχιση και τη θεσμοθέτηση των αλλαγών που προκαλούνται στα σχολεία μέσω της ενσωμάτωσης των ΤΠΕ.

4.4 Αναδυόμενες Παιδαγωγικές και Αναδυόμενες Τεχνολογίες

Υποστηρίζεται ότι ο διάλογος μεταξύ τεχνολογίας και παιδαγωγικής είναι απολύτως απαραίτητος, διότι υπάρχει διαρκής αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Η διαφορά είναι ότι καθώς η τεχνολογία γίνεται πιο αόρατη, η παιδαγωγική πρέπει να κάνει τις πρακτικές της ορατές προσφέροντας πρακτικές που λαμβάνουν υπόψη τις θεμελιώδεις ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας.

Είναι γεγονός ότι οι ΤΠΕ επηρεάζουν το τι, πώς, πού και πότε μαθαίνουν οι άνθρωποι. Η πανταχού παρούσα τεχνολογία προσφέρει νέες ευκαιρίες για την εκπλήρωση των ατομικών αναγκών μάθησης. Η τυποποίηση των παραδοσιακών συστημάτων διδασκαλίας και μάθησης δεν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του παγκοσμιοποιημένου κόσμου. Η τυπική εκπαίδευση θα πρέπει να παρέχει ευέλικτα συστήματα μάθησης για να ικανοποιήσει τις διαφορετικές ανάγκες και απαιτήσεις των μαθητών. Απαιτείται επειγόντως μια ολιστική αλλαγή για να εφαρμοστεί μια θεμελιώδης μετατόπιση του παραδείγματος μάθησης για τον εικοστό πρώτο αιώνα. Το δυναμικό των ΤΠΕ για την προώθηση των ευκαιριών μάθησης εξαρτάται από τις δεξιότητες που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό μαθησιακών δραστηριοτήτων που ευθυγραμμίζουν την παιδαγωγική και την τεχνολογία προς όφελος των εκπαιδευομένων (Gros, 2016).

Ο νέος ρόλος των εκπαιδευτικών είναι να λειτουργήσουν ως συν-εκπαιδευόμενοι και διευκολυντές της μαθησιακής εμπειρίας. Ο κύριος στόχος τους είναι να βοηθήσουν τους εκπαιδευόμενους να δημιουργήσουν το δικό τους δίκτυο γνώσεων με αποτελεσματικό και αποδοτικό τρόπο. Σύμφωνα με τον Chatti (2013), ο τρόπος επίτευξης αυτού του στόχου είναι να παρασχεθεί μια ελεύθερη μορφή και ένα αναδυόμενο περιβάλλον που να ευνοεί τη δικτύωση, την έρευνα και τη δοκιμασία και το σφάλμα. Θα πρέπει να είναι ένα ανοιχτό περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές να μπορούν να κάνουν συνδέσεις, να δουν μοτίβα, να αντανakλούν, να αυτοπροσδιορίζουν, να ανιχνεύουν και να διορθώνουν λάθη, να ερευνούν, να δοκιμάζουν, να προκαλούν και τελικά να αλλάζουν τις θεωρίες τους. Η μάθηση του εικοστού πρώτου αιώνα πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των σύγχρονων μαθητών.

Η παιδαγωγική απαιτεί την ορατότητα των πρακτικών. Η παιδαγωγική συλλογιστική πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο διαφανής και να κατανέμεται μεταξύ των σπουδαστών, των εκπαιδευτικών και των άλλων που εμπλέκονται στη μάθηση των μαθητών. Η διδασκαλία είναι μια επιστήμη σχεδιασμού και η πλήρης παιδαγωγική περιγραφή μιας παρέμβασης πρέπει να περιλαμβάνει τα κριτήρια σχεδιασμού, τις ιδιότητες των διδακτικών μαθησιακών δραστηριοτήτων και τις δυνατότητες των συμβατικών και ψηφιακών εργαλείων και τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται. Οι νέες ιδέες, σε σύγκριση με τις προηγούμενες, έχουν ενδεχομένως μεγαλύτερη ακρίβεια, ειδικότητα, σαφήνεια και, πάνω απ' όλα, μεγαλύτερη δύναμη μάθησης. Αναδύονται σχεδόν ως φυσική συνέπεια της αλλοτρίωσης των σπουδαστών και των εκπαιδευτικών, αφενός, και της αυξανόμενης ψηφιακής πρόσβασης, αφετέρου. Οι αναδυόμενες παιδαγωγικές ανάγκες πρέπει να διερευνηθούν και να επανεξετάσουν τις υφιστάμενες παιδαγωγικές εξετάζοντας τη συμβολή τους στα πλαίσια της δικτυωμένης κοινωνίας της

γνώσης. Υπάρχει ανάγκη να ξεπεράσουμε τις παραδοσιακές μορφές αξιολόγησης, χρησιμοποιώντας νέες μεθόδους για να συνδυάσουμε διαφορετικά επίπεδα. Εκτός από τη χρήση της τεχνολογίας, οι αναδυόμενες παιδαγωγικές υπογραμμίζουν την ενεργό εμπλοκή των μαθητών στη δική τους μάθηση, την ευθύνη των εκπαιδευόμενων, τις μεταγνωστικές δεξιότητες και ένα διαλογικό, συνεργατικό μοντέλο διδασκαλίας και μάθησης (Gros, 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Χρήση ΤΠΕ στη Διδασκαλία της Βιολογίας

Η συνεχής εκμάθηση νέων τεχνολογιών και δεξιοτήτων είναι απαραίτητη για τον ταχύτατα μεταβαλλόμενο κόσμο μας, ειδικά στους τομείς STEM (επιστήμη, τεχνολογία, μηχανική και μαθηματικά) μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνεται και η Βιολογία. Στην τάξη της επιστήμης, οι μαθητές καλούνται συχνά να απεικονίζουν περίπλοκες και αφηρημένες δομές χρησιμοποιώντας εικόνες μικροσκοπίου ή απλοποιημένες απεικονίσεις δύο διαστάσεων (2D). Τα πρόσφατα τεχνολογικά επιτεύγματα επιτρέπουν την προβολή και τον χειρισμό εικονικών μοντέλων σε τρισδιάστατο (3D) χώρο (δηλ. σε περιβάλλον υπολογιστή). Η κατασκευή προσθέτων (3D εκτύπωση) επιτρέπει την ταχεία και φθηνή παραγωγή φυσικών μοντέλων με χρήση ψηφιακών δεδομένων. Αυτή η τεχνολογία έχει χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μοντέλων διδασκαλίας στο επίπεδο των πρωτεϊνικών δομών και της ακαθάριστης ανατομίας, αλλά όχι ακόμη στο κυτταρικό επίπεδο (Gras-Velazquez, 2016).

Πολλές μελέτες έχουν σκοπό τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της χρήσης δύο και τριών διαστάσεων μοντέλων απεικόνισης. Γενικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μαθητές προτιμούν τα τρισδιάστατα μοντέλα (Corolo & Hounshell 1995; Stieff, Bateman & Uttal, 2005). Επιπλέον, οι ερευνητές ισχυρίζονται ότι το μεγαλύτερο μέρος των απεικονίσεων σε δισδιάστατα σχήματα υπονομεύουν τη διδακτική-μαθησιακή διαδικασία και οδηγούν τον μαθητή στην κατασκευή λανθασμένων εννοιών και την κατασκευή λάθος διαστάσεων μοντέλων (Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 2007).

Πιθανώς, οι προαναφερθείσες μελέτες, καθώς και οι τεχνολογικές εξελίξεις, επηρέασαν την επιστημονική εικόνα για την ανάπτυξη ελκυστικών εικόνων και οι περισσότεροι προγραμματιστές καταλήγουν να χρησιμοποιούν αυτή τη μοντελοποίηση για την απεικόνιση της δομής. Ωστόσο, δεν αρκεί η χρήση ενός τρισδιάστατου μοντέλου για να κατανοηθεί σωστά η δομή των κυττάρων.

Η χρήση τρισδιάστατων κυτταρικών εικόνων στις εκπαιδευτικές εφαρμογές είναι εξαιρετικά σημαντική επειδή μεταφέρει εντονότερες εικόνες, πλουσιότερο χρώμα και μοντέλα που μοιάζουν αληθινά, έτσι μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτή. Είναι κοινώς αποδεκτό στην εκπαιδευτική κοινότητα ότι η χρήση αυτών των μοντέλων απεικόνισης είναι μια αποτελεσματική στρατηγική διδασκαλίας (Hew & Cheung 2010; Stieff, Bateman & Uttal 2005; Vavra et al., 2011). Ωστόσο, πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλα σημεία στη μοντελοποίηση κυτταρικών δομών πέρα από τη διάσταση του σχεδιασμού, όπως η κλίμακα που χρησιμοποιείται για να κατασκευαστεί η αναπαράσταση.

Παρόλο που τα παιχνιδιώδη μοντέλα έχουν το χαμηλότερο ποσοστό, δεν είναι προσανατολισμένα όσον αφορά την αναπαράσταση για την κατανόηση της κυτταρικής δομής. Τα παιχνιδιώδη μοντέλα σε αυτές τις εφαρμογές έχουν περισσότερο μια συμβολική πλευρά παρά μια ρεαλιστική. Με αυτή την έννοια, μπορεί να θεωρηθεί ότι το χαμηλότερο ποσοστό των εφαρμογών είναι αυτές που αφορούν αποκλειστικά το σχεδιασμό μοντέλων που σέβονται την κλίμακα των δομών που συνιστούν τα κύτταρα (Gras-Velazquez, 2016).

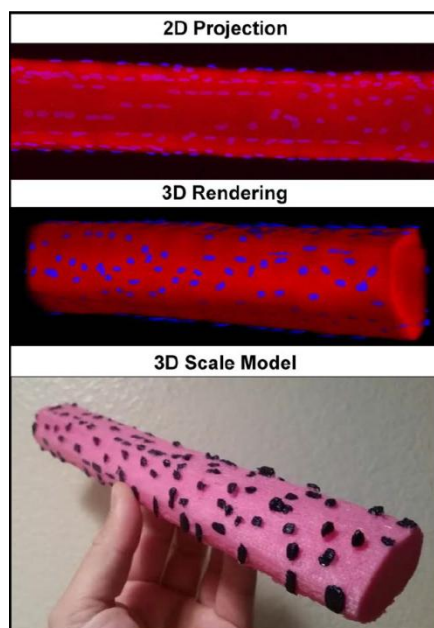
Γενικά, το μέγεθος μιας δομής συνεπάγεται πολλά για τη λειτουργία και τη σύνθεσή της. Λίγοι φοιτητές της κυτταρικής Βιολογίας γνωρίζουν, για παράδειγμα, ότι τα κεντριόλια και τα ριβοσώματα έχουν πολύ παρόμοια μεγέθη. Εάν υπήρχε μια αναλογική άποψη αυτών των οργανιδίων, οι μαθητές θα

μπορούσαν ενδεχομένως να συσχετίσουν την αποκλειστική πρωτεϊνική σύνθεση και των δύο. Ωστόσο, αυτό το γεγονός δεν μπορεί να μπει στα σχολικά βιβλία ή ακόμα και σε εικονικές πηγές γιατί τα κεντριόλια απεικονίζονται με μη ρεαλιστικές διαστάσεις, με σκοπό να γίνουν ορατά και εύκολα αναγνωρίσιμα από τη δομή τους (Gras-Velazquez, 2016).

5.2 3D μοντέλα

Οι ερευνητές για να διδάξουν την έννοια των βιολογικών συστημάτων στη Βιολογία δημιούργησαν 3D μοντέλα πραγματικών ανθρώπινων κυττάρων χρησιμοποιώντας τη 3D εκτύπωση. Οι πρωταρχικοί στόχοι της υλοποίησης αυτού του πειράματος ήταν να εκτεθούν οι μαθητές σε πολλαπλές τεχνολογίες (δηλαδή μικροσκοπία και 3D εκτύπωση), να δώσουν απτά μοντέλα για να διερευνήσουν τη μυοκυτταρική οργάνωση και μορφολογία και να μάθουν περισσότερα για τον αόρατο μοριακό κόσμο. Αναλυτικότερα, οι φοιτητές που συμμετείχαν σε αυτό το διεπιστημονικό εργαστήριο εκτέθηκαν στην εξαγωγή/απομόνωση μεμονωμένων κυττάρων, την επισήμανση φθορισμού των οργανιδίων/δομών ενδιαφέροντος, την απεικόνιση μέσω μικροσκοπίας σάρωσης με λέιζερ, την επεξεργασία εικόνων χρησιμοποιώντας λογισμικό βιολογικής απεικόνισης ανοιχτού κώδικα, και την εκτύπωση τρισδιάστατων μοντέλων πραγματικών ανθρώπινων κυττάρων κατασκευασμένων από βιοπλαστικά νημάτια. Η ίδια μεθοδολογική προσέγγιση θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε σχεδόν οποιοδήποτε κυτταρικό τύπο ή μοριακή δομή (Στασινάκης & Καλογιαννάκης, 2017).

Η αποτελεσματικότητα της χρήσης 3D απεικονίσεων στην τάξη υπερέρχει από την αντίστοιχη των διατομών δύο διαστάσεων οι οποίες είναι ανεπαρκείς για την ανάλυση των παραμέτρων των μυϊκών ινών. Η δημιουργία συγκεκριμένων 3D μοντέλων μυϊκών κυττάρων προσφέρει στους μαθητές εναλλακτικές προοπτικές όσον αφορά τη διαμόρφωση των επιφανειών των σκελετικών μυών και των οργανιδίων.



Εικόνα 2: 2d προβολή, 3d απόδοση, 3d βιοπλαστικό μοντέλο ανθρώπινης μυϊκής ίνας (μεγέθυνση 500 φορές). Μπλε: μυο-πυρήνες, Κόκκινο/Ροζ: κύτταρο Πηγή: Στασινάκης 2017.

Οι εφαρμογές της εκτύπωσης 3D είναι απεριόριστες και το έργο που παρουσιάζεται εδώ αρχίζει να τονίζει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης αυτής της σχετικά νέας τεχνολογίας στο εργαστηριακό πρόγραμμα σπουδών. Ενώ ερευνήθηκαν ανθρώπινα σκελετικά μυϊκά κύτταρα, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση θα μπορούσε να προσαρμοστεί στη μελέτη πολλών κυττάρων ή δομών, προσφέροντας στους δασκάλους όλων των βιολογικών επιστημών ένα νέο εργαλείο για να εμπλακούν οι φοιτητές στη διεπιστημονική έρευνα. Τα μοντέλα βιοπλαστικής κλίμακας, που δημιουργούνται από τους μαθητές, μπορούν να συμβάλουν στην προώθηση του ενδιαφέροντός τους για τον αόρατο κόσμο της μοριακής και κυτταρικής βιολογίας (Bagley & Galpin, 2015).

5.3 Μοντελοποίηση επιπέδων οργάνωσης DNA και πρωτεϊνών με το λογισμικό τρισδιάστατης οπτικοποίησης Cn3D

Τα εργαλεία βιοπληροφορικής μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στην εκπαίδευση [Bednarski 2005], ειδικά στην προαγωγή της οπτικοποίησης και της διαλεύκανσης των θεωρητικά πολύπλοκων βιολογικών διεργασιών και δομών. Σε αυτό το πλαίσιο, κάθε καθηγητής της Βιολογίας μπορεί να χρησιμοποιήσει μια πληθώρα βάσεων δεδομένων με ελεύθερη πρόσβαση στο διαδίκτυο, με σκοπό να παρουσιάσει και να αποσαφηνίσει διάφορες βιολογικές διεργασίες που παρουσιάζονται στα σχολικά εγχειρίδια, όπως η αντιγραφή, η μεταγραφή και η μετάφραση, η θεωρία της εξέλιξης ή τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ μονομερών (αμινοξέα, νουκλεοτίδια) για τον σχηματισμό μακρομορίων (πρωτεΐνες και νουκλεϊκά οξέα, αντίστοιχα) (Stasinakis & Nicolaou, 2017).

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι ερευνητές υποστηρίζουν (Finnan, 2005) ότι οι μαθητές έχουν δυσκολία στην κατανόηση μακρομορίων, χημικών ενώσεων και μικροσκοπικών διεργασιών που δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτές, καθώς επίσης στην κατανόηση των σχετικών όρων και των αποτελεσμάτων των αλληλεπιδράσεων μεταξύ της μοριακής δομής και της λειτουργίας. Από την άλλη πλευρά, αρκετές μελέτες έχουν αποκαλύψει μια αλληλεξάρτηση μεταξύ κατανόησης και απεικόνισης (Henry, 2004; Linn et al., 2006; Stith, 2004), όταν δηλαδή η εκπαιδευτική διαδικασία περιλαμβάνει οπτικοποίηση, υπάρχει μια παροδική μετάβαση από όρους σε σύμβολα και από σύμβολα σε πραγματική οπτικοποίηση (Stasinakis & Nicolaou, 2017).

Στα πλαίσια της διδασκαλίας της δομής του DNA και των επιπέδων της οργάνωσης πρωτεϊνών, εφαρμόστηκε μια διδασκαλία βασισμένη στη βιοπληροφορική, σχεδιασμένη να ενισχύσει την καλύτερη κατανόηση της δομής και του επιπέδου οργάνωσης των βιολογικών μορίων (πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα) ώστε οι μαθητές να συσχετίσουν τη δομή που προέρχεται από το μοριακό επίπεδο με τη λειτουργία που εμφανίζεται στο κυτταρικό επίπεδο. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο λογισμικό παρουσιάστηκαν δύο ενδιαφέροντα θέματα στους μαθητές: η δομή του DNA και τα επίπεδα της οργάνωσης πρωτεϊνών, ώστε να αποσαφηνιστούν τα επίπεδα οργάνωσης πρωτεϊνών και το πώς αυτά σχετίζονται με τη διαρθρωτική και λειτουργική πολυμορφία που καθορίζουν τη βιοποικιλότητα των ζώντων οργανισμών σε μακροσκοπικό επίπεδο. Αυτά τα δύο θέματα περιγράφονται λεπτομερώς στα εγχειρίδια της Ελληνικής Βιολογίας της Β Λυκείου (16-17 ετών) και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μαθήματα που περιγράφουν τη συσχέτιση μεταξύ δομής και λειτουργίας. Για την τρισδιάστατη οπτικοποίηση των δομών των πρωτεϊνών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Cn3D το οποίο

δημιουργήθηκε από το Εθνικό Κέντρο Βιοτεχνολογικών Πληροφοριών των ΗΠΑ (NCBI) και είναι μια φιλική προς το χρήστη εφαρμογή. Η προτεινόμενη διαδικασία μπορεί εύκολα να εμπλουτιστεί από ένα πλήθος δομών πρωτεϊνών, νουκλεϊκών οξέων ή άλλων μορίων, οι οποίες είναι ελεύθερα προσβάσιμες στην ιστοσελίδα του NCBI (Stasinakis & Nicolaou 2017).

Με βάση τις απαντήσεις των μαθητών στα φύλλα εργασίας (αυτό αναφέρεται στις σωστές/λανθασμένες απαντήσεις που έγραψαν οι μαθητές στα φύλλα εργασίας, καθώς προσπάθησαν να απαντήσουν στις επτά ασκήσεις του φύλλου εργασίας) και στις συζητήσεις που ακολούθησαν την άσκηση, η χρήση του Cn3D στη διδασκαλία βελτιώνει σημαντικά τη γνώση τους, καθώς οι όροι που σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία γίνονται λιγότερο αφηρημένοι. Αξίζει να σημειωθεί, ότι καταγράφηκαν παράπονα σχετικά με τα σχολικά βιβλία επειδή δεν παρουσιάζουν τον πλούτο του μικρόκοσμου, ενώ ορισμένοι φοιτητές έδειξαν έντονο ενδιαφέρον για το λογισμικό και την επιθυμία να το χρησιμοποιήσουν στον προσωπικό τους υπολογιστή. Επιπλέον, κάποιοι ενθουσιάστηκαν τόσο πολύ που εξέφρασαν την επιθυμία να γίνουν ερευνητές και να εργαστούν σε κλάδο σχετικό με την τρισδιάστατη απεικόνιση μακρομορίων (Stasinakis & Nicolaou, 2017).

5.4 Ένα 3D-DNA μόριο από το PlayMais

Μια ακόμη εκπαιδευτική άσκηση που είχε ως στόχο την κατανόηση της τρισδιάστατης δομής του DNA, περιελάμβανε την κατασκευή ενός μοντέλου του γενετικού υλικού με απλά υλικά. Με αυτή την άσκηση, οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να ζήσουν μια τρισδιάστατη εμπειρία που επικεντρώνεται στη δομή διπλής έλικας του DNA. Επιπλέον, εκμεταλλευόμενοι ένα ελκυστικό και οπτικό πρωτόκολλο, οι μαθητές βίωσαν μια επισκόπηση των βιολογικών επιπτώσεων των μεταλλάξεων. Για να γίνει αυτό, ξεκινώντας από μια αλληλουχία νουκλεοτιδίων που σχηματίζουν μια πραγματική ακολουθία γονιδίων, οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να δημιουργήσουν τη δική τους 3D δομή διπλής έλικας DNA χρησιμοποιώντας νιφάδες PlayMais, ένα απλό υλικό από παιχνίδια. Κάνοντας αυτό ήταν σε θέση να εκτιμήσουν την αρχιτεκτονική του πιο σημαντικού μορίου για τα ζωντανά όντα, δηλαδή του DNA. Η ακολουθία που χρησιμοποιήθηκε ως παράδειγμα είναι αυτή του γονιδίου της πράσινης φθορίζουσας πρωτεΐνης (GFP) (Caine et al., 2015).

Αυτό το γονίδιο φέρει τις οδηγίες που είναι απαραίτητες για τη σύνθεση μιας πρωτεΐνης που επιτρέπει στις μέδουσες *Aequorea victoria* να λάμπουν στα σκοτεινά νερά της θάλασσας (Shinomura, Johnson & Saiga, 1962). Επιπλέον, η πρωτεΐνη GFP χρησιμοποιείται συνήθως σε πολλά εργαστηριακά πρωτόκολλα, λόγω του γεγονότος ότι ο φθορισμός της μπορεί να παρατηρηθεί στα κύτταρα όπου εκφράζεται (Chalfie et al., 1994). Έτσι, οι μαθητές θα είναι δυνατό να συνδυάσουν μια εξήγηση της δομής του DNA (δηλ., του μορίου 3D-DNA) με την αλληλουχία και τις ενσωματωμένες σε αυτό βιολογικές οδηγίες (δηλ., γονίδιο GFP και φθορισμό πρωτεΐνης). Επιπλέον, αξιοποιώντας το πλαίσιο κωδικοποίησης της αλληλουχίας του γονιδίου GFP που παρέχεται, αυτή η άσκηση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εισαγωγή των εννοιών μεταγραφής και μετάφρασης (Concannon & Buzzetta, 2010).

Στα πλαίσια της παρούσας άσκησης, οι μαθητές ενεργούν σαν το μηχάνημα που κατασκευάζει το μόριο DNA, κερδίζοντας μια επισκόπηση των κυτταρικών διεργασιών που αφορούν μόρια DNA. Είναι σημαντικό ότι οι μαθητές κατασκευάζουν ένα μόριο DNA από PlayMais

ακολουθώντας το παρεχόμενο πρότυπο γονιδιακής αλληλουχίας και με αυτόν τον τρόπο θα ασχοληθούν με την κριτική και δυναμική εκμάθηση των βιολογικών λειτουργιών που είναι ενσωματωμένες στη δομή του DNA (NRC, 2013). Έτσι, στο τέλος αυτής της εμπειρίας, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να απεικονίσουν και να διερευνήσουν τη δομή του διπλού κλώνου του DNA, να βιώσουν από πρώτο χέρι τους μηχανισμούς αντιγραφής του DNA, να περιγράψουν τη σχέση μεταξύ DNA και γενετικών χαρακτηριστικών και να εφαρμόσουν τις μαθησιακές έννοιες σε περαιτέρω εμπειρίες (Caine et al., 2015).

Μόλις ολοκληρωθεί η δραστηριότητα, οι μαθητές θα έχουν την ευκαιρία να εφαρμόσουν τις μαθησιακές δομικές έννοιες σε δύο κρίσιμες βιολογικές παραμέτρους του μορίου του DNA, δηλαδή την ημισυντηρητική αντιγραφή DNA και τις μεταλλάξεις του DNA. Ανάλογα με τον διαθέσιμο χρόνο, αυτές οι επεκτάσεις μπορούν να προταθούν είτε ως δευτερεύουσες δραστηριότητες, είτε ως μέρος της ίδιας διδακτικής ενότητας ώστε να προωθηθεί περαιτέρω η δέσμευση των μαθητών σε μια βαθύτερη κριτική σκέψη σχετικά με τη σχέση μεταξύ δομής και βιολογικής λειτουργίας του μορίου DNA (Caine et al, 2015).

Η δεύτερη μέθοδος που προτείνεται επιτρέπει την οπτικοποίηση της δομής του DNA αντί της βιολογικής διαδικασίας της σύνθεσής του. Κατά τη διάρκεια αυτού του βήματος, χρησιμοποιώντας τις νιφάδες PlayMais ως βιολογικά εργαλεία οι μαθητές ήταν σε θέση να δημιουργήσουν ένα μόριο 3D PlayMais DNA σαν να ήταν ο μοριακός μηχανισμός που εκτελεί αυτή τη λειτουργία μέσα στα κύτταρα δηλαδή σαν να ήταν η DNA πολυμεράση που συνθέτει τον συμπληρωματικό κλώνο. Για να γίνει αυτό, οι σπουδαστές θα πρέπει να σέβονται τον νόμο της συμπληρωματικότητας βάσεων. Η κατασκευή του νέου κλώνου ξεκινά από το τελευταίο νουκλεοτίδιο του παλαιού σκέλους (δηλαδή το τελευταίο που έχει προστεθεί). Με αυτόν τον τρόπο, θα τηρηθεί η «κατεύθυνση» της πολυμεράσης DNA. Επιπλέον, οι δύο κλώνοι που περιλαμβάνουν τη διπλή έλικα έχουν αντιπαράλληλο προσανατολισμό.

Συμπερασματικά, η προαναφερθείσα δραστηριότητα αντιπροσωπεύει έναν εύκολο τρόπο για την απεικόνιση ενός μαθήματος που περιγράφει την υποστήριξη της ζωής. Είναι ασφαλές για τους μαθητές και προσελκύει την προσοχή τους μέσω ενός απλού και οπτικού πρωτοκόλλου. Στην πραγματικότητα, ενώ χειρίζονται το μόριο DNA 3D PlayMais σε ένα περιβάλλον διασκέδασης και εμπλοκής, οι μαθητές είναι πιθανό να θυμούνται και να αφομοιώνουν καλύτερα τις έννοιες που θα είναι χρήσιμες για την κατανόηση των βιολογικών μηχανισμών που εμπλέκουν το DNA (π.χ. αναπαραγωγή, μεταγραφή, και μετάφραση) (Caine et al, 2015).

Στο πλαίσιο αυτής της διδακτικής ενότητας, ενισχύεται η ενεργοποίηση και ανάπτυξη μιας βαθύτερης συμμετοχής των μαθητών σε σχέση με την αρχιτεκτονική του μορίου DNA και τη βιολογική λειτουργία του (Caine et al., 2015).

5.5 Χρήση αναλογιών και χειρονομιών για την οπτική απεικόνιση της δομής του DNA

Η εννοιολογική κατανόηση στη μοριακή βιολογία περιλαμβάνει την ενσωμάτωση του μακροσκοπικού επιπέδου (γενετικά χαρακτηριστικά), του μικροσκοπικού επιπέδου (κύτταρο) και του μοριακού επιπέδου (γονίδιο). Η δημιουργία της μοριακής δομής του DNA και η θέση του σε κυτταρικό επίπεδο οδηγεί σε κατανόηση της βιολογικής του σημασίας, για παράδειγμα, στη γενετική έκφραση. Οι Marbach-Ad και Stavy (2000) παρατήρησαν ότι η δυσκολία κατανόησης και σύνδεσης αυτών των

διαφορετικών οργανωτικών επιπέδων είναι «επειδή μερικές φορές ένα επίπεδο (π.χ. το μακροσκοπικό επίπεδο) ανήκει σε ένα κλάδο (π.χ. Βιολογία) και το άλλο επίπεδο (π.χ. το μοριακό επίπεδο) ανήκει σε διαφορετικό κλάδο (π.χ. Χημεία)». Στην πραγματικότητα, η ολοκλήρωση γίνεται με πολλαπλούς τρόπους – ένας μπορεί να περιλαμβάνει έννοιες από διαφορετικούς κλάδους, ένας άλλος μπορεί να περιλαμβάνει τα μακροσκοπικά, μικροσκοπικά και μοριακά επίπεδα και, τέλος, τη σύνδεση της δομής με τη λειτουργία εντός και κατά μήκος αυτών των επιπέδων.

Οι δομικές συνδέσεις με τις λειτουργικές συνδέσεις έχουν αναγνωριστεί ως μια προβληματική περιοχή της βασικής γενετικής (Lewis, 2004; Marbach-Ad, 2001). Σε μια μελέτη σημαντικών προβληματικών περιοχών στις βιολογικές επιστήμες όπως προσδιορίστηκαν από τους μαθητές, οι Bahar, Johnstone & Hansell (1999) ανέφεραν ότι η δομή και η λειτουργία των μορίων DNA και RNA θεωρήθηκε ως ένα θέμα σχετικά χαμηλής δυσκολίας. Ωστόσο, πραγματοποιήθηκε μια μελέτη περίπτωσης στην οποία οι μαθητές έχουν πρόβλημα στην κατανόηση της βασικής 3-D δομής του μορίου DNA (Srivastava & Ramadas 2013).

Η δεξιόστροφη σκάλα είναι μια αναλογία για τη δομή του DNA που έχει σημαντική δυνατότητα να βοηθήσει τους μαθητές να απεικονίσουν διανοητικά τη δομή του DNA. Το ενδιαφέρον σε αυτή τη μελέτη περίπτωσης ήταν να προσδιοριστεί αν οι μαθητές είναι σε θέση να διατηρήσουν την αναλογία για να σχηματίσουν μια νοητική εικόνα της μοριακής 3-D δομής του DNA.

Οι πολλαπλές εξωτερικές απεικονίσεις (multiple external representations, MERs) πιστεύεται ότι υποστηρίζουν τη μάθηση παρέχοντας συμπληρωματικές πληροφορίες ή διαδικασίες και περιορίζοντας την ερμηνεία του εκπαιδευόμενου για μια νέα απεικόνιση χρησιμοποιώντας μια γνωστή απεικόνιση που βοηθά τους εκπαιδευόμενους να κατανοήσουν τις πληροφορίες που μεταφέρονται από αυτή τη νέα απεικόνιση. Οι MERs υποστηρίζουν επίσης την κατασκευή βαθύτερης κατανόησης μέσω της αφαίρεσης, της επέκτασης και των σχέσεων μεταξύ των απεικονίσεων (Ainsworth, 1999). Οι Tsui & Treagust (2003) εφάρμοσαν τις λειτουργίες MER της Ainsworth στη μελέτη τους σχετικά με την επιχειρηματολογία της γενετικής στις Αυστραλιανές αίθουσες διδασκαλίας, η οποία διεξήχθη στο πλαίσιο της εμπλουτισμένης με υπολογιστές μάθησης, με λεπτομερή ανάλυση της μάθησης και της επιχειρηματολογίας των μαθητών στη γενετική καθώς χρησιμοποιούσαν τις MERs.

Το ερώτημα για το πώς οι MERs μπορούν να συνδεθούν με εσωτερικές διανοητικές απεικονίσεις είναι ένα σημαντικό πεδίο ενδιαφέροντος για την επιστήμη της παιδαγωγικής. Έρευνα σχετικά με την ενσωματωμένη άποψη της γνώσης υποδηλώνει ότι η επιχειρηματολογία μας ενεργοποιείται σημαντικά από την ικανότητά μας να συμμετέχουμε σε δράσεις στον κόσμο και ότι οι εσωτερικές μας απεικονίσεις δεν είναι αόριστες αλλά συνδέονται με τις αισθητικοκινητικές μας αντιλήψεις και ενέργειες (Clark, 1997; Barsalou, 1999). Μια άμεση συνέπεια της ενσωματωμένης άποψης είναι ότι οι MERs συνδέονται με εσωτερικές απεικονίσεις μέσω των αντιλήψεων και των ενεργειών του εκπαιδευόμενου.

Με βάση την ενσωματωμένη άποψη της γνώσης, προτάθηκε μια πιθανή παιδαγωγική οδός από εξωτερικές προς εσωτερικές (διανοητικές) απεικονίσεις που μπορεί να ληφθεί με τη χρήση χειρονομιών. Οι Goldin-Meadow & Beilock (2010) ισχυρίστηκαν ότι οι χειρονομίες επηρεάζουν τη σκέψη και μπορεί να έχουν ισχυρή επίδραση στη μάθηση, με αποτέλεσμα μια πλούσια εσωτερική απεικόνιση

που ενσωματώνει τις αισθητικοκινητικές ιδιότητες. Αυτή η άποψη από τη γνωστική επιστήμη χρησιμοποιήθηκε από τους Padalkar & Ramadas (2011) για την πρόταση ενός παιδαγωγικού σκοπού για σκόπιμο σχεδιασμό χειρονομιών στην επιστήμη. Οι Padalkar & Ramadas (2011) ισχυρίστηκαν ότι οι χειρονομίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εσωτερικοποίηση ενός φυσικού φαινομένου, ενός επιστημονικού μοντέλου ή ιδιοτήτων του χώρου. Είναι σημαντικό ότι οι χειρονομίες της μελέτης των Padalkar & Ramadas (2011) χρησίμευσαν όχι μόνο για τη σύνδεση εξωτερικών απεικονίσεων με τις αντίστοιχες εσωτερικές διανοητικές, αλλά σχεδιάστηκαν επίσης για να συνδέουν δύο τύπους εξωτερικών παραστάσεων (συγκεκριμένα μοντέλα και διαγράμματα). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός χειρονομίας και αναλογίας της δομής για την ενθάρρυνση της απεικόνισης της δομής 3-D του μορίου DNA.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, παρόλο που οι μαθητές δεν συνδέουν αυθόρμητα την αναλογία της κλίμακας με τα διαγράμματα των εγχειριδίων τους, η χειρονομία μπορεί να είναι ένα βασικό, απλό εργαλείο για τη μετάδοση του προσανατολισμού των ζευγών βάσεων στη δομή της σκάλας και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να συνδέσει τις παραστάσεις 2-D με πολλαπλά μοντέλα 3-D δομής DNA.

5.6 Εικονική μάθηση

Η εικονική τεχνολογία δίνει την ευκαιρία για επαρκή ενσωμάτωση των τεχνολογιών της εικονικής πραγματικότητας σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης ζωής: εκπαίδευση, ιατρική, βιοτεχνολογίες κλπ. Το εικονικό εκπαιδευτικό περιβάλλον είναι ένα σύνολο πληροφοριακών πόρων που παρέχει σύνθετη μεθοδολογική και τεχνολογική υποστήριξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας, της διαχείρισης της εκπαιδευτικής διαδικασίας και της ποιότητας του εικονικού περιβάλλοντος εκμάθησης, και εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες: πληροφόρηση και κατάρτιση, επικοινωνία, έλεγχο και διοικητική λειτουργία. Η εικονική αλληλεπίδραση μεταξύ των συμμετεχόντων στην εκπαιδευτική διαδικασία με τη βοήθεια των τεχνολογιών της πληροφορίας και της επικοινωνίας υλοποιείται σε περιβάλλον εικονικής μάθησης. Το πληροφοριακό και εκπαιδευτικό περιβάλλον είναι ο κοινός χώρος πληροφόρησης και το εικονικό μαθησιακό περιβάλλον θεωρείται ως ένα μέρος του. Σήμερα το εικονικό περιβάλλον εκμάθησης αντιπροσωπεύει ένα σύστημα πολλαπλών σκοπών. Στο πλαίσιο αυτού του συστήματος υλοποιούνται συγκεκριμένες παιδαγωγικές, διδακτικές και μεθοδολογικές τεχνολογίες, οι αναγκαίοι πληροφοριακοί πόροι (βάση δεδομένων και γνώσεων, βιβλιοθήκες, ηλεκτρονικά εκπαιδευτικά υλικά), σύγχρονο λογισμικό. Η εικονική εκπαίδευση έχει πολλές ομοιότητες με την εξ αποστάσεως μάθηση (Burnett 2011; Kerimbayev, 2016).

Η εικονική μάθηση διακρίνεται από τα ακόλουθα πλεονεκτήματα: κινητικότητα και αλληλεπίδραση του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, απόσταση μάθησης, ύπαρξη πληροφοριακών εκπαιδευτικών πόρων. Ο σκοπός της εικονικής μάθησης είναι να προσδιορίσει τον τόπο και την επίτευξη του προορισμού στον πραγματικό κόσμο, συμπεριλαμβανομένου του εικονικού συστατικού του από ένα άτομο. Η εκμάθηση πολυμέσων στο είδος των ψηφιακών εκπαιδευτικών πόρων υλοποιείται σε εικονική εκπαίδευση. Οι ψηφιακοί εκπαιδευτικοί πόροι λειτουργούν ως αντικείμενα της εικονικής πραγματικότητας και της διαδραστικής μοντελοποίησης, των εννοιολογικών χαρτών, των

ηχογραφήσεων, των συμβολικών αντικειμένων, των κειμένων και άλλων εκπαιδευτικών υλικών που είναι απαραίτητα για την οργάνωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ο ψηφιακός εκπαιδευτικός πόρος θεωρείται ως πληροφοριακό αντικείμενο. Αν θεωρήσουμε ότι η εικονική κατάρτιση έχει πληροφοριακό χαρακτήρα, ο κύριος στόχος του εκπαιδευόμενου είναι να μάθει να χρησιμοποιεί όχι μόνο την πρόσβαση σε πληροφορίες ως πηγή γνώσης αλλά και να χρησιμοποιεί δεδομένες πληροφορίες, οι οποίες δεν είναι πάντα δομημένες και οργανωμένες και συχνά μπορεί να έχουν μη ικανοποιητικά χαρακτηριστικά (Kerimbayev, 2016).

Ως αποτέλεσμα της εικονικής μάθησης (καθώς και οποιασδήποτε άλλης μορφής κατάρτισης) ένα άτομο λαμβάνει το απαραίτητο ποσό γνώσεων, δεξιοτήτων, και αποκτά επαγγελματική ικανότητα. Ωστόσο, το τελικό αποτέλεσμα της προσωπικής διαμόρφωσης δεν καθορίζεται κυρίως από τη μορφή των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, αλλά από τις βασικές φιλοσοφικές αισθήσεις, πάνω στις οποίες χτίστηκε η μαθησιακή διαδικασία. Με αυτή την έννοια, η φιλοσοφική πτυχή της εικονικής πραγματικότητας ως βάση της εικονικής εκπαίδευσης είναι σημαντική. Μόνο στην περίπτωση αυτή είναι δυνατόν να μιλήσουμε για την πολιτισμική πτυχή της ανάπτυξης του εκπαιδευτικού συστήματος (Kerimbayev, 2016).

Με μια ευρύτερη έννοια, η εικονική μάθηση ενός ατόμου θεωρείται ως επέκταση του εσωτερικού του κόσμου σε εξωτερικό επίπεδο και αλληλοδιείσδυση των μικρο- και μακρόκοσμων. Η δημιουργία ενός χωροταξικού μοντέλου εικονικής μάθησης οδηγεί στην παρουσίαση του εσωτερικού του κόσμου ως ένα σύνολο εκτεινόμενων σφαιρών: πνευματικής, συναισθηματικής και εικονιστικής, πολιτιστικής, ιστορικής, κοινωνικής και άλλων. Όλες είναι στενά συνδεδεμένες, και σχηματίζουν έναν εικονικό χώρο εκμάθησης του ατόμου. Σήμερα η εικονική εκπαίδευση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο σύστημα προετοιμασίας των μελλοντικών ειδικών, καθώς κατά τη διάρκεια της ταχείας ανάπτυξης των επιστημονικών και τεχνικών δυνατοτήτων υπάρχει η ανάγκη για εξειδικευμένα άτομα, καθώς και η άποψη γνώση του θέματος αυξάνεται γρήγορα. Η εικονική μάθηση έχει κοινό εκπαιδευτικό στόχο - την αποκάλυψη του ατόμου και την επίτευξη της αποστολής του στον πραγματικό κόσμο, σε συνδυασμό με τις εικονικές και άλλες ευκαιρίες του. Η εικονική μάθηση στην επαγγελματική προετοιμασία των μελλοντικών ειδικών έχει υποκείμενη κατεύθυνση και αντιπροσωπεύει το «ανοιχτό» εικονικό πανεπιστήμιο του ατόμου που εφαρμόζεται στη διαδικασία συνεχούς εκπαίδευσης (Kerimbayev, 2016).

Οι διαφορετικές εικονικές κοινότητες, όπως οι πραγματικές κοινότητες, έχουν διαφορετικά επίπεδα αλληλεπίδρασης και συμμετοχής μεταξύ των μελών τους. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό μιας κοινότητας είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών της. Στην εικονική εκπαίδευση ο φοιτητής έχει ηλεκτρονική πρόσβαση σε ψηφιακές βιβλιοθήκες με ισχυρά συστήματα αναζήτησης. Η εκμάθηση μπορεί να γίνει στο σπίτι, ή όπου είναι η πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Σήμερα υπάρχει μια ανάγκη για τη μοντελοποίηση του εικονικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος του πανεπιστημίου με βάση μια προσέγγιση βασισμένη στις ικανότητες για την κατάρτιση μελλοντικών ειδικών (Kerimbayev, 2012, 2016). Ένας από τους τρόπους υλοποίησης της εικονικής εκπαίδευσης στην επαγγελματική προετοιμασία των μελλοντικών ειδικών είναι η χρήση της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας, όπου η εξαιρετικά ρεαλιστική προσομοίωση του πολυσωμικού χώρου επαγγελματικής δραστηριότητας υποστηρίζει δυναμική διαδραστική αλληλεπίδραση με τον μαθητή. Στη δεδομένη διαδικασία θα πρέπει

να εφαρμοστεί ένα σύνολο ψυχοπαιδαγωγικών συνθηκών που θα διαμορφώνει την κινητήρια ετοιμότητα των θεμάτων επαγγελματικής προετοιμασίας στις εικονικές ευκαιρίες μάθησης. Η ανάπτυξη ενός εικονικού μαθησιακού περιβάλλοντος του πανεπιστημίου είναι ένας καινοτόμος εκσυγχρονισμός της επαγγελματικής προετοιμασίας των μελλοντικών ειδικών, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας της επαγγελματικής εκπαίδευσης (Kerimbayev, 2016).

Όσον αφορά τις δυνατότητες της εικονικής εκπαίδευσης και τα οφέλη της μάθησης με τη χρήση εικονικών τεχνολογιών, πρώτα απ' όλα είναι απαραίτητο να διακρίνουμε τις ψυχολογικές και παιδαγωγικές δυνατότητες, παρέχοντας τη δυνατότητα δημιουργίας εικονικών εικόνων, αναπτύσσοντας θεωρητική, διαισθητική, δημιουργική εικονική σκέψη των μαθητευόμενων. Σύμφωνα με τις λειτουργικές δυνατότητες, η εικονική εκπαίδευση προσφέρει συστημική γνώση, εφαρμόζοντας πολύπλοκη διεπιστημονική εικονική εκπαίδευση, παρέχοντας τη δυνατότητα επέκτασης και εμβάθυνσης της λογικής των αιτιωδών συνδέσεων της αντικειμενικής λειτουργίας σε εικονικά μοντέλα με τη χρήση ψηφιακών εκπαιδευτικών πόρων του εικονικού μαθησιακού περιβάλλοντος. Η δραστηριότητα των πολυάριθμων αντικειμένων επικεντρώνεται στο μοντέλο προσωπικής αλληλεπίδρασης και παρέχει τη δυνατότητα εκτέλεσης της επικοινωνιακής αλληλεπίδρασης της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Οι δραστηριότητες ενός θέματος εστιάζονται στην αυτο-ανάπτυξη και την αυτοπραγμάτωση του ατόμου και παρέχουν τη δυνατότητα βελτιστοποίησης της ανεξάρτητης εργασίας των μαθητών στο πλαίσιο της αλληλεπίδρασής τους με τη διανομή ηλεκτρονικών εκπαιδευτικών πόρων (Kerimbayev, 2016). Το σύστημα ηλεκτρονικής μάθησης μπορεί να παρέχει διαδραστικότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας, να διαρθρώνει το συγκεκριμένο περιεχόμενο και τη διαμόρφωσή του, την επανάληψη του εκπαιδευτικού υλικού αρκετές φορές, τον αυτοέλεγχο και την ανάλυση των εκπαιδευτικών επιτευγμάτων, την ιδιωτικότητα μιας ατομικής εκπαιδευτικής διαδικασίας (Kerimbayev, 2016).

5.7 Έρευνα για τις δυσκολίες των μαθητών στην απεικόνιση ενός βιολογικού κυττάρου 3-D και μαθήματα παιδαγωγικής

Στη διδασκαλία των προπτυχιακών μαθημάτων των βιολογικών επιστημών, οι καθηγητές τείνουν να δίνουν περισσότερη έμφαση στις έννοιες πάνω στα γεγονότα, στην εννοιολογική κατανόηση της απομνημόνευσης των λεπτομερειών. Πρέπει να εξετάζεται όμως πώς οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες που μαθαίνουν. Ζητείται από τους μαθητές απλά να απομνημονεύσουν τη γνώση που τους δόθηκε. Αυτό είναι το χαμηλότερο επίπεδο κατανόησης του Bloom, και στην πραγματικότητα οι μαθητές μπορούν να πάρουν μία τέλεια βαθμολογία για την ερώτηση χωρίς να κατανοήσουν εννοιολογικά τη δήλωση. Θα πρέπει να εφαρμόσουν την αρχή του συνδυαστικού ελέγχου σε μια άγνωστη κατάσταση, απαιτώντας μια βαθύτερη κατανόηση της έννοιας. Επομένως, αν οι ιδέες στην αναπτυξιακή Βιολογία μαθαίνονται ως πραγματικές ή εννοιολογικές εξαρτάται εν μέρει από το πώς παρουσιάζονται από τους καθηγητές και τα βιβλία και από τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές τις μελετούν, αλλά πάνω απ' όλα εξαρτάται από το πώς διαμορφώνουν τους μαθησιακούς στόχους και τις ερωτήσεις για το σπίτι και τις εξετάσεις, από την άποψη της πραγματικής ανάκλησης σε σχέση με την εφαρμογή των εννοιών (Wood, 2008).

Πιο συγκεκριμένα, στις διερευνήσεις των εννοιών των μαθητών σε μια αίθουσα διδασκαλίας με μαθητές λυκείου από αστικές σχολές στην Ινδία, αποκαλύφθηκε ποικιλία προβλημάτων στην κατανόηση των βιολογικών κυττάρων ως δομικών και λειτουργικών μονάδων ζωντανών οργανισμών. Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε όχι μόνο ότι απεικόνισαν το κύτταρο ως δισδιάστατη (2D) δομή, αντί για μια κλειστή τρισδιάστατη (3D) λειτουργική μονάδα, αλλά ότι είχαν ισχυρή αντίσταση στην αλλαγή των 2D σε 3D. Με βάση τις αναλύσεις των προφορικών και γραπτών περιγραφών των μαθητών στην τάξη και των μοντέλων που έκαναν για το κύτταρο, εντοπίστηκαν τα αίτια των δυσκολιών των μαθητών να απεικονίσουν σωστά το κύτταρο. Αυτό βοήθησε να σχεδιαστεί μια διδασκαλία που να περιλαμβάνει καθοδηγούμενες συζητήσεις και δραστηριότητες που αμφισβητούν τις 2D θεωρήσεις των κυττάρων από τους μαθητές. Οι δραστηριότητες συνεπάγονται πολύ απλές, χαμηλού κόστους, εύκολα εφικτές τεχνικές για να βοηθήσουν τους μαθητές να απεικονίσουν το κύτταρο και να καταλάβουν ότι δεν θα είναι σε θέση να λειτουργήσει εάν η δομή του είναι 2D. Αξίζει να σημειωθεί ότι το λανθασμένο 2D μοντέλο μπορεί να επιμείνει μέχρι το επίπεδο των κολεγίων (Stasinakis & Nikolaou, 2017).

Ενώ πολλά αναλυτικά προγράμματα εισάγουν τα κύτταρα ως δομικά στοιχεία όλων των ζώων, μια κοινή εναλλακτική αντίληψη των μαθητών είναι ότι τα κύτταρα είναι μέσα στο σώμα, αλλά όχι σαν να συνθέτουν το σώμα όπως υποδηλώνει ο όρος *building block* (Dreyfus & Jungwirth 1988, 1989). Μάλιστα αποδείχθηκε ότι η κατανόηση του κυττάρου ως λειτουργική μονάδα είναι πολύ πιο δύσκολη για τους μαθητές παρά να θεωρηθεί ως δομική μονάδα. Η σημασία να απεικονίσουν οι μαθητές το κύτταρο ως 3D έχει επισημανθεί από τους Rundgren και Tibell (2009) που αναγνώρισαν τα χωρικά χαρακτηριστικά και την παρεκβολή μεταξύ 2D και 3D ως κρίσιμα για την απεικόνιση της μεταφοράς μέσω της κυτταρικής μεμβράνης ειδικότερα, και βιομοριακές διαδικασίες γενικά. Επιπλέον, όπως οι Tuckey et al. (1991) επισημαίνουν ότι η ικανότητα απεικόνισης των δομών 3D είναι μια σημαντική και θεμελιώδης δεξιότητα χωρίς την οποία οι μαθητές θα έχουν σημαντικές δυσκολίες όταν μαθαίνουν εκείνες τις πτυχές της επιστήμης που απαιτούν ικανότητα απεικόνισης 3D όπως για παράδειγμα στη Χημεία και στις επιστήμες ζωής. Παρόλο που οι περιοχές αυτές δεν αποτελούν το περιεχόμενο των αναλυτικών προγραμμάτων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (εάν ανήκουν σε υψηλότερα επίπεδα), εάν δεν διορθωθεί ή αποφευχθεί η λανθασμένη απεικόνιση των κυττάρων σε αυτό το εισαγωγικό στάδιο, μπορεί να προκύψουν δυσκολίες. Οι Flores et al. (2003) παρέχουν ολοκληρωμένη ανασκόπηση της έρευνας που αφορά τις ιδέες των φοιτητών σχετικά με τα κύτταρα και τις κυτταρικές διεργασίες και αναφέρουν ότι παρόμοια προβλήματα εξακολουθούν να υφίστανται σε όλα τα επίπεδα από την πρωτοβάθμια έως την ανώτερη εκπαίδευση. Επίσης, ο Norman (1983) επισημαίνει ότι οι προηγούμενες αντιλήψεις μπορεί να είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στην αλλαγή, αλλά αν η διδασκαλία μπορεί να προσφέρει εξηγήσεις για το γιατί αυτές οι αντιλήψεις δεν μπορούν να είναι σωστές, αυτή η αντίσταση μπορεί να ξεπεραστεί. Προσθέτει ότι μια στοχευμένη απεικόνιση μπορεί να χρησιμεύσει ως εξήγηση και η έρευνα πρέπει να εξετάσει τα χαρακτηριστικά μιας τέτοιας απεικόνισης. Οι προηγούμενες μελέτες (Foote, 1981; Mathis, 1979) διαπίστωσαν ότι σε σύγκριση με τους μαθητές Βιολογίας που μελετούν με διαγράμματα 2D και μικροσκοπικές διαφάνειες, αυτοί που χρησιμοποίησαν 3D μοντέλα έδειξαν βελτιωμένη κατανόηση των εννοιών και των αρχών στη Βιολογία. Είναι σαφές ότι η ανάπτυξη

στρατηγικών για την ενίσχυση των μαθητών στην οπτικοποίηση έχει απασχολήσει την εκπαίδευση στη Βιολογία.

Μόνο όταν οι μαθητές κατανοήσουν τα κύτταρα ως δομές 3D των οποίων τα κυτταρικά τοιχώματα και οι μεμβράνες σχηματίζουν επιφάνειες που περικλείουν και που περιέχουν κυτταρόπλασμα και οργανίδια, μπορούν να εκτιμήσουν ότι τα κύτταρα είναι οι θέσεις μιας σειράς φυσιολογικών διεργασιών στις οποίες έχουν εισαχθεί. Η εμπειρία έχει επίσης καταστήσει σαφές ότι η κατανόηση του κυττάρου ως λειτουργικής μονάδας αποτελεί προϋπόθεση για την κατανόηση της Βιολογίας. Για παράδειγμα, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές δεν μπόρεσαν να κατανοήσουν το κυκλοφορικό σύστημα χωρίς να έχει διδαχθεί πρώτα η έννοια του κυττάρου ως δομικό και λειτουργικό δομικό στοιχείο. Υπό το πρίσμα αυτής της εικόνας, η κυκλοφορία έχει νόημα, αφού κάθε κύτταρο χρειάζεται οξυγόνο, το οποίο μεταφέρεται με το αίμα. Στην παρέμβαση του Vijarurkar (2014), οι μαθητές διδάσκονται αρχικά για τα κύτταρα και στη συνέχεια ο ρόλος της καρδιάς ως απλά ένα όργανο άντλησης.

Είναι αξιοσημείωτο ότι μόνο ένας μαθητής περιγράφει το κύτταρο ως 3D δομή («σωληνωτό»), ενώ όλοι οι υπόλοιποι το περιέγραψαν σαν 2D δομή. Επιπλέον, όλοι οι μαθητές έγραψαν ότι τα φυτικά κύτταρα είναι ορθογώνια και τα ζωικά κύτταρα είναι άμορφα. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα μοντέλα 2-D υποβλήθηκαν παρά την περίπλοκη και λεπτομερή διδασκαλία, υποδεικνύοντας πόσο ισχυρό είναι αυτό το 2D διανοητικό μοντέλο. Ορισμένα προβλήματα που ήταν κοινά σε όλα τα μοντέλα φυτικών κυττάρων που υποβλήθηκαν είναι η υποτιμημένη τρίτη διάσταση, το γεγονός ότι τα κυτταρικά τοιχώματα εμφανίζονται ως όρια μόνο σε τέσσερις πλευρές, και επίσης η αντίληψη ότι τα οργανίδια είναι επίπεδα (Vijarurkar et al., 2014).

Είναι προφανές ότι οι αντιλήψεις των μαθητών για το κύτταρο ήταν αρκετά διαφορετικές από αυτές μιας λειτουργικής και δομικής μονάδας της ζωής. Είναι ιδιαίτερα διδακτικό ότι στα αρχικά στάδια της διδασκαλίας οι μαθητές συνέχισαν να κάνουν μοντέλα 2D, δείχνοντας πόσο ισχυρή είναι αυτή η ιδέα. Επιδεικνύει επίσης ότι η εννοιολογική αλλαγή απαιτεί χρόνο. Χρειάστηκαν αρκετές ημέρες για τους μαθητές να ενσωματώσουν την ιδέα του κυττάρου ως ένα κλειστό σώμα 3D. Η λανθασμένη απεικόνιση του 2D είναι πιθανό να παραμείνει αν δεν αντιμετωπιστεί άμεσα, όπως φαίνεται από το γεγονός ότι ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών που παρακολούθησαν έδειξε το κύτταρο λανθασμένα.

Πολλοί παράγοντες συμβάλλουν στη λανθασμένη απεικόνιση του κυττάρου. Ορισμένες από αυτές μπορεί να είναι συγκεκριμένες στο πλαίσιο, όπως το πρόγραμμα σπουδών, οι πρακτικές διδασκαλίας και τα γλωσσικά εμπόδια. Άλλοι σχετίζονται με το μικρό μέγεθος του κυττάρου και είναι επομένως καθολικοί. Οι μικρές διαστάσεις του κυττάρου (πολύ μικρά μεγέθη), όπως και πολύ μεγάλοι αριθμοί έξω από το εύρος της φυσιολογικής ανθρώπινης εμπειρίας, είναι δύσκολο να κατανοηθούν και να απεικονιστούν.

Ακόμη και όταν παρατηρείται μέσω μικροσκοπίου, είναι αδύνατο να αποκτηθεί μια αίσθηση της τρίτης διάστασης, δηλ. «το βάθος». Πράγματι, ένας μαθητής στη συγκεκριμένη έρευνα, έγραψε ότι δεν σκέφτηκε ότι τα κύτταρα ήταν 3D έως ότου τα είδε στο μικροσκόπιο. Εικονογραφήσεις που είναι προβολές 2D των 3D σωμάτων. Πιστεύουμε ότι υπάρχουν δύο πτυχές που ενσωματώνονται σε αυτόν τον παράγοντα. Πρώτον, τα βιβλία συχνά βασίζονται σε απεικονίσεις 2D χωρίς να εξηγούν ότι είναι

προβολές αντικειμένων 3D στο επίπεδο του χαρτιού και ούτε αυτό μεταφέρεται κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Μέχρι σήμερα, η έννοια των κυττάρων εισάγεται σε πολλά μέρη του κόσμου μέσω 2D σχεδίων πρωτότυπων ζωικών και φυτικών κυττάρων (Araujo-Jorge et al., 2004; Clement, 2005). Μια εικόνα αξίζει πράγματι χίλιες λέξεις και χρειάζεται τεράστια προσπάθεια για να ακυρωθεί η επίδραση αυτής της 2D απεικόνισης στις αντιλήψεις των μαθητών για το κύτταρο. Δεύτερον, είναι πολύ δύσκολο να κάνουμε το αντίστροφο να χτίσουμε μια 3D σύλληψη από μια προβολή 2D. Απλώς λέγοντας στους μαθητές ότι τα κύτταρα είναι 3D δεν θα βοηθήσει να διευρυνθεί η τρίτη διάσταση των νοητικών μοντέλων τους. Ακόμη και τα διαγράμματα που προσπαθούν να αποκαλύψουν το σχήμα 3D του κυττάρου μπορούν να παρερμηνευτούν από μαθητές που κατέχουν μια άποψη 2D (Vijapurkar et al., 2014).

Επιπλέον, η έρευνα δείχνει ότι τα μοντέλα χειρός μπορούν να είναι πιο χρήσιμα από τις προσομοιώσεις υπολογιστών. Για παράδειγμα, οι Harris et al. (2009) ανέφεραν ότι οι μαθητές προτιμούσαν τη χρήση φορητών μοντέλων πρωτεϊνών αντί για πρόγραμμα απεικόνισης υπολογιστών όταν σκέφτονται για τη δομή και τη λειτουργία των πρωτεϊνών, ειδικά όταν αμφισβητούνται με ερωτήσεις που απαιτούν υψηλότερου επιπέδου σκέψεις. Ακόμη και η εμφάνιση των κυττάρων μέσω ενός μικροσκοπίου αποτυγχάνει να αναδείξει ξεκάθαρα τη 3D φύση τους. Η μοντελοποίηση λειτουργεί επειδή βοηθά τους μαθητές να απεικονίσουν το κύτταρο σε 3D δομή και να εκτιμήσουν αν όσα γνωρίζουν για τις κυτταρικές διεργασίες είναι σύμφωνες με το 3D μοντέλο. Οι μαθητές πρέπει να δουν διαφορετικά στρώματα κυττάρων σε διαφορετικά βάθη μεταβάλλοντας την εστίαση του μικροσκοπίου αργά, δίνοντας μια αίσθηση στο βάθος του στρώματος των κυττάρων που βλέπουν (Stasinakis & Nicolaou, 2017).

Η μελέτη δείχνει ότι οι μαθητές από διαφορετικές ηλικιακές ομάδες είχαν παρόμοια προβλήματα, δείχνοντας αυτές τις αντιλήψεις ευρέως διαδεδομένες και ισχυρές. Ο μικρός αριθμός μαθητών παρέχει επίσης ένα μοναδικό πλεονέκτημα, δεδομένου ότι είναι δυνατή μια πλούσια αλληλεπίδραση σε ένα περιβάλλον αίθουσας διδασκαλίας με προσεγγιστικές, στενές και λεπτομερείς παρατηρήσεις και ανίχνευση. Για τους λόγους αυτούς, η έρευνα που διεξάγεται στην τάξη μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην πρακτική άσκηση στην επιστήμη (Stasinakis & Nikolaou, 2017).

Διαπιστώθηκε ότι απλώς λέγοντας στους μαθητές ότι τα κύτταρα είναι 3D ή απεικονίζοντας κύτταρα ως 3D σε εικονογραφήσεις δεν αρκεί για να αναπτύξουν οι μαθητές μια 3D απεικόνιση. Η διδασκαλία με συγκεκριμένες δραστηριότητες και συζητήσεις που αποσκοπούν στην αντιμετώπιση των αντιλήψεών τους είναι απαραίτητη για να καθοδηγήσουν τους μαθητές και να τους υποστηρίξουν για να φτάσουν στην επιστημονικά ορθή άποψη. Ακόμη και μια παιδαγωγική που ενσωματώνει απλές τεχνικές μπορεί να είναι αποτελεσματική. Οι τεχνικές για την ανάπτυξη της οπτικοποίησης και της κατανόησης των μαθητών στηριζόταν σε συζητήσεις, σε μοντέλα που χρησιμοποιούν υλικά χαμηλού κόστους ή χωρίς κόστος, χωρίς να βασίζονται σε κινούμενα σχέδια και άλλες μεθόδους που απαιτούν περισσότερους πόρους. Αυτή η παιδαγωγική μπορεί επομένως να μεταφερθεί ευρέως, ακόμη και σε περιβάλλον με χαμηλή πηγή πόρων (Stasinakis & Nikolaou, 2017).

5.8 ΦΑΣΕΙΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ (5E)

Το διδακτικό μοντέλο των 5E περιγράφει μία διδακτική στρατηγική βημάτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για ολόκληρα προγράμματα, ή για πλήρη σχέδια μαθήματος, ή για επιμέρους ενότητες, ή για διακριτά μαθήματα ή για συγκεκριμένες δραστηριότητες. Το διδακτικό μοντέλο των **5E**, αναφέρεται στα βήματα: **Engagement** (Ενεργοποίηση-Εμπλοκή), **Exploration** (Εξερεύνηση), **Explanation** (Επεξήγηση), **Elaboration** (Επεξεργασία), **Evaluation** (Εκτίμηση) (Στασινάκης, 2015).

Engagement (Ενεργοποίηση - Εμπλοκή)	Ο εκπαιδευτικός αποκτά πρόσβαση στις πρότερες γνώσεις των μαθητών και τους βοηθά να εμπλακούν σε καινούριες έννοιες μέσω της χρήσης σύντομων δραστηριοτήτων που επάγουν την περιέργεια και εκμαιεύουν την πρότερη γνώση. Η δραστηριότητα θα πρέπει να δημιουργεί συνδέσεις μεταξύ προηγούμενων και τωρινών μαθησιακών εμπειριών, να αποκαλύπτει τις πρότερες έννοιες και να οργανώνει τη σκέψη των μαθητών προς την επίτευξη των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων της εν λόγω δραστηριότητας, κάνοντάς τους κοινωνούς των στόχων (τις έννοιες, τις διεργασίες, τις δεξιότητες, τις στάσεις που πρόκειται να διερευνήσουν).
Exploration (Εξερεύνηση)	Οι μαθητές/μαθήτριες υλοποιούν απλές δραστηριότητες στο πλαίσιο των οποίων οι υπάρχουσες έννοιες (π.χ. παρανοήσεις), διαδικασίες και δεξιότητες ταυτοποιούνται και διευκολύνεται η εννοιολογική αλλαγή. Οι μαθητές ίσως ολοκληρώσουν κάποια εργαστηριακή δραστηριότητα κατά την οποία χρησιμοποιούν την πρότερη γνώση τους για να παράξουν νέες ιδέες, να διερευνήσουν ερωτήματα και πιθανότητες, να σχεδιάσουν και να διεξάγουν μία προκαταρκτική έρευνα.
Explanation (Επεξήγηση)	Η προσοχή των μαθητών/μαθητριών εστιάζεται σε συγκεκριμένη διάσταση των εμπειριών που απέκτησαν κατά την 'ενεργοποίηση' και την 'εξερεύνηση' και έχουν την ευκαιρία να εκφράσουν - παρουσιάσουν την εννοιολογική τους κατανόηση, τις αναπτυσσόμενες δεξιότητες και συμπεριφορές. Επιπλέον οι εκπαιδευτικοί έχουν την ευκαιρία να εισάγουν άμεσα μία έννοια, μία διεργασία ή μία δεξιότητα και οι μαθητές να παρουσιάσουν τον τρόπο κατανόησης της έννοιας. Μία επεξήγηση από τον εκπαιδευτικό τους οδηγεί σε βαθύτερη κατανόηση, που είναι σημαντικό μέρος αυτής της φάσης.
Elaboration (Επεξεργασία)	Οι εκπαιδευτικοί προκαλούν και επεκτείνουν την εννοιολογική κατανόηση και τις δεξιότητες των μαθητών τους. Μέσω νέων εμπειριών, οι μαθητές αποκτούν βαθύτερη και ευρύτερη κατανόηση, προσλαμβάνουν περισσότερες πληροφορίες και επαρκείς δεξιότητες. Οι μαθητές εφαρμόζουν την εννοιολογική κατανόηση που επέτυχαν, διεξάγοντας επιπλέον δραστηριότητες.

Evaluation (Εκτίμηση)	Οι μαθητές ενθαρρύνονται να αξιολογήσουν ό,τι έχουν κατανοήσει και τις ικανότητες που απέκτησαν, ενώ οι εκπαιδευτικοί έχουν την ευκαιρία να αξιολογήσουν την πρόοδο των μαθητών τους ελέγχοντας αν έχουν επιτευχθεί οι προσδιορισμένοι διδακτικοί στόχοι. (Στασινάκης, 2015)
------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Μεθοδολογία έρευνας

Ερευνητικά ερωτήματα, δείγμα της έρευνας, περιοχή και χρόνος διεξαγωγής της μελέτης

Πρωταρχικός στόχος της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας ήταν η χρήση των ΤΠΕ στη διδασκαλία της Βιολογίας και η αξιολόγηση του οφέλους από τη χρήση τους στη διδασκαλία. Για το λόγο αυτό, αρχικά αναλύθηκαν τα υπάρχοντα σχολικά εγχειρίδια (Πίνακας 3) για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν δυνατότητες περαιτέρω ανάδειξης προβολής τρισδιάστατων δομών. Επιπλέον, αξιολογήθηκε αν η σχέση δομής και λειτουργίας έγινε περισσότερο κατανοητή μετά από τη χρήση των ΤΠΕ σε σύγκριση με το σχολικό εγχειρίδιο.

Η εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης πραγματοποιήθηκε σε δείγμα 56 μαθητών, οι οποίοι δεν είχαν ήδη διδαχθεί την ενότητα η οποία θα διδασκόταν με τη χρήση ΤΠΕ. Αυτό το γεγονός εξασφαλίζει την αμερόληπτη άποψη των μαθητών οι οποίοι ακούν κάποιες έννοιες της Βιολογίας για πρώτη φορά στην εμπλουτισμένη διδασκαλία με τη χρήση ΤΠΕ, ώστε να εξασφαλιστεί η μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία των ευρημάτων της παρούσας ερευνητικής εργασίας. Για τη διδακτική παρέμβαση, οι μαθητές/μαθήτριες χρησιμοποίησαν φύλλο εργασίας και οι απαντήσεις τους αποτέλεσαν το υλικό για να διαπιστωθούν τα οφέλη από τη χρήση των ΤΠΕ καθώς και οι προτάσεις τους για πιθανές βελτιώσεις.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν, ήταν τα εξής:

- Στα υπάρχοντα σχολικά εγχειρίδια, υπάρχουν δυνατότητες περαιτέρω χρήσης και ανάδειξης των τρισδιάστατων δομών;
- Οπτικοποιώντας τρισδιάστατα βιολογικές δομές, μπορούν οι μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τις βιολογικές λειτουργίες και τα βιολογικά φαινόμενα και πιο συγκεκριμένα τον τρόπο που επηρεάζει η δομή των μακρομορίων τη λειτουργία τους;

Δείγμα έρευνας

Η παρούσα μελέτη διεξήχθη σε μαθητές της Β Λυκείου σε δύο διαφορετικά σχολεία, το «Αριστοτέλειο Κορινθιακό Εκπαιδευτήριο» και τα «Εκπαιδευτήρια Δούκας». Έγινε και μία απόπειρα διδασκαλίας στο 1^ο ΓΕΛ Περιστερίου, δυστυχώς όμως δεν μπόρεσε να πραγματοποιηθεί, καθώς το λογισμικό Cn3D που χρησιμοποιήθηκε για τη διδασκαλία δεν γινόταν να εγκατασταθεί από το λειτουργικό σύστημα ubuntu, που διέθεταν οι υπολογιστές του συγκεκριμένου σχολείου. Το δείγμα αποτέλεσαν 56 μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες των 2 ατόμων με σκοπό να πραγματοποιηθεί ομαδοσυνεργατική μάθηση. Η ομαδοσυνεργατική μάθηση εμπεριέχει θετική αλληλεξάρτηση, πρόσωπο με πρόσωπο προαγωγική αλληλεπίδραση αφού τα μέλη προάγουν το ένα την επιτυχία του άλλου, οι μαθητές εξηγούν ο ένας στον άλλον τι έχουν μάθει ή μαθαίνουν και αλληλοβοηθούνται με κατανόηση και αποπεράτωση των εργασιών. Επίσης, αναπτύσσεται ατομική και ομαδική ευθύνη, κοινωνικές δεξιότητες όπως αποτελεσματική επικοινωνία, διαπροσωπικές σχέσεις και ομαδικές δεξιότητες. Για αυτούς τους λόγους οι μαθητές αποφασίστηκε να κάθονται ανά δύο σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και να απαντούν σε ένα φύλλο εργασίας (Johnson, Johnson & Holubec 1988). Συνολικά, και στα δύο σχολεία χρησιμοποιήθηκαν 28 φύλλα εργασίας, δηλαδή 1 φύλλο εργασίας ανά δύο μαθητές. Στο *Παράρτημα 3* παρατίθεται το φύλλο εργασίας που δημιουργήθηκε και χρησιμοποιήθηκε για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αναλυτικότερα, οι 22 μαθητές προέρχονταν από ένα

τμήμα Β' Λυκείου στο σχολείο «Αριστοτέλειο Κορινθιακό Εκπαιδευτήριο», ενώ οι υπόλοιποι 34 μαθητές προέρχονταν από 2 τμήματα (16 και 18 μαθητών) Β' Λυκείου του σχολείου «Εκπαιδευτήρια Δούκας». Η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε στα προαναφερθέντα σχολεία τον Απρίλιο του 2018. Το σχολικό εγχειρίδιο που διδάσκονταν οι μαθητές είναι το βιβλίο του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων για τη Β' Λυκείου (Καψάλης κ.ά, 2010).

Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της συγκεκριμένης διδακτικής παρέμβασης αποτελεί μια διδακτική πρόταση η οποία εμπλουτίζεται με τη χρήση Τεχνολογιών και Πληροφορίας με στόχο την αξιολόγηση των δυνατοτήτων των ΤΠΕ στη διδασκαλία της Βιολογίας. Αναλυτικότερα, η έρευνα αυτή εστιάζεται στην αξιολόγηση της χρήσης εφαρμογών τρισδιάστατης απεικόνισης δομών.

Εργαλείο έρευνας

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί το λογισμικό Cn3D. Το Cn3D είναι ένα εργαλείο απεικόνισης βιομοριακών δομών, ακολουθιών και στοιχίσεων των αλληλουχιών. Το λογισμικό Cn3D δημιουργήθηκε από το Εθνικό Κέντρο Βιοτεχνολογικών Πληροφοριών των ΗΠΑ (NCBI) και είναι μια φιλική προς το χρήστη εφαρμογή. Η προτεινόμενη διαδικασία μπορεί εύκολα να εμπλουτιστεί από ένα πλήθος δομών πρωτεϊνών, νουκλεϊκών οξέων ή άλλων μορίων, οι οποίες είναι ελεύθερα προσβάσιμες στην ιστοσελίδα του NCBI (Stasinakis & Nicolaou, 2017). Το Cn3D εμφανίζει τις στοιχίσεις των δομών μαζί με τις στοιχίσεις των αλληλουχιών που βασίζεται η δομή τους, για να τονίσει ποιες περιοχές μιας ομάδας σχετικών πρωτεϊνών είναι πιο συντηρημένες στη δομή και την αλληλουχία. Περιλαμβάνονται επίσης χαρακτηριστικά προσαρμοσμένης σήμανσης, γραφικά OpenGL υψηλής ποιότητας και μια ποικιλία αρχείων εξόδου που μαζί καθιστούν το Cn3D ένα ισχυρό εργαλείο οπτικοποίησης βιολογικών μακρομορίων. Το Cn3D τυπικά τρέχει ως βοηθητική εφαρμογή για το σύστημα Entrez του NCBI, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως αυτόνομη εφαρμογή. Με την έκδοση 4, το Cn3D είναι πλέον πλήρης επεξεργαστής πολλαπλών στοιχίσεων και περιλαμβάνει αλγόριθμους για την στοίχιση ακολουθιών με άλλες αλληλουχίες και δομές. Το λογισμικό είναι ελεύθερα διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Structure/CN3D/cn3d.shtml> (lastaccessedon 12 October 2019).

Πρόκειται επιπλέον για ένα εκπαιδευτικό λογισμικό που χρειάζεται εγκατάσταση, αλλά δεν απαιτεί περαιτέρω σύνδεση στο Διαδίκτυο. Θα χρησιμοποιηθούν επιλεκτικά μέρη του λογισμικού για να διευκρινιστούν περαιτέρω έννοιες και διαδικασίες. Το Cn3D επιτρέπει στους επιστήμονες (και στους μαθητές!) να βλέπουν μακρομόρια με διάφορους τρόπους για να βελτιώσουν την κατανόηση της δομής και της λειτουργίας του μορίου. Αναλυτικότερα, το Cn3D είναι ένα εργαλείο για την απεικόνιση μοριακών δομών, ακολουθιών και ευθυγράμμισης αλληλουχιών. Αυτό που ξεχωρίζει το Cn3D από τα άλλα λογισμικά είναι η ικανότητά του να συσχετίζει την πληροφορία δομής και αλληλουχίας: για παράδειγμα, ένας επιστήμονας μπορεί γρήγορα να βρει τα υπολείμματα σε μια κρυσταλλική δομή που αντιστοιχούν σε γνωστές μεταλλάξεις ασθενειών ή διατηρημένα υπολείμματα δραστηρικής θέσης από οικογένεια ομόλογων αλληλουχιών. Το κύριο πλεονέκτημά του είναι η ικανότητα σύνδεσης δομικών πληροφοριών με πληροφορίες που σχετίζονται με την αλληλουχία. Για παράδειγμα, η παρατήρηση μιας αλλαγής αμινοξέων λόγω μιας μετάλλαξης μπορεί να επιτρέψει την άμεση αναγνώριση της δομικής

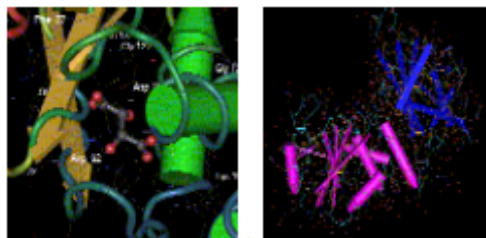
αλλαγής που αυτή η μετάλλαξη μπορεί να παράγει στο επίπεδο της πρωτεΐνης. Επιπλέον, το λογισμικό επιτρέπει σχολιασμούς στα δομικά μέρη ενδιαφέροντος, τα γραφικά του είναι πολύ υψηλής ποιότητας και προσφέρει τη δυνατότητα εξαγωγής πολλών τύπων αρχείων. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να παράγουν αποτελέσματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ή έμμεσα από άλλες εφαρμογές. Αυτό το λογισμικό μπορεί επίσης να συνδεθεί με τις βάσεις δεδομένων NCBI, το οποίο επιτρέπει γρήγορη αναζήτηση και οπτικοποίηση οποιασδήποτε επιθυμητής δομής. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το Cn3D και ένα δωρεάν σεμινάριο διατίθενται στη διεύθυνση <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> (last accessed on 12 October 2019).

Δυνατότητες Λογισμικού

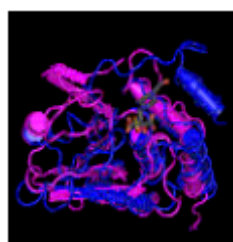
- ✓ Απεικόνιση δομών μακρομορίων, καθώς και της αλληλουχίας τους.



- ✓ Δυνατότητα επιλογής διαφορετικών μορφών απεικόνισης μακρομορίων.



- ✓ Δυνατότητα στοίχισης δομής διαφορετικών μακρομορίων



- ✓ Δυνατότητα στοίχισης δομής και αλληλουχιών με επισήμανση των αντίστοιχων καταλοίπων



Για τις ανάγκες της παρούσας πτυχιακής χρησιμοποιήθηκε η πρωτεΐνη BRCA1 λόγω της κλινικής σημασίας στον καρκίνο του μαστού. Το τμήμα της πρωτεΐνης που θα απεικονίσουν οι μαθητές αφορά αποκλειστικά την πρωτεΐνη breast cancer carboxy-terminal (BRCA1), μία πυρηνική φωσφοπρωτεΐνη, που παίζει ρόλο στη διατήρηση της γονιδιωματικής σταθερότητας και δρα επίσης ως καταστολέας όγκων. Η πρωτεΐνη αυτή αποτελείται από 1863 αμινοξέα, και γι' αυτό είναι πολύ δύσκολο να κρυσταλλογραφηθεί και να παρατηρηθεί ολόκληρη (οι επιστήμονες κρυσταλλογραφούν τμήματα των πρωτεϊνών με λιγότερα αμινοξέα). Έτσι οι μαθητές θα παρατηρήσουν μόνο ένα τμήμα της που περιλαμβάνει τα τελευταία 210 αμινοξέα της.

Η BRCA1 ενώνεται με μία άλλη πρωτεΐνη, τη CtIP (αλλά και με άλλους καταστολείς όγκων, αισθητήρες καταστροφής DNA και σηματοδοτικά μόρια) για να σχηματίσουν ένα μεγάλο σύμπλεγμα πρωτεϊνών πολλαπλών υπομονάδων γνωστό ως το σύμπλεγμα επιτήρησης γονιδιώματος. Με αυτόν τον τρόπο η BRCA1 γίνεται βιολογικά λειτουργική και μπορεί να επιδιορθώσει βλάβες που έχουν προκληθεί στο DNA (Batenburg et al., 2019).

Διάφορες μεταλλάξεις στο γονίδιο που κωδικοποιεί την BRCA1, ευθύνονται για την εμφάνιση καρκίνου του μαστού αλλά και των ωθηκών στις γυναίκες, ενώ στους άνδρες υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ανάπτυξης καρκίνου του προστάτη. Μία μετάλλαξη στο γονίδιο που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη BRCA1 έχει ως συνέπεια την αντικατάσταση μιας μεθειονίνης από αργινίνη, στο αμινοξύ που βρίσκεται στη θέση 1775 της πρωτεΐνης. Το διαφορετικό αμινοξύ βρίσκεται κοντά στο σημείο πρόσδεσης της BRCT1 με τη CtIP, και σαν αποτέλεσμα επηρεάζεται το σχήμα της BRCA1 στο σημείο αυτό, αφού η αργινίνη δημιουργεί διαφορετικούς δεσμούς με τα γειτονικά της αμινοξέα. Συνέπεια αυτού είναι να μην μπορεί πλέον η BRCA1 να συνδεθεί με την πρωτεΐνη CtIP, και έτσι αν προκύψουν μεταλλάξεις στο DNA να μην μπορούν να επιδιορθωθούν από αυτή την πρωτεΐνη (Zhao et al., 2019).

Είδος έρευνας

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής πραγματοποιήθηκε μελέτη περίπτωσης και χρησιμοποιήθηκε ένα φύλλο εργασίας στο οποίο οι απαντήσεις των εργασιών ήταν ανοιχτού τύπου. Η έρευνα λόγω των ερωτήσεων ανοιχτού τύπου ήταν κατά βάση ποιοτική, ενώ η παρουσίαση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με μεθόδους περιγραφικής στατιστικής για τον υπολογισμό των ποσοστών που αντιστοιχούν στις απαντήσεις των μαθητών. Τα γραφήματα και ο υπολογισμός των ποσοστών έγιναν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSSv25.

Εφαρμογή του μοντέλου διδασκαλίας των 5Ε

<p>Ενεργοποίηση - Εμπλοκή (Εκτιμώμενη διάρκεια: 10')</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Πραγματοποίηση ιδεοθύελλας με τη λέξη «μεταλλάξεις». Ανακάλυψη των παρανοήσεων και έμφαση στις σημαντικότερες έννοιες. • Ο εκπαιδευτικός αναφέρει ότι στο σημερινό μάθημα θα χρησιμοποιήσουν το λογισμικό Cn3D για να παρατηρήσουν τρισδιάστατα
------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	μόρια πρωτεϊνών.
Εξερεύνηση (Εκτιμώμενη διάρκεια: 10')	<ul style="list-style-type: none"> • Πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων 1, 2 και 3, και απάντηση στην εργασία 1 που βρίσκεται στην αρχή του Φύλλου εργασίας. • Πρώτη επαφή των μαθητών με το λογισμικό, όπου τους ζητείται να πειραματιστούν με τις λειτουργίες του, δηλαδή να ανοίξουν ένα αρχείο, να δουν τη δομή μιας πρωτεΐνης, να την περιστρέψουν, να κάνουν σμίκρυνση ή μεγέθυνση και έπειτα να απαντήσουν στην ερώτηση «Τι συμβαίνει όταν πατάτε από το πληκτρολόγιο τα γράμματα “n” και “s”, ενώ παρατηρείτε τη δομή της πρωτεΐνης;»
Επεξήγηση (Εκτιμώμενη διάρκεια: 20')	<ul style="list-style-type: none"> • Παρουσίαση της θεωρίας από τον εκπαιδευτικό σχετικά με: <ul style="list-style-type: none"> α) τις μεταλλάξεις β) την πρωτεΐνη BRCT1 καθώς επίσης και την πρωτεΐνη CtIP, με την οποία η BRCA1 ενώνεται, ώστε να γίνει βιολογικά λειτουργική, και το ρόλο της. γ) την περιγραφή και τον τρόπο λειτουργίας του λογισμικού. • Ακολουθεί συζήτηση αποριών.
Επεξεργασία (Εκτιμώμενη διάρκεια: 40')	<ul style="list-style-type: none"> • Οι μαθητές/μαθήτριες χρησιμοποιούν το λογισμικό για να παρατηρήσουν τις δομές της πρωτεΐνης BRCT1 και της CtIP, ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιούν την 4^η και 5^η δραστηριότητα του φύλλου εργασίας, ώστε να επιλέξουν διάφορα αμινοξέα των παραπάνω πρωτεϊνών και να προβάλλουν το μόριο χρησιμοποιώντας διαφορετικά στιλ αναπαράστασης. • Έπειτα πραγματοποιούν και καταγράφουν τις εργασίες 2-8 του φύλλου εργασίας.
Εκτίμηση (Εκτιμώμενη διάρκεια: 10')	<ul style="list-style-type: none"> • Οι μαθητές ελέγχουν την ορθότητα των απαντήσεών τους στις ασκήσεις που διεκπεραίωσαν προηγουμένως.

	<ul style="list-style-type: none"> • Συζήτηση σχετικά με τη διδακτική εμπειρία που είχαν οι μαθητές, για τη χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού και συμπλήρωση της εργασίας 9 του φύλλου εργασίας, όπου καλούνται να καταγράψουν θετικά και αρνητικά στοιχεία από το ψηφιακό σενάριο που υλοποίησαν και να προτείνουν πιθανές βελτιώσεις.
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Διδακτέα Ύλη Βιολογίας με τη βοήθεια ΤΠΕ – Ανάλυση σχεδίου μαθήματος και φύλλου εργασίας

Στην παρούσα διδακτική πρόταση γίνεται μια προσπάθεια αξιοποίησης των Τ.Π.Ε. για τη διδασκαλία του κεφαλαίου “Γονιδιακές μεταλλάξεις - Χρωμοσωμικές ανωμαλίες” του μαθήματος της Βιολογίας Γενικής Παιδείας της Β' τάξης Λυκείου, λαμβάνοντας υπόψη ότι το μάθημα διδάσκεται μία (1) ώρα την εβδομάδα για το σχολικό έτος 2018-2019. Ο σχεδιασμός και η οργάνωση του σχεδίου μαθήματος έχει γίνει με τη χρήση του διδακτικού μοντέλου 5E (Στασινάκης, 2015).

Οι γενικοί στόχοι του σχεδίου μαθήματος (Παράρτημα 2) είναι η ανάδειξη του ρόλου των πρωτεϊνών ως δομικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών των οργανισμών, η σχέση της δομής τους με τη λειτουργία τους, καθώς και η σχέση τους με ασθένειες. Επιδιώκεται, επομένως, οι μαθητές να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν την ποικιλομορφία των πρωτεϊνών και τη σχέση τους με τις δομές και τις λειτουργίες του οργανισμού, να συσχετίζουν τη δομή μιας πρωτεΐνης με τη λειτουργία της και με την αλληλουχία των αμινοξέων της, να ερμηνεύουν τη σχέση της δομής μιας πρωτεΐνης με παθολογικές καταστάσεις.

Το φύλλο εργασίας, αποτελείται από 9 (εννέα) ερωτήσεις, καθεμία από τις οποίες στοχεύει σε συγκεκριμένα ζητήματα. Ειδικότερα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1:

Πίνακας 1: Απεικόνιση των εργασιών του φύλλου εργασίας.

A/A ερώτησης	Κείμενο	Σκοπιμότητα χρήσης της
1.	Πατήστε με το ποντίκι πάνω στο κεντρικό παράθυρο. Τι συμβαίνει όταν πατάτε από το πληκτρολόγιο τα γράμματα “n” και “s”, ενώ παρατηρείτε τη δομή της πρωτεΐνης;	Αφορά τις δραστηριότητες εξοικείωσης με το λογισμικό, έχει ως στόχο να διαπιστωθεί αν τελικά οι μαθητές/μαθήτριες έχουν κατορθώσει να χρησιμοποιούν με ευχέρεια το λογισμικό.
2.	Με ροζ χρώμα απεικονίζεται η πρωτεΐνη BRCA1, ενώ με μπλε χρώμα απεικονίζεται ένα μέρος της πρωτεΐνης CtIP, στην οποία	Βασίζεται στην έννοια της συμπληρωματικότητας των μακρομορίων και έχει ως στόχο να διαπιστωθεί αν οι

	<p>συνδέεται η BRCA1 για να επισκευάσει το DNA που εμφανίζει τη βλάβη. Παρατηρήστε το σημείο ένωσης των 2 πρωτεϊνών. Γιατί μπορεί η BRCA1 (ροζ πρωτεΐνη) να συνδέεται με την CtIP (μπλε πρωτεΐνη) στο συγκεκριμένο σημείο; Να απαντήσετε με βάση το σχήμα των 2 πρωτεϊνών.</p>	<p>μαθητές μπορούν να αντιληφθούν με τη χρήση του Cn3D τη σχέση “κλειδιού – κλειδαριάς” ανάμεσα στις 2 πρωτεΐνες.</p>
3.	<p>Θα μπορούσε η CtIP (μπλε πρωτεΐνη) να προσδεθεί σε κάποιο άλλο σημείο της BRCA1 (ροζ πρωτεΐνη); Να εξηγήσετε με βάση το σχήμα των 2 πρωτεϊνών.</p>	<p>Βασίζεται στην έννοια της συμπληρωματικότητας των μακρομορίων και στοχεύει στη χρήση του λογισμικού για την παρατήρηση της τρισδιάστατης δομής των πρωτεϊνών. Στοχεύει στην κατανόηση των μαθητών ότι 2 μακρομόρια έχουν συγκεκριμένο σημείο πρόσδεσης.</p>
4.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Πατήστε διπλό κλικ με το ποντίκι σε ένα κενό σημείο του παραθύρου αλληλουχίας, ώστε να βεβαιωθείτε ότι δεν είναι επιλεγμένο κανένα αμινοξύ. ✓ Όταν το ποντίκι βρίσκεται πάνω σε ένα αμινοξύ, στο κάτω μέρος αριστερά του παραθύρου αλληλουχίας αναγράφεται μέσα σε παρένθεση η θέση στην οποία αυτό βρίσκεται. Βρείτε και επιλέξτε στο δευτερεύον παράθυρο, το αμινοξύ στη θέση 1775, το οποίο είναι μια μεθειονίνη (m). ✓ Επιλέξτε όλα τα αμινοξέα σε μια ακτίνα 5 Angstroms, με τα οποία αλληλεπιδρά το αμινοξύ μεθειονίνη, ακολουθώντας από το παράθυρο δομής τη διαδρομή στο μενού “Select → Select By Distance”. [Σημείωση: Ένα Angstrom, Å, είναι 10^{-10} μέτρα.] ✓ Στο πλαίσιο “Enter a distance cut off” πληκτρολογήστε τον αριθμό 5, αν δεν υπάρχει ως προεπιλογή. ✓ Βεβαιωθείτε ότι η επιλογή “Select protein residues” είναι επιλεγμένη, και ότι η επιλογή “Select other molecules only” 	<p>Αφορά τις δραστηριότητες εξοικείωσης με το λογισμικό, έχει ως στόχο να διαπιστωθεί αν οι μαθητές/μαθήτριες συνεχίζουν να χρησιμοποιούν με ευχέρεια το λογισμικό και συγκεκριμένα να μπορούν να επιλέγουν συγκεκριμένα αμινοξέα της πρωτεΐνης.</p>

	<p>δεν είναι επιλεγμένη. Σε περίπτωση που η δεύτερη εντολή είναι επιλεγμένη, να την απο-επιλέξετε.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Κάντε κλικ στο κουμπί "OK". ✓ Ακολουθήστε στο κύριο παράθυρο, από το μενού, τη διαδρομή "Select → Show Selected Residues", ώστε να εμφανίζονται μόνο τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από τη μεθειονίνη, τα οποία θα πρέπει να απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα. <p>Από το δευτερεύον παράθυρο της πρωτεΐνης, να καταγράψετε όλα τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από το αμινοξύ που έχετε επιλέξει, μόνο από την πολυπεπτιδική αλυσίδα 1Y98_A (δίνονται με κίτρινο χρώμα), καθώς επίσης και τη θέση στην πολυπεπτιδική αλυσίδα που βρίσκονται.</p>	
<p>5.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Χωρίς να κλείσετε το παράθυρο στο οποίο εργαζόσασταν μέχρι τώρα, ανοίξτε από το φάκελο "Βιολογία" το αρχείο με όνομα "BRCA1 – mutated". Τώρα εμφανίζεται στο πρωτεύον παράθυρο μία μεταλλαγμένη πρωτεΐνη BRCA1, η οποία στη θέση 1775 έχει το αμινοξύ αργινίνη (συμβολίζεται με το γράμμα "r"), αντί για τη μεθειονίνη που βρίσκεται φυσιολογικά στη θέση αυτή. ✓ Βρείτε το αμινοξύ αυτό στο δευτερεύον παράθυρο, στη θέση 1775 και επιλέξτε το. ✓ Επιλέξτε όλα τα αμινοξέα σε μια ακτίνα 5 Angstroms, με τα οποία αλληλεπιδρά το αμινοξύ αργινίνη, ακολουθώντας από το παράθυρο δομής τη διαδρομή στο μενού "Select → Select By Distance". ✓ Στο πλαίσιο "Enter a distance cut off" πληκτρολογήστε τον αριθμό 5, αν δεν 	<p>Αφορά τις δραστηριότητες εξοικείωσης με το λογισμικό, έχει ως στόχο να διαπιστωθεί αν οι μαθητές/μαθήτριες συνεχίζουν να χρησιμοποιούν με ευχέρεια το λογισμικό και συγκεκριμένα να μπορούν να επιλέγουν συγκεκριμένα αμινοξέα της πρωτεΐνης.</p>

	<p>υπάρχει ως προεπιλογή.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Βεβαιωθείτε ότι η επιλογή "Select protein residues" είναι επιλεγμένη, και ότι η επιλογή "Select other molecules only" δεν είναι επιλεγμένη. Σε περίπτωση που η δεύτερη εντολή είναι επιλεγμένη, να την από-επιλέξετε. ✓ Κάντε κλικ στο κουμπί "OK". ✓ Ακολουθήστε στο πρωτεύον παράθυρο, από το μενού, τη διαδρομή "Select → Show Selected Residues", ώστε να εμφανίζονται μόνο τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από την αργινίνη, τα οποία θα πρέπει να απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα. ✓ Ακολουθήστε τη διαδρομή "Style → Rendering Shortcuts → Space Fill". Από το δευτερεύον παράθυρο της πρωτεΐνης, να καταγράψετε όλα τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από το αμινοξύ που έχετε επιλέξει (δίνονται με κίτρινο χρώμα), καθώς επίσης και τη θέση στην πολυπεπτιδική αλυσίδα που βρίσκονται. 	
<p>6.</p>	<p>Είναι επιλεγμένα ακριβώς τα ίδια αμινοξέα και στις 2 πρωτεΐνες; Αν όχι, ποια είναι η διαφορά τους;</p>	<p>Αφορά τις δραστηριότητες εξοικείωσης με το λογισμικό, έχει ως στόχο να διαπιστωθεί αν τελικά οι μαθητές/μαθήτριες έχουν κατορθώσει να χρησιμοποιούν με ευχέρεια το λογισμικό.</p>
<p>7.</p>	<p>Μετακινήστε το παράθυρο δομής της μεταλλαγμένης πρωτεΐνης BRCA1, ώστε να απεικονίζονται στην οθόνη του υπολογιστή σας και τα 2 κύρια παράθυρα (το παράθυρο με την πρωτεΐνη BRCA1 και το παράθυρο με τη μεταλλαγμένη της μορφή) και παρατηρήστε τις δομές των πρωτεϊνών. Το σχήμα τους είναι ακριβώς το ίδιο; Εξηγήστε. [Σημείωση: Η μεθειονίνη είναι μη πολικό αμινοξύ, ενώ η αργινίνη είναι θετικά</p>	<p>Αφορά την τρισδιάστατη δομή των πρωτεϊνών που καθορίζεται από την αλληλουχία των αμινοξέων της πεπτιδικής αλυσίδας, και τις επιπτώσεις των μεταλλάξεων στη δομή των μακρομορίων. Αν οι εργασίες 4, 5, και 6 έχουν πραγματοποιηθεί σωστά, θα πρέπει οι μαθητές να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι το σχήμα των 2 πρωτεϊνών που απεικονίζονται δεν είναι ακριβώς το ίδιο.</p>

	φορτισμένο αμινοξύ.]	Δεδομένου ότι το αμινοξύ στη θέση 1775 είναι διαφορετικό, και διαθέτει διαφορετικά φορτισμένη πλευρική ομάδα R, είναι λογικό να επηρεάζεται το σχήμα της πρωτεΐνης, αφού διαφορετικοί δεσμοί θα σχηματιστούν ανάμεσα στις πλευρικές ομάδες των αμινοξέων σε κάθε μία από τις 2 πρωτεΐνες.
8.	Σε κάθε ένα από τα 2 παράθυρα δομής (το παράθυρο με την πρωτεΐνη BRCA1 και το παράθυρο με τη μεταλλαγμένη της μορφή), ακολουθήστε από το μενού τη διαδρομή “Select → Show Everything” . Σε ποιο σημείο της πρωτεΐνης BRCA1 (ροζ χρώμα) εμφανίζεται η μετάλλαξη (κίτρινο χρώμα), σε σχέση με την πρωτεΐνη CtIP (μπλε χρώμα); Τι αποτέλεσμα έχει αυτή μετάλλαξη στη μεταλλαγμένη πρωτεΐνη BRCA1, στη σύνδεσή της με την πρωτεΐνη CtIP; Θα μπορεί η μεταλλαγμένη πρωτεΐνη BRCA1 να επιτελέσει το ρόλο της και να επιδιορθώσει το DNA;	Βασίζεται στην έννοια της συμπληρωματικότητας των μακρομορίων και υπονοεί τη σχέση δομής και λειτουργίας. Αφορά τις επιπτώσεις των μεταλλάξεων στη δομή και συνεπώς στη λειτουργία των μακρομορίων. Στηρίζεται στην παρατήρηση των μαθητών, μέσα από τη χρήση του λογισμικού Cn3D, ότι το σημείο που επηρεάζεται από τη μετάλλαξη βρίσκεται στη θέση πρόσδεσης της BRCA1 με την CtIP πρωτεΐνη. Στοχεύει στην κατανόηση ότι η αλλαγή της δομής μιας πρωτεΐνης μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την καταστροφή της λειτουργικότητάς της και τη σύνδεση των μεταλλάξεων με επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου, όπως τη δημιουργία καρκίνου του μαστού στη συγκεκριμένη περίπτωση.
9.	Καταγράψτε θετικά και αρνητικά στοιχεία από το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσατε και προτείνετε πιθανές βελτιώσεις.	Αφορά τις εντυπώσεις των μαθητών όσον αφορά τη χρήση του λογισμικού. Στοχεύει στην αξιολόγηση του φύλλου εργασίας ώστε να εντοπιστούν τυχόν σφάλματα ή ελλείψεις και να βελτιωθεί το σχέδιο μαθήματος.

Επιχειρώντας την επίτευξη των παραπάνω στόχων αναμένεται ότι οι μαθητές θα αντιληφθούν τη σχέση μεταξύ δομής και λειτουργίας σε μοριακό επίπεδο. Επίσης, εμπλέκοντας καταστάσεις από την καθημερινή ζωή, θα ανανεώσουν το ενδιαφέρον τους για τις Φυσικές Επιστήμες, θα αναπτύξουν κριτική στάση απέναντι στη πληθώρα των πληροφοριών που διατίθενται στο διαδίκτυο, θα συνεργαστούν σε

ομάδες για την επίλυση προβλημάτων και θα αναγνωρίσουν τη διαφορετικότητα του άλλου μέσα από τη συνεργασία.

Στο μάθημα οι μαθητές εισάγονται στη μεγάλη σημασία της τρισδιάστατης δομής της πρωτεΐνης και μαθαίνουν να περιηγούνται μεταξύ των γραμμικών ακολουθιών πρωτεϊνών και των τρισδιάστατων, με τη χρήση του εργαλείου βιοπληροφορικής Cn3D.

Αναλυτικότερα, θα ασχοληθούν με την απεικόνιση μιας πρωτεΐνης πριν και μετά τη σημειακή μετάλλαξη η οποία οδηγεί σε μεταβολή της δομής της στον χώρο, ώστε να κατανοηθεί ότι η δομή είναι αυτή που ορίζει και τη λειτουργία της πρωτεΐνης στο κύτταρο. Οι μαθητές για να εξοικειωθούν με το πρόγραμμα, θα προσπαθήσουν να περιστρέψουν το μόριο, να το μεγεθύνουν για μεγαλύτερη λεπτομέρεια στην εικόνα, να το απεικονίσουν με διάφορους τρόπους, να επιλέξουν συγκεκριμένες βάσεις ή αμινοξέα και να παρατηρήσουν τη δομή τους. Αφού μάθουν τους διάφορους τρόπους με τους οποίους μπορούν να απεικονίζουν τμήματα του DNA ή της πρωτεΐνης BRCA1, θα απεικονίσουν και τη μεταλλαγμένη μορφή της πρωτεΐνης BRCA1 για να κατανοηθεί πώς μια σημειακή μετάλλαξη μπορεί να αλλάξει ή να καταστρέψει τη λειτουργία της πρωτεΐνης, σε σχέση πάντα με το γονίδιο *BRCA1*.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας αξιοποιήθηκαν οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνίας στη διδασκαλία της Βιολογίας, ώστε να εκτιμηθεί η συμβολή τους. Προκειμένου να οριστεί το διδακτικό υλικό το οποίο θα διδαχθεί στους μαθητές με τη βοήθεια ΤΠΕ στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προηγήθηκε ενδελεχής ανασκόπηση της διδακτέας ύλης της Βιολογίας όλων των τάξεων Γυμνασίου και Λυκείου ώστε να προσδιοριστούν τα τμήματα της διδακτέας ύλης που μπορούν να υποστηριχθούν με τη χρήση ΤΠΕ.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ανάλυση Σχολικών Εγχειριδίων

Στο *Παράρτημα 1* παρατίθενται σε μορφή πινάκων η διδακτέα ύλη ανά βιβλίο Βιολογίας Γυμνασίου και Λυκείου, ενώ στον Πίνακα 2 παρατίθεται ένα δείγμα αυτών όσον αφορά τη διδακτέα ύλη της Β Λυκείου.

Στην πρώτη στήλη αναγράφεται το σχετικό κείμενο του σχολικού εγχειριδίου το οποίο μπορεί να υποστηριχθεί με τη χρήση ΤΠΕ, σε επόμενη στήλη αναγράφεται αν η αναφορά είναι άμεση ή έμμεση δηλαδή αν το κείμενο αναφέρει τη σχέση δομής και λειτουργίας ή μπορεί να εννοηθεί, σε επόμενη στήλη αναγράφεται η σχέση που έχει η δομή μηχανισμών, συστημάτων, οργάνων, ιστών, κυττάρων, οργανιδίων, μακρομορίων και μικρομορίων με τη λειτουργία που αυτά επιτελούν, και τέλος τα προσδοκώμενα οφέλη από τη 3D απεικόνιση.

Πίνακας 2: Διδακτέα ύλη της Β Λυκείου για το σχολικό έτος 2018-2019.

Βιβλίο: Α. Καψάλης, Ι.Ε. Μπουρμπουχάκης, Β. Περάκη, Σ. Σαλαμαστράκης				
α/α	Κείμενο σχολικού βιβλίου	Άμεση/ Έμμεση αναφορά	Σχέση δομής/ λειτουργίας	Προσδοκώμενο όφελος από τη 3D απεικόνιση
1.	Τα μονομερή των διάφορων ειδών μακρομορίων ... με την προσθήκη νερού και ονομάζεται υδρόλυση . (1.2)	άμεση	Κατά τη συμπύκνωση το ένα μονομερές χάνει ένα άτομο υδρογόνου (H), ενώ το άλλο μια υδροξυλομάδα (OH). Αφαιρείται δηλαδή τελικά ένα μόριο νερού και τα δύο μονομερή συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό. Η διάσπαση των μακρομορίων στα μονομερή τους γίνεται με την προσθήκη νερού και ονομάζεται υδρόλυση.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της συμπύκνωσης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν τη δημιουργία μακρομορίων από τα μονομερή τους. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της υδρόλυσης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη διάσπαση πολυμερών στα μονομερή τους. Το μαθησιακό αντικείμενο στοχεύει στην κατανόηση του μηχανισμού σύνθεσης και διάσπασης των βιομορίων.
2.	Το μόριο των αμινοξέων αποτελείται από δύο τμήματα, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό ...υπάρχουν 20 διαφορετικές πλευρικές ομάδες. (1.2)	άμεση	Το σταθερό τμήμα των αμινοξέων αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου, μια αμινομάδα και μια καρβοξυλομάδα, ενωμένα σε ένα κοινό άτομο άνθρακα, ενώ το μεταβλητό αποτελείται από την πλευρική ομάδα, η οποία έχει διαφορετική χημική δομή για κάθε ένα από τα 20 διαφορετικά αμινοξέα που συνθέτουν τις πρωτεΐνες.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των αμινοξέων οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη δομή των αμινοξέων και τον ρόλο τους ως μονομερή των πρωτεϊνών. Επίσης, θα παρατηρηθεί η ποικιλομορφία στο σχήμα των αμινοξέων, που οφείλεται στις πλευρικές τους ομάδες R.

Η ανάλυσή μας διαπιστώνει πως σε αρκετά σημεία των σχολικών εγχειριδίων, υπάρχει περιεχόμενο, περιγραφές ή αναφορές τα οποία θα μπορούσαν να παρουσιαστούν εναλλακτικά με τρισδιάστατη απεικόνιση.

Στον παρακάτω Πίνακα 3, φαίνεται το σύνολο της ανάλυσής μας, όσον αφορά τον εντοπισμό σημείων που θα μπορούσε να ενταχθεί τρισδιάστατη απεικόνιση:

Πίνακας 3: Κατάλογος σχολικών βιβλίων.

Βαθμίδα	Σχολικό εγχειρίδιο	Αριθμός άμεσων αναφορών	Αριθμός έμμεσων αναφορών
Γυμνάσιο	Α΄ Γυμνασίου: Ε. Μαυρικάκη, Μ. Γκούβρα, Α. Καμπούρη (2017)	18	
	Β΄/Γ΄ Γυμνασίου: Ε. Μαυρικάκη, Μ. Γκούβρα, Α. Καμπούρη (2017)	24	
Λύκειο	Α΄ Λυκείου: Α. Καστορίνης, Μ. Κωστάκη-Αποστολοπούλου, Φ. Μπαρώνα-Μάμαλη, Β. Περάκη, Π. Πιάλογλου (2017)	12	
	Β΄ Λυκείου: Α. Καψάλης, Ι.Ε. Μπουρμπουχάκης, Β. Περάκη, Σ. Σαλαμαστράκης	23	1
	Γ΄ Λυκείου Γενικής: ΣΜ. Αδαμαντιάδου, Μ. Γεωργάτου, Χ. Γιαπιτζάκης, Λ. Λάκκα, Δ. Νοταράς, Ν. Φλωρεντίν, Γ. Χατζηγεωργίου, Ολ. Χαντηκωντή	20	2
	Γ΄ Λυκείου Κατεύθυνσης: Β. Αλεπόρου-Μαρίνου, Α. Αργυροκαστρίτης, Αι. Κομητοπούλου, Π. Πιαλόγλου, Β. Σγουρίτσα	31	5

Από την ανάλυσή μας, διαπιστώνουμε ότι 42 αναφορές εντοπίζονται στα σχολικά εγχειρίδια του Γυμνασίου και 94 αναφορές στα σχολικά εγχειρίδια του Λυκείου. Από αυτές, οι 128 είναι άμεσες αναφορές, δηλαδή ο μαθητής και ο εκπαιδευτικός κατανοούν την ανάγκη τρισδιάστατης απεικόνισης γιατί περιγράφουν δομές μακρομορίων ή βιολογικές διεργασίες ή οργανισμούς, ενώ οι 8 είναι έμμεσες αναφορές, δηλαδή απαιτείται περαιτέρω συζήτηση-διερεύνηση για να διαπιστωθεί η ανάγκη τρισδιάστατης απεικόνισης.

Ανάλυση Διδακτικής Παρέμβασης

Στο πρώτο σχολείο το μάθημα έλαβε χώρα αφού πραγματοποιήθηκε παρουσίαση του ερευνητή από τον συνάδελφο καθηγητή του τμήματος Κουμαρέλα Δημήτρη, ενώ στο δεύτερο σχολείο το μάθημα η παρουσίαση του ερευνητή έγινε από τη συνάδελφο καθηγήτρια Σοφία Παπαδοπούλου. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος ο ερευνητής, αφού έδωσε κατευθυντήριες οδηγίες στους μαθητές να κάθονται ανά δύο σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και στους προαναφερθέντες εκπαιδευτικούς σε συνεργασία επιβλέπανε τους μαθητές, απαντούσαν σε απορίες και τα συντόνιζαν, ώστε να βρίσκονται όλα στο ίδιο σημείο του φύλλου εργασίας.

Όλοι οι μαθητές φαίνονταν ενθουσιασμένοι και όλοι ήταν αρκετά εξοικειωμένοι με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, οπότε όλα κύλησαν ομαλά και τα μαθήματα πήγαν όλα σύμφωνα με τις προσδοκίες του ερευνητή.

Στον παρακάτω Πίνακα 4, παρουσιάζουμε αναλυτικά τις απαντήσεις των μαθητών σε κάθε ερώτηση-εργασία:

Πίνακας 4: Οι απαντήσεις των μαθητών στις εργασίες του φύλλου εργασίας.

A/A Εργασίας	Κείμενο εργασίας	Απαντήσεις
1	Πατήστε με το ποντίκι πάνω στο κεντρικό παράθυρο. Τι συμβαίνει όταν πατάτε από το πληκτρολόγιο τα γράμματα “h” και “s”, ενώ παρατηρείτε τη δομή της πρωτεΐνης;	<p>56: πατώντας το γράμμα “h” περιστρέφεται η πρωτεΐνη, ενώ πατώντας το γράμμα “s” η περιστροφή σταματάει η περιστροφή.</p> <p>20: επισήμαναν ότι αυτή περιστρέφεται δεξιόστροφα (Γράφημα 1)</p>
2	Με ροζ χρώμα απεικονίζεται η πρωτεΐνη BRCA1, ενώ με μπλε χρώμα απεικονίζεται ένα μέρος της πρωτεΐνης CtIP, στην οποία συνδέεται η BRCA1 για να επισκευάσει το DNA που εμφανίζει τη βλάβη. Παρατηρήστε το σημείο ένωσης των 2 πρωτεϊνών. Γιατί μπορεί η BRCA1 (ροζ πρωτεΐνη) να συνδέεται με την CtIP (μπλε πρωτεΐνη) στο συγκεκριμένο σημείο; Να απαντήσετε με βάση το σχήμα των 2 πρωτεϊνών.	<p>56: διαπίστωσαν τη σχέση συμπληρωματικότητας μεταξύ των 2 πρωτεϊνών, στο σημείο που η BRCA1 ενώνεται με τον προσδέτη της, CtIP,</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 24 απάντησαν ότι το σχήμα των 2 πρωτεϊνών είναι τέτοιο, ώστε οι πρωτεΐνες να μπορούν να ενωθούν - κολλήσουν - κουμπώσουν κατάλληλα, ✓ 20 απάντησαν ότι οι 2 πρωτεΐνες είναι συμπληρωματικές - ή ότι αλληλοσυμπληρώνονται, ✓ 8 απάντησαν ότι οι 2 πρωτεΐνες

		<p>συνδέονται σαν το κλειδί με την κλειδαριά,</p> <p>✓ 2 απάντησαν ότι οι 2 πρωτεΐνες μπορούν να συνδέονται σε συγκεκριμένα σημεία, σαν παζλ,</p> <p>✓ 2 απάντησαν ότι οι 2 πρωτεΐνες έχουν παρόμοια δομή (Γράφημα 2).</p>
3	<p>Θα μπορούσε η CtIP (μπλε πρωτεΐνη) να προσδεθεί σε κάποιο άλλο σημείο της BRCA1 (ροζ πρωτεΐνη); Να εξηγήσετε με βάση το σχήμα των 2 πρωτεϊνών.</p>	<p>✓ 8 απάντησαν ότι η CtIP δεν θα μπορούσε να συνδεθεί και σε κάποιο άλλο σημείο της BRCA1, χωρίς να αιτιολογήσουν την απάντησή τους,</p> <p>✓ 44 απάντησαν ότι η CtIP δεν θα μπορούσε να συνδεθεί και σε κάποιο άλλο σημείο της BRCA1, αφού η δομή τους είναι τέτοια ώστε να ενώνονται - ταιριάζουν - συνδέονται - κουμπώνουν μόνο σε ένα σημείο,</p> <p>✓ 4 απάντησαν ότι η CtIP θα μπορούσε να συνδεθεί και σε κάποιο άλλο σημείο της BRCA1, αφού έχουν παρόμοια δομή (Γράφημα 3).</p>
4	<p>Πατήστε διπλό κλικ με το ποντίκι σε ένα κενό σημείο του παραθύρου αλληλουχίας, ώστε να βεβαιωθείτε ότι δεν είναι επιλεγμένο κανένα αμινοξύ.</p> <p>Όταν το ποντίκι βρίσκεται πάνω σε ένα αμινοξύ, στο κάτω μέρος αριστερά του παραθύρου αλληλουχίας αναγράφεται μέσα σε παρένθεση η θέση στην οποία αυτό βρίσκεται. Βρείτε και επιλέξτε στο δευτερεύον παράθυρο, το αμινοξύ στη θέση 1775, το οποίο είναι μια μεθειονίνη (m).</p> <p>Επιλέξτε όλα τα αμινοξέα σε μια ακτίνα 5 Angstroms, με τα οποία αλληλεπιδρά το αμινοξύ μεθειονίνη, ακολουθώντας από το παράθυρο δομής</p>	<p>48 μαθητές έγραψαν σωστά τα αμινοξέα που βρίσκονται σε ακτίνα 5 Angstroms από τη μεθειονίνη της θέσης 1775:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. l --> 1701 2. f --> 1704 3. f --> 1772 4. t --> 1773 5. n --> 1774 6. m --> 1775 7. p --> 1776 8. t --> 1777

	<p>τη διαδρομή στο μενού “Select → Select By Distance”. [Σημείωση: Ένα Angstrom, Å, είναι 10⁻¹⁰ μέτρα.]</p> <p>Στο πλαίσιο “Enter a distance cut off” πληκτρολογήστε τον αριθμό 5, αν δεν υπάρχει ως προεπιλογή.</p> <p>Βεβαιωθείτε ότι η επιλογή “Select protein residues” είναι επιλεγμένη, και ότι η επιλογή “Select other molecules only” δεν είναι επιλεγμένη. Σε περίπτωση που η δεύτερη εντολή είναι επιλεγμένη, να την απο-επιλέξετε.</p> <p>Κάντε κλικ στο κουμπί “OK”.</p> <p>Ακολουθήστε στο κύριο παράθυρο, από το μενού, τη διαδρομή “Select → Show Selected Residues”, ώστε να εμφανίζονται μόνο τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από τη μεθειονίνη, τα οποία θα πρέπει να απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα.</p> <p>Από το δευτερεύον παράθυρο της πρωτεΐνης, να καταγράψετε όλα τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από το αμινοξύ που έχετε επιλέξει, μόνο από την πολυπεπτιδική αλυσίδα 1Y98_A (δίνονται με κίτρινο χρώμα), καθώς επίσης και τη θέση στην πολυπεπτιδική αλυσίδα που βρίσκονται.</p>	<p>9. q --> 1779</p> <p>10. l --> 1780</p> <p>11. m --> 1783</p> <p>12. r --> 1835</p> <p>13. l --> 1839</p> <p>8 μαθητές έγραψαν μερικά αμινοξέα λάθος. Δηλαδή:</p> <p>✓ 4 μαθητές απάντησαν ένα λάθος (γράμμα) αμινοξύ στη σωστή θέση όμως.</p> <p>✓ 4 μαθητές απάντησαν το σωστό αμινοξύ στη σωστή θέση, όμως, είχαν γράψει λάθος τον αριθμό της θέσης που εντοπίζεται το αμινοξύ (Γράφημα 4)</p>
5	<p>✓ Χωρίς να κλείσετε το παράθυρο στο οποίο εργαζόσασταν μέχρι τώρα, ανοίξτε από το φάκελο “Βιολογία” το αρχείο με όνομα “BRCA1 – mutated”. Τώρα εμφανίζεται στο πρωτεύον παράθυρο μία μεταλλαγμένη πρωτεΐνη BRCA1, η οποία στη θέση 1775 έχει το αμινοξύ αργινίνη (συμβολίζεται με το γράμμα “r”), αντί για τη μεθειονίνη που βρίσκεται φυσιολογικά στη θέση αυτή.</p> <p>✓ Βρείτε το αμινοξύ αυτό στο δευτερεύον παράθυρο, στη θέση 1775 και επιλέξτε το.</p> <p>✓ Επιλέξτε όλα τα αμινοξέα σε μια ακτίνα 5 Angstroms, με τα οποία αλληλεπιδρά το αμινοξύ αργινίνη, ακολουθώντας από το</p>	<p>56 έγραψαν σωστά τα αμινοξέα που βρίσκονται σε ακτίνα 5 Angstroms από την αργινίνη της θέσης 1775. Έγραψαν δηλαδή:</p> <p>1. r --> 1699</p> <p>2. l --> 1701</p> <p>3. f --> 1704</p> <p>4. f --> 1772</p> <p>5. t --> 1773</p> <p>6. n --> 1774</p> <p>7. r --> 1775</p> <p>8. p --> 1776</p> <p>9. t --> 1777</p> <p>10. l --> 1780</p>

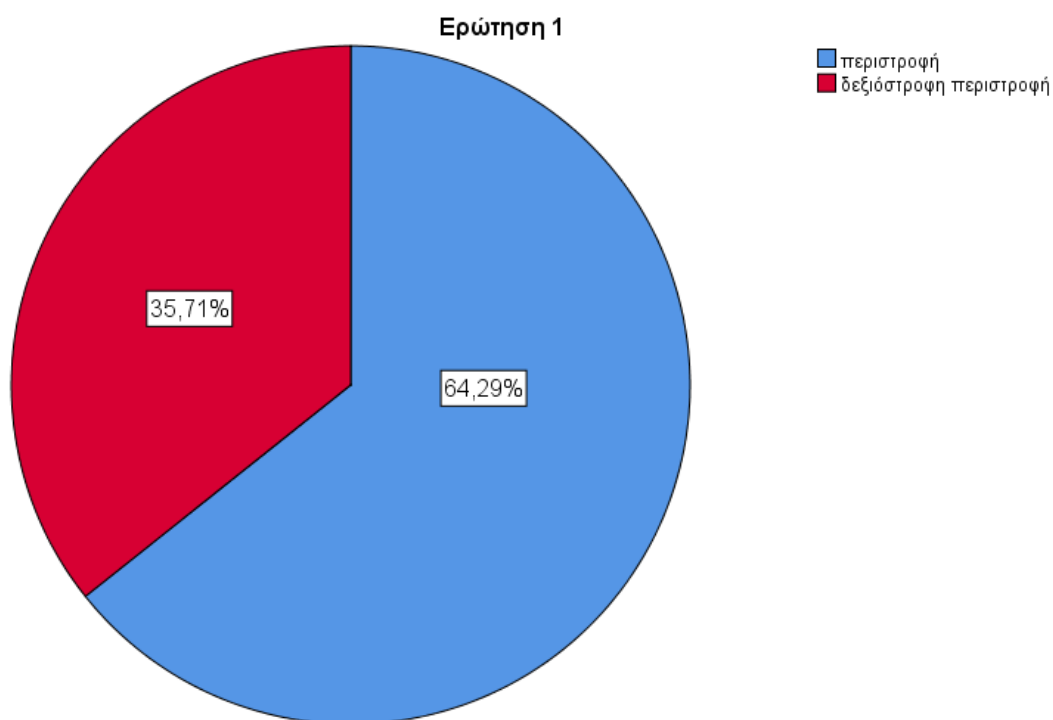
	<p>παράθυρο δομής τη διαδρομή στο μενού "Select → Select By Distance".</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Στο πλαίσιο "Enter a distance cut off" πληκτρολογήστε τον αριθμό 5, αν δεν υπάρχει ως προεπιλογή. ✓ Βεβαιωθείτε ότι η επιλογή "Select protein residues" είναι επιλεγμένη, και ότι η επιλογή "Select other molecules only" δεν είναι επιλεγμένη. Σε περίπτωση που η δεύτερη εντολή είναι επιλεγμένη, να την από-επιλέξετε. ✓ Κάντε κλικ στο κουμπί "OK". ✓ Ακολουθήστε στο πρωτεύον παράθυρο, από το μενού, τη διαδρομή "Select → Show Selected Residues", ώστε να εμφανίζονται μόνο τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από την αργινίνη, τα οποία θα πρέπει να απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα. ✓ Ακολουθήστε τη διαδρομή "Style → Rendering Shortcuts → Space Fill". <p>Από το δευτερεύον παράθυρο της πρωτεΐνης, να καταγράψετε όλα τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από το αμινοξύ που έχετε επιλέξει (δίνονται με κίτρινο χρώμα), καθώς επίσης και τη θέση στην πολυπεπτιδική αλυσίδα που βρίσκονται.</p>	<p>11. r --> 1835 12. l --> 1839</p> <p>(Γράφημα 5)</p>
6	<p>Είναι επιλεγμένα ακριβώς τα ίδια αμινοξέα και στις 2 πρωτεΐνες; Αν όχι, ποια είναι η διαφορά τους;</p>	<p>56 μαθητές έγραψαν ότι δεν είναι ακριβώς τα ίδια αμινοξέα επιλεγμένα και στις 2 πρωτεΐνες. Πιο αναλυτικά:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 28 μαθητές (14 φύλλα εργασίας) απάντησαν ότι στη μεταλλαγμένη πρωτεΐνη υπάρχει το αμινοξύ r στη θέση 1699, που δεν υπάρχει στη φυσιολογική πρωτεΐνη. Επίσης, δεν υπάρχουν στις θέσεις 1779 το αμινοξύ q και στη θέση 1783 το αμινοξύ m, που υπάρχει στη φυσιολογική πρωτεΐνη. Ακόμα, επισήμαναν ότι στη θέση 1775 στη

		<p>φυσιολογική πρωτεΐνη υπάρχει το αμινοξύ m, ενώ στη μεταλλαγμένη πρωτεΐνη, στη θέση 1775 υπάρχει το αμινοξύ r.</p> <p>✓ 12 μαθητές (6 φύλλα εργασίας) απάντησαν ότι δεν είναι ακριβώς τα ίδια αμινοξέα επιλεγμένα και στις 2 πρωτεΐνες, χωρίς να αιτιολογήσουν περαιτέρω την απάντησή τους.</p> <p>✓ 16 μαθητές (8 φύλλα εργασίας) απάντησαν ότι δεν είναι ακριβώς τα ίδια αμινοξέα επιλεγμένα και στις 2 πρωτεΐνες. Έγραψαν ότι αφού στη θέση 1775 στη φυσιολογική πρωτεΐνη υπάρχει το αμινοξύ m, ενώ στη μεταλλαγμένη πρωτεΐνη, στη θέση 1775 υπάρχει το αμινοξύ r, είναι αναμενόμενο να είναι επιλεγμένα κάποια αμινοξέα διαφορετικά στις 2 πρωτεΐνες (Γράφημα 6).</p>
7	<p>Μετακινήστε το παράθυρο δομής της μεταλλαγμένης πρωτεΐνης BRCA1, ώστε να απεικονίζονται στην οθόνη του υπολογιστή σας και τα 2 κύρια παράθυρα (το παράθυρο με την πρωτεΐνη BRCA1 και το παράθυρο με τη μεταλλαγμένη της μορφή) και παρατηρήστε τις δομές των πρωτεϊνών. Το σχήμα τους είναι ακριβώς το ίδιο; Εξηγήστε. [Σημείωση: Η μεθειονίνη είναι μη πολικό αμινοξύ, ενώ η αργινίνη είναι θετικά φορτισμένο αμινοξύ.]</p>	<p>56 μαθητές απάντησαν ότι το σχήμα των αμινοξέων που απεικονίζονται δεν είναι ακριβώς το ίδιο. Πιο αναλυτικά:</p> <p>✓ 16 μαθητές (8 φύλλα εργασίας) απάντησαν ότι δεν είναι ακριβώς το ίδιο σχήμα, αφού υπάρχει ένα διαφορετικό αμινοξύ στη θέση 1775 στην κάθε πρωτεΐνη, και έτσι σχηματίζονται διαφορετικοί δεσμοί μεταξύ των αμινοξέων των πρωτεϊνών και άρα αλλάζει και το σχήμα της μεταλλαγμένης πρωτεΐνης.</p> <p>✓ 12 μαθητές (6 φύλλα</p>

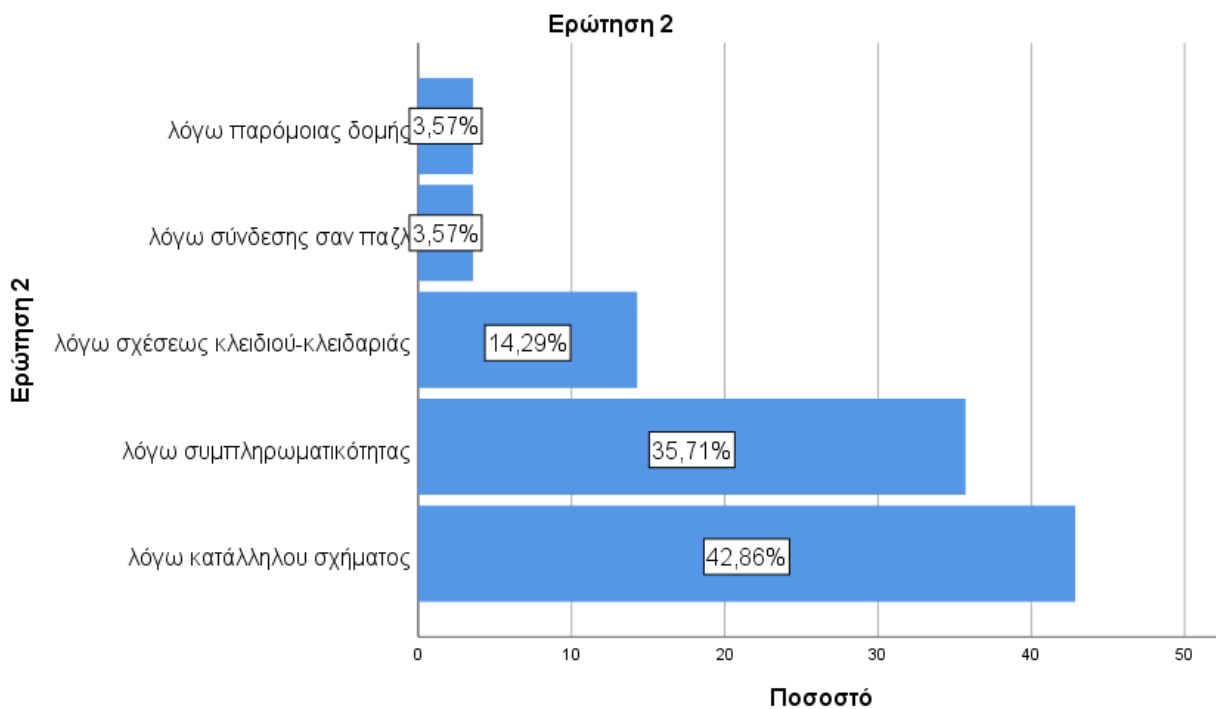
		<p>εργασίας) απάντησαν ότι αφού υπάρχει ένα διαφορετικό αμινοξύ στη θέση 1775 στην κάθε πρωτεΐνη, που είναι διαφορετικά φορτισμένο από το προηγούμενο, και όπως είδαμε στην προηγούμενη εργασία, τα αμινοξέα που βρίσκονται σε ακτίνα 5 Angstroms από αυτό το αμινοξύ δεν είναι ακριβώς τα ίδια. Άρα σχηματίζονται διαφορετικοί δεσμοί μεταξύ των αμινοξέων και συνεπώς αλλάζει και το σχήμα της μεταλλαγμένης πρωτεΐνης.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 12 μαθητές (6 φύλλα εργασίας) απάντησαν ότι δεν είναι ακριβώς το ίδιο σχήμα, αφού υπάρχει ένα διαφορετικό αμινοξύ στη θέση 1775 στην κάθε πρωτεΐνη, τότε είναι λογικό να αλλάζει και το σχήμα της. ✓ 16 μαθητές (8 φύλλα εργασίας) απάντησαν ότι δεν είναι ακριβώς το ίδιο σχήμα, χωρίς να αιτιολογήσουν περαιτέρω την απάντησή τους (Γράφημα 7).
8	<p>Σε κάθε ένα από τα 2 παράθυρα δομής (το παράθυρο με την πρωτεΐνη BRCA1 και το παράθυρο με τη μεταλλαγμένη της μορφή), ακολουθήστε από το μενού τη διαδρομή “Select → Show Everything”. Σε ποιο σημείο της πρωτεΐνης BRCA1 (ροζ χρώμα) εμφανίζεται η μετάλλαξη (κίτρινο χρώμα), σε σχέση με την πρωτεΐνη CtIP (μπλε χρώμα); Τι αποτέλεσμα έχει αυτή μετάλλαξη στη μεταλλαγμένη πρωτεΐνη BRCA1, στη σύνδεσή της με την πρωτεΐνη CtIP; Θα μπορεί η μεταλλαγμένη πρωτεΐνη BRCA1 να επιτελέσει το ρόλο της και να επιδιορθώσει το DNA;</p>	<p>56 μαθητές απάντησαν ότι λόγω της μετάλλαξης δεν θα μπορεί πλέον η CtIP δεν θα μπορεί να συνδεθεί με την μεταλλαγμένη πρωτεΐνη BRCA1 πλέον, επειδή η μετάλλαξη έχει αλλάξει τη δομή της πρωτεΐνης.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 20 μαθητές δεν συνέδεσαν τη δομή με τη λειτουργία. ✓ 36 μαθητές κατέγραψαν ότι λόγω αδυναμίας σύνδεσης δεν θα μπορούσε να επιτελέσει τη λειτουργία της με αποτέλεσμα να

		εμφανίζεται ο καρκίνος (Γράφημα 8).
9	Καταγράψτε θετικά και αρνητικά στοιχεία από το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσατε και προτείνετε πιθανές βελτιώσεις.	Όλοι οι μαθητές ενθουσιάστηκαν από τη χρήση του λογισμικού. Χαρακτήρισαν την εφαρμογή πολύ διασκεδαστική, ενδιαφέρουσα και πρωτότυπη, προτίμησαν την τρισδιάστατη απεικόνιση των πρωτεϊνών και τόνισαν ότι κατάλαβαν τη σημασία της δομής και τη συσχέτιση της δομής με τη λειτουργία. Επίσης, κάποιοι κατέγραψαν ότι έμαθαν κάποια αιτία πρόκλησης καρκίνου.

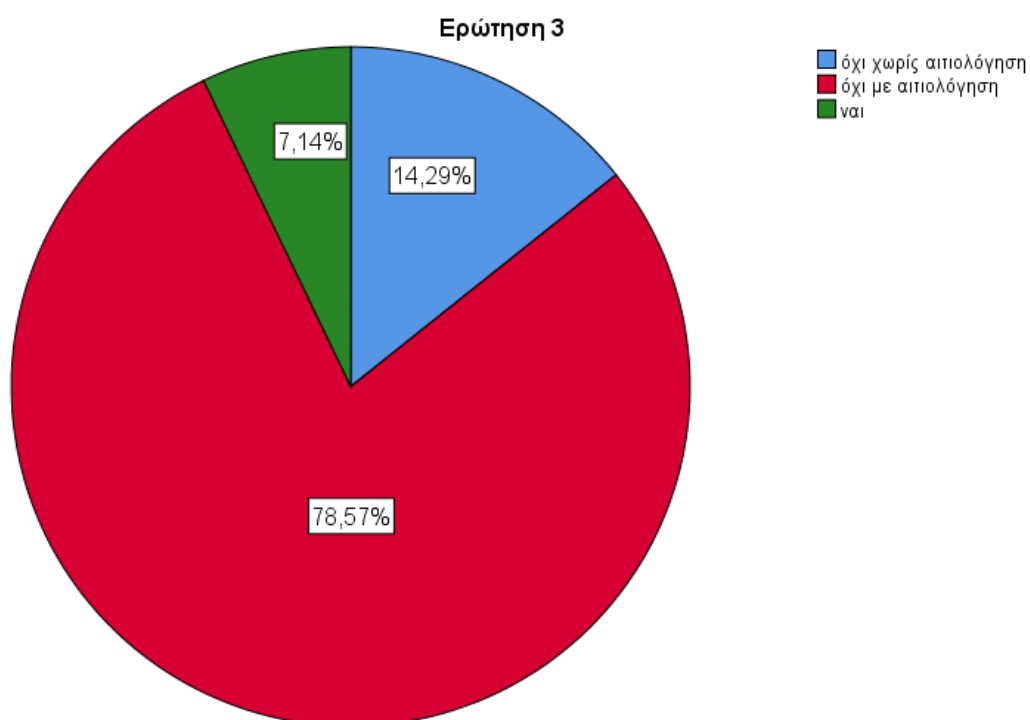
Παρακάτω παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών με τη μορφή γραφημάτων:



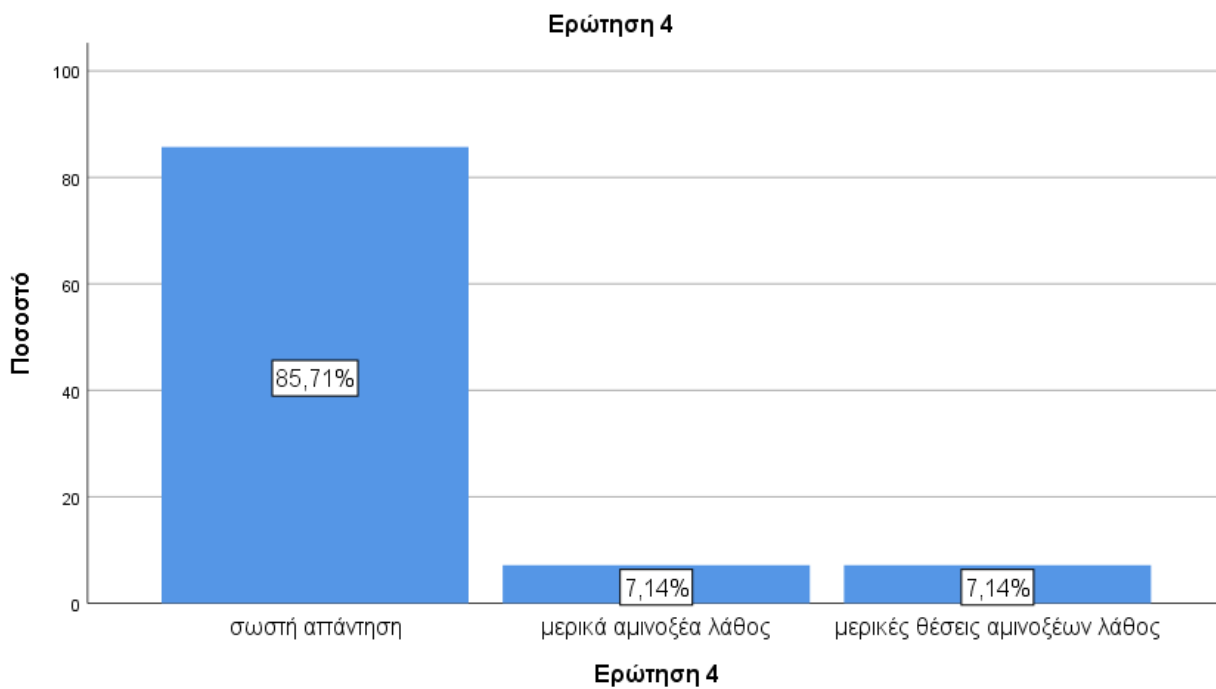
Γράφημα 1: Παρουσίαση των απαντήσεων της ερώτησης 1.



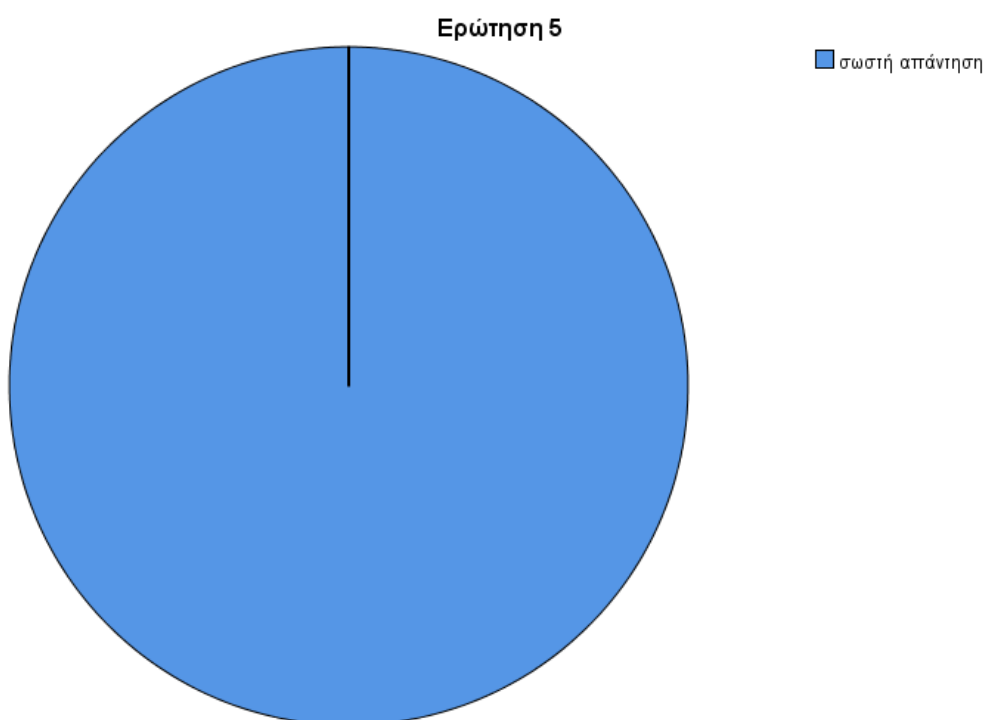
Γράφημα 2: Παρουσίαση των απαντήσεων της ερώτησης 2.



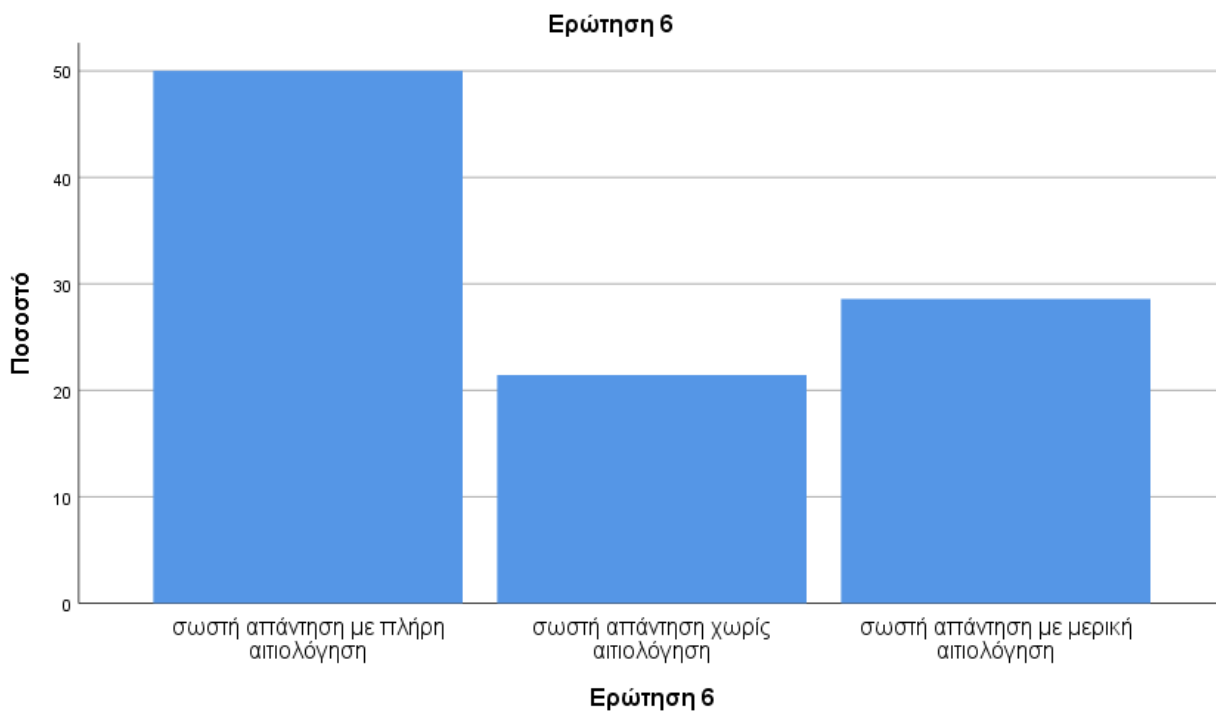
Γράφημα 3: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ερώτησης 3.



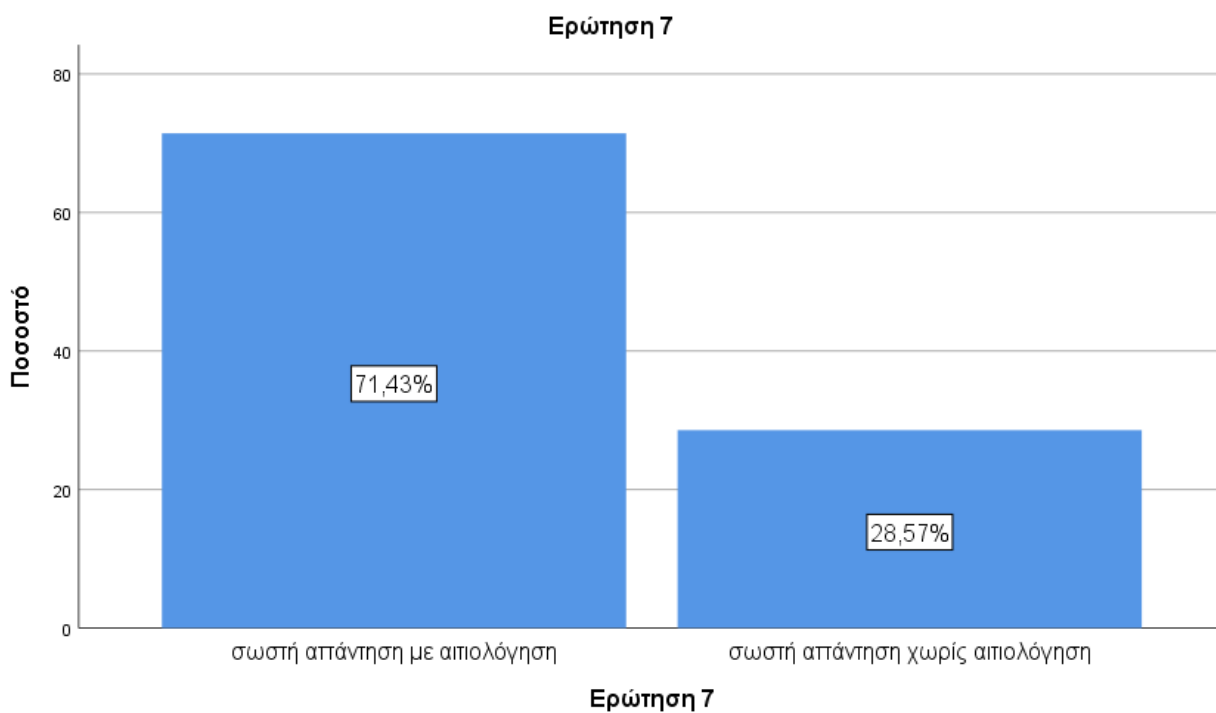
Γράφημα 4: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ερώτησης 4.



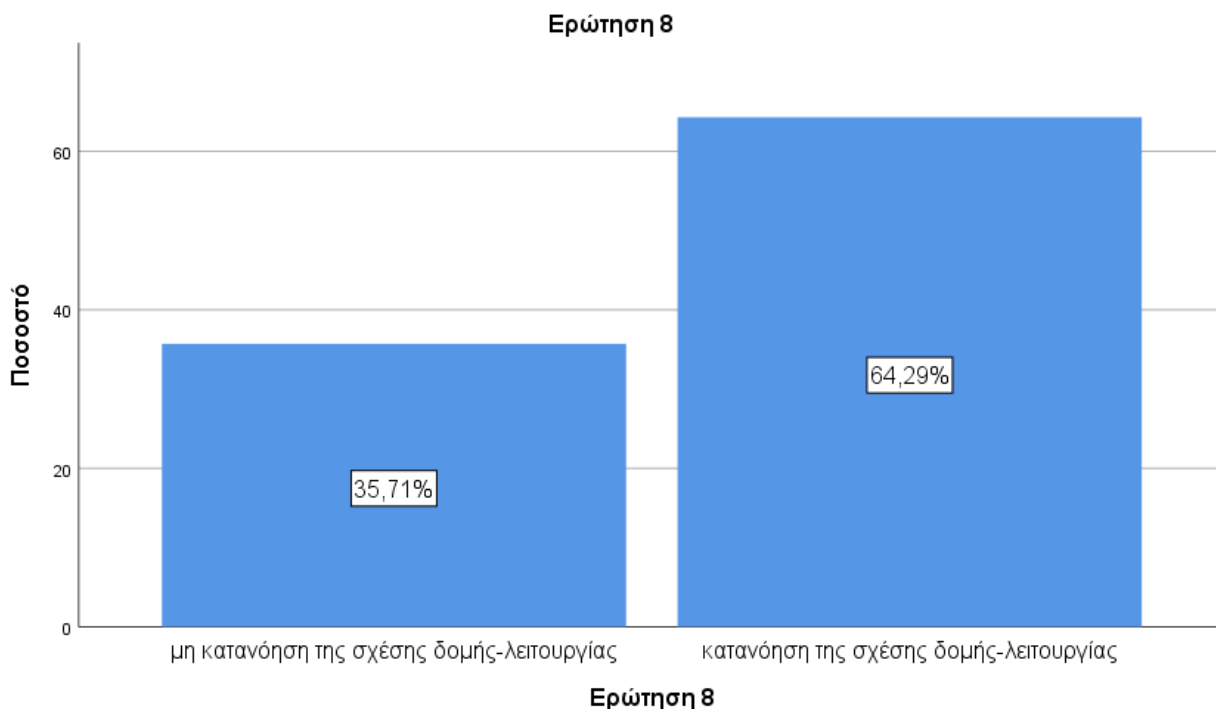
Γράφημα 5: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ερώτησης 5.



Γράφημα 6: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ερώτησης 6.



Γράφημα 7: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ερώτησης 7.



Γράφημα 8: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ερώτησης 8.

Παρακάτω παρουσιάζουμε τις απαντήσεις των μαθητριών/μαθητών στην ερώτηση 9, η οποία είναι η εξής: “Καταγράψτε θετικά και αρνητικά στοιχεία από το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσατε και προτείνετε πιθανές βελτιώσεις.”

Πίνακας 5: Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση 9 του φύλλου εργασίας.

A/A Φύλλου εργασίας	Απάντηση
1.	Το σενάριο παρείχε χρήσιμες πληροφορίες σε εμάς τους μαθητές. Υπήρχε η δυνατότητα να εξερευνήσουμε ψηφιακά τις πρωτεΐνες. Ευχαριστούμε γι' αυτή τη δυνατότητα.
2.	Το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσαμε ήταν πολύ ευχάριστο και εκπαιδευτικό. Μας έμαθε αρκετά για τη δομή των πρωτεϊνών και τη σημασία της, η οποία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και στην υγεία των ανθρώπων.
3.	Μέσα από το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσαμε καταφέραμε να μάθουμε χρήσιμες πληροφορίες για τις πρωτεΐνες αλλά και πόσο σοβαρή επίπτωση μπορεί να έχει μία μετάλλαξη στον οργανισμό του ανθρώπου. Ήταν ένα ευχάριστο και διασκεδαστικό πρόγραμμα.
4.	Πολύ επιμορφωτική δραστηριότητα. Πολύ ενδιαφέρον, κεντρίζει την προσοχή των μαθητών.
5.	Το ψηφιακό σενάριο ήταν αρκετά ικανοποιητικό. Ήταν πολύ αναλυτικό το ψηφιακό σενάριο και εύκολο στη χρήση του.

6.	Το ψηφιακό σενάριο μας άρεσε πάρα πολύ, μάθαμε πολλά και ενδιαφέροντα πράγματα. Μάθαμε πως λειτουργούν τα αμινοξέα και τι βοηθά την ανάπτυξη του καρκίνου του μαστού. Ο επιτηρητής ήταν εξαιρετός.
7.	Ήταν ωραίο και διασκεδαστικό.
8.	Ήταν πολύ ενδιαφέρον και είχε ωραία και σωστή απεικόνιση της πρωτεΐνης.
9.	Πολύ ωραίο και πολύ πρωτότυπο με τη χρήση της τεχνολογίας.
10.	Ήταν επιμορφωτική η δραστηριότητα και πολύ ενδιαφέρουσα.
11.	Το πρόγραμμα είναι ιδιαίτερα παραστατικό και βοηθητικό καθώς και τα ερωτήματα βοηθούν στην καλύτερη επεξήγηση και απομνημόνευση της εργασίας.
12.	Το συγκεκριμένο πρόγραμμα ήταν αρκετά διασκεδαστικό αλλά και πολύ επιμορφωτικό. Μάθαμε πολλά ενδιαφέροντα πράγματα π.χ. αιτία του καρκίνου.
13.	Είναι αδιαμφισβήτητο πως το συγκεκριμένο ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσαμε διακρίνεται από πληθώρα θετικών στοιχείων. Ο υπεύθυνος καθηγητής προσέφερε απλόχερα τη βοήθειά του, καθώς και τις γνώσεις του. Ήταν άκρως βοηθητικός και μεταδοτικός. Στα αρνητικά δεν έχουμε να προσάψουμε τίποτα.
14.	Είναι καλύτερα με τον διαδραστικό τρόπο που έγινε. Πιο ενδιαφέρον και τα καταλάβαμε καλύτερα.
15.	Πολύ ενδιαφέρον και κατατοπιστικό. Το ψηφιακό σενάριο μας βοήθησε να εμβαθύνουμε τις γνώσεις μας πάνω στις πρωτεΐνες. Θα ήταν καλό να γίνονται και άλλα μαθήματα με αυτόν τον τρόπο.
16.	Η συγκεκριμένη εφαρμογή βοήθησε την διαδικασία γιατί μας έδινε την δυνατότητα να βλέπουμε ακριβώς τη δομή, τη μορφή και το χρώμα της πρωτεΐνης και έτσι καταλάβαμε τη διαδικασία της μετάλλαξης και τις αλλαγές που αυτή επέφερε.
17.	Ήταν πολύ εύκολο και διασκεδαστικό.
18.	Τα θετικά στοιχεία του προγράμματος υπερτερούν.
19.	Μάθαμε καινούρια πράγματα. Καταλάβαμε με πιο λεπτομέρεια τα ήδη γνωστά από το βιβλίο.
20.	Ήταν αρκετά καλό και εύκολο.
21.	Ήταν όλα τέλεια.
22.	Πολύ ενδιαφέρον.
23.	Πολύ καλή και ενδιαφέρον δουλειά.
24.	Πολύ ενδιαφέρον.

25.	Θετικά: 1) δημιουργικό, διαφορετικό 2) 3D 3) ενδιαφέρον, πρωτότυπο Αρνητικά: 1) δεν κουιόντουσαν οι πρωτεΐνες όταν ήταν δίπλα δίπλα τα παράθυρα. 2) να είναι στα ελληνικά το πρόγραμμα ή άλλες γλώσσες.
26.	Excellent!
27.	Εξαιρετικό.
28.	Θετικά: οπτικό υλικό, διαφορετική προσέγγιση, ενδιαφέρον Αρνητικά: x

Συνοψίζοντας, όλοι οι μαθητές ενθουσιάστηκαν από τη χρήση του λογισμικού, ενώ 36 από τους 56 μαθητές στην ερώτηση 8 κατανόησαν τη σχέση δομής και λειτουργίας που αποτέλεσε και τον πρωταρχικό σκοπό του μαθήματος. Η πλήρης κατανόηση φανερώνεται από την εγκυρότητα των απαντήσεων των μαθητών.

Στην ερώτηση 9, όλοι οι μαθητές εξέφρασαν θετικά σχόλια για το λογισμικό και το μάθημα γενικότερα. Πιο αναλυτικά, χαρακτήρισαν το λογισμικό πολύ ενδιαφέρον και διασκεδαστικό, πολύ εκπαιδευτικό γιατί έγιναν γνωστές χρήσιμες πληροφορίες για τις πρωτεΐνες και τις επιπτώσεις των μεταλλάξεων και επίσης πολύ εύκολο στον χειρισμό του. Όσον αφορά τα αρνητικά στοιχεία, μόνο 2 μαθητές κατέγραψαν κάποια αρνητικά σχόλια, δηλαδή 1 φύλλο εργασίας, που είχε να κάνει με τον τρόπο παρουσίασης των πρωτεϊνών, δηλαδή θα ήθελαν οι πρωτεΐνες που είναι σε διαφορετικά παράθυρα να μπορούν να κινούνται, και ότι θα ήθελαν το πρόγραμμα να διατίθεται και στα Ελληνικά ή άλλες γλώσσες.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Έχει αποδειχθεί σε αρκετές μελέτες ότι οι μαθητές έχουν δυσκολία στην κατανόηση των βιολογικών φαινομένων σε μοριακό επίπεδο (Lewis et al., 2000β; Marbach-Ad&Stavy, 2000). Αναλυτικότερα, οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι μαθητές έχουν δυσκολία στην κατανόηση μακρομορίων, χημικών ενώσεων και μικροσκοπικών διεργασιών που δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτές. Αυτό καταδεικνύει ένα σημαντικό εκπαιδευτικό ζήτημα: οι παρατηρούμενες ιδιότητες του μακροσκοπικού κόσμου δεν μπορούν να συνδεθούν επαρκώς με τα μικροσκοπικά συστατικά του (Stasinakis & Nikolaou, 2017).

Με βάση την παραπάνω παρατήρηση και το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια οι ΤΠΕ διαπερνούν κάθε πτυχή της οικονομικής, πολιτικής, κοινωνικής και πολιτιστικής δραστηριότητας, το σχολείο σαν διαμεσολαβητής της γνώσης της κοινωνίας δεν μπορεί παρά να βρεθεί, αργά ή γρήγορα, μέσα στο πεδίο των καινοτομιών και των συνεπειών τους. Διάφορα μοναδικά χαρακτηριστικά της Βιολογίας δημιουργούν αιτήματα που θα πρέπει να απαντήσει η σύγχρονη Διδακτική. Αρωγός σε αυτή την κατεύθυνση μπορούν να σταθούν οι εξελίξεις στον τομέα της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας. Η χρήση των Νέων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) είναι δυνατόν να ξεπεράσει διάφορα διδακτικά και επιστημολογικά εμπόδια. Με δεδομένο όλα τα παραπάνω, σχεδιάστηκε στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας μια διδασκαλία με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού τρισδιάστατης απεικόνισης βιολογικών δομών, ώστε να διδαχθούν οι γονιδιακές μεταλλάξεις. Προκειμένου να οριστεί το τμήμα της διδακτέας ύλης στο οποίο θα εφαρμοστούν οι νέες τεχνολογίες, προηγήθηκε μια ανασκόπηση όλης της διδακτέας ύλης, τόσο του Γυμνασίου όσο και του Λυκείου, με εμφανέστατη τη δυνατότητα χρήσης των ΤΠΕ στα περισσότερα, αν όχι όλα, τα τμήματα της διδακτέας ύλης.

Στους μαθητές δόθηκε ένα φύλλο εργασίας με 4 δραστηριότητες και 9 εργασίες, η πλειονότητα των οποίων απαντήθηκαν σωστά. Πιο αναλυτικά, στην ερώτηση 1 που αφορούσε το χειρισμό του λογισμικού με 2 πλήκτρα όλοι οι μαθητές απάντησαν σωστά. Στην ερώτηση 2 επίσης όλοι οι μαθητές απάντησαν ότι οι δύο δομές συνδέονται λόγω συμπληρωματικότητας, απλά εκφράστηκαν με διαφορετικό τρόπο. Στην ερώτηση 3, μόνο 4 από τους 56 μαθητές απάντησαν λάθος, ότι θα μπορούσε δηλαδή να συνδεθεί και σε άλλο σημείο της πρωτεΐνης BRCA1 η πρωτεΐνη CtIP. Όσον αφορά την ερώτηση 4, μόνο 8 μαθητές απάντησαν είτε κάποια αμινοξέα λάθος είτε έδωσαν κάποιες λάθος θέσεις αμινοξέων. Στην ερώτηση 5, 6 και 7 όλοι οι μαθητές απάντησαν σωστά, απλά κάποιοι αιτιολόγησαν τις απαντήσεις τους και κάποιοι άλλοι όχι. Τέλος, στην ερώτηση 8, 36 μαθητές κατανόησαν τη σχέση δομής και λειτουργίας. Αυτό το εύρημα της παρούσας πτυχιακής έρχεται σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία όπου παρατηρείται γενικά ότι όταν η εκπαιδευτική διαδικασία περιλαμβάνει οπτικοποίηση, υπάρχει μια παροδική μετάβαση από όρους σε σύμβολα και από σύμβολα σε πραγματική κατανόηση (Stasinakis & Nikolaou, 2017; StieffM, Bateman & Uttal, 2005). Στην ερώτηση 9 που ζητήθηκε η άποψη των μαθητών για τη διδασκαλία, όλοι οι μαθητές εκφράστηκαν με θετικά σχόλια για το λογισμικό και το μάθημα γενικότερα.

Σύμφωνα με τους Oliveira et al (2009), η διδασκαλία της κυτταρικής βιολογίας θεωρείται συχνά δύσκολη, τόσο από τους μαθητές όσο και από τους εκπαιδευτικούς. Συγκεκριμένα, ο Wu και οι συνεργάτες του ανέφεραν ότι πολλοί μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τις απεικονίσεις των μικροσκοπικών δομών, κυρίως επειδή δεν μπορούν να δουν ή να χειριστούν αυτές τις δομές (Wu et al., 2001). Επιπλέον, δεν δημιουργούν κατάλληλες συσχετίσεις μεταξύ του μακροσκοπικού και του μικροσκοπικού επιπέδου (Del Pozo, 2001). Στην παρούσα μελέτη περίπτωσης οι μαθητές λόγω του ό,τι χειρίστηκαν οι ίδιοι τις τρισδιάστατες δομές με τη βοήθεια του λογισμικού αυτό το πρόβλημα ξεπεράστηκε.

Επίσης, η επιστημονική ορολογία και τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες απαιτούν πρόσθετες προσπάθειες από τους μαθητές για κατανόηση, των οποίων ο αναλφαβητισμός επηρεάζει την επικοινωνία με τους επιστήμονες (Dikmenli, 2010; deOliveira & Galembeck, 2016).

Το γεγονός ότι ο αριθμός των μαθητών σε κάθε τάξη ήταν σχετικά μικρός παρέχει επίσης ένα μοναδικό πλεονέκτημα, δεδομένου ότι είναι δυνατή μια πλούσια αλληλεπίδραση σε ένα περιβάλλον αίθουσας διδασκαλίας με προσεγγιστικές, στενές και λεπτομερείς παρατηρήσεις και ανίχνευση. Επιπλέον το μάθημα έγινε σύμφωνα με τις αρχές της ομαδοσυνεργατικής μάθησης για διάφορους λόγους. Με την ομαδοσυνεργατική μάθηση αναπτύσσεται ατομική και ομαδική ευθύνη, κοινωνικές δεξιότητες όπως αποτελεσματική επικοινωνία, διαπροσωπικές σχέσεις και ομαδικές δεξιότητες. Για αυτούς τους λόγους οι μαθητές αποφασίστηκε να κάθονται ανά δύο σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και να απαντούν σε ένα φύλλο εργασίας (Johnson, Johnson & Holubec 1988).

Συμπερασματικά, με τη χρήση των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση επιτυγχάνεται πιο ρεαλιστική αναπαράσταση των δομών και διαδικασιών σε σύγκριση με τις δισδιάστατες εικόνες των σχολικών βιβλίων, γίνεται ευκολότερη η κατανόηση πολύπλοκων βιολογικών διεργασιών, ενώ επίσης γίνεται δυνατή η αποτύπωση των μορφολογικών διαφορών και ομοιοτήτων στους ιστούς, τα κύτταρα, τα κυτταρικά οργανίδια, τα μακρομόρια και τα μικρομόρια. Από τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής και συγκεκριμένα της ερώτησης 8, η πλειονότητα των μαθητών μπόρεσε να συνδέσει τη δομή των μακρομορίων με τη λειτουργία τους και να καταλάβει τη σημασία της δομής για τη λειτουργία τους. Είναι επίσης δυνατή η συστημική αναπαράσταση των μηχανισμών και τέλος με τη χρήση των νέων τεχνολογιών δημιουργείται ένα ευχάριστο κλίμα που ενισχύει τη μάθηση.

Ένας από τους περιορισμούς της έρευνας παρόλα αυτά είναι το γεγονός ότι πρόκειται για μελέτη περίπτωσης και έτσι τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευτούν και επίσης το γεγονός ότι το δείγμα προερχόταν μόνο από ιδιωτικά σχολεία. Μπορεί η κατάσταση στα δημόσια σχολεία να διαφέρει. Ένας κύριος λόγος θα μπορούσε να είναι η μη επάρκεια νέων τεχνολογιών. Λόγω του μικρού δείγματος τα αποτελέσματα θα πρέπει να ερμηνευτούν με προσοχή ενώ προκειμένου να γενικευτούν και να επιβεβαιωθούν απαιτούνται στο μέλλον περαιτέρω έρευνες με μεγαλύτερο δείγμα και μάλιστα δημόσιων σχολείων ώστε να επιβεβαιωθούν με μεγαλύτερη ασφάλεια τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας και να διασαφηνιστούν οι τρόποι εμπλουτισμού της διδασκαλίας της Βιολογίας με τη χρήση ΤΠΕ και να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Επιπλέον, εκτός από έρευνες με μεγαλύτερο δείγμα μαθητών, θα πρέπει να δοθεί χώρος στις ΤΠΕ και στις προπτυχιακές σπουδές των εκπαιδευτικών, οι οποίοι θα πρέπει να εξοικειώνονται με τα

διάφορα μέσα που τους παρέχει η τεχνολογία κατά τη διάρκεια των σπουδών τους ώστε να είναι πιο εύστοχες οι παρεμβάσεις στην εκπαίδευση. Επιπλέον, θα πρέπει όλα τα δημόσια σχολεία και όχι μόνο τα ιδιωτικά σχολεία να είναι επαρκή στις νέες τεχνολογίες. Συνοψίζοντας, η χρήση τεχνολογικών εφαρμογών στη διδασκαλία της κυτταρικής βιολογίας είναι η πιο κατάλληλη προσέγγιση ώστε να λυθούν τυχόν παρανοήσεις. Συνεπώς, τα εικονικά μοντέλα μπορούν να είναι πολύ αποτελεσματικά στη διδασκαλία. Όμως, η εφαρμογή τους προϋποθέτει συγκεκριμένες γνώσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αδαμαντιάδου ΣΜ., Γεωργάτου Μ., Γιαπιτζάκης Χ., Λάκκα Λ., Νοταράς Δ., Φλωρεντίν Ν., Χατζηγεωργίου Γ., Χαντηκωντή Ολ., Βιολογία Γ΄ Γενικού Λυκείου Γενικής Παιδείας, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.

Αθανασίου, Κ., (2015). *Διδακτική της βιολογίας*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/4794>

Αλεπόρου-Μαρίνου Β., Αργυροκαστρίτης Α., Κομητοπούλου Αι., Πιαλόγλου Π., Σγουρίτσα Β., Γ΄ Γενικού Λυκείου Κατεύθυνσης, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα

Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα Έρευνας και Τεχνολογίας – ΕΠΣΕΤ (2016). *Τεχνολογίες Web 2.0*. Ανακτήθηκε 8 Ιανουαρίου, 2016, από <http://goo.gl/xYXdsP>

Εξαδακτύλου, Μαρία-Ελένη & Παναγιώτης Κ. Στασινάκης (2019). Η Χρήση Των Κοινωνικών Δικτύων Στη Διδασκαλία Της Βιολογίας, *iTeacher*, 16:33–44.

Ζωγόπουλος, Ε. Α. (2001). *Νέες τεχνολογίες και μέσα επικοινωνίας στην εκπαιδευτική διαδικασία*. Αθήνα: Κλειδάριθμος

Ζωγόπουλος, Ε. Α. (2005). *Ο Κόσμος της Πληροφορικής*. Αθήνα: Κλειδάριθμος

Καστορίνης Α., Κωστάκη-Αποστολοπούλου Μ., Μπαρώνα-Μάμαλη Φ., Περάκη Β., Πιάλογλου Π. (2017). Βιολογία Α΄ Λυκείου, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.

Καψάλης Α., Μπουρμπουχάκης Ι.Ε., Περάκη Β., Σαλαμαστράκης Σ. (2010). Βιολογία Β΄ Γενικού Λυκείου, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.

Κουμπάρου, Ε., Κυριακούδη, Μ. & Αθανασίου, Κ. (2011). Εξέλιξη των ιδεών των Ελλήνων μαθητών για τη Γενετική και την Κληρονομικότητα. Στο: Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ. (2011). Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, σελ. 414- 42.

Mayr, E. (2008). *Η ανάπτυξη της Βιολογικής Σκέψης. Ποικιλότητα, Εξέλιξη και Κληρονομικότητα*. Αθήνα: Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.

- Ματσαγγούρας, Η. Γ. (2004). *Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση: Εννοιοκεντρική Αναπλαισίωση και Σχέδια Εργασίας*. Αθήνα: Γρηγόρη
- Μαυρικάκη Ε., Γκούβρα Μ., Καμπούρη Α. (2017). Βιολογία Α΄γυμνασίου, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος», Αθήνα.
- Μαυρικάκη Ε., Γκούβρα Μ., Καμπούρη Α. (2017). Βιολογία Β΄/Γ΄γυμνασίου, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
- Μπράτισης, Θ. (2008). Σχολείο 2.0: Πιθανός Στόχος ή Ανώφελη Επιδίωξη; *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, Κύπρος, 25-28 Σεπτεμβρίου 2008.
- Νικολοπούλου, Κ. (2009). Φύλο και ΤΠΕ στη σχολική εκπαίδευση: θεματολογία και προσεγγίσεις των ερευνών για τις διαφορές φύλου στις τρεις τελευταίες δεκαετίες. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 2 (1-2), 79-101.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. (2011). *Το Πρόγραμμα Σπουδών για τον Πληροφορικό Γραμματισμό στο Γυμνάσιο. Οδηγός για τον εκπαιδευτικό*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο: Αθήνα.
- Στασινάκης Κ. Παναγιώτης (2016/9), Οι ιδιαιτερότητες της Βιολογίας ως πρόκληση για τη χρήση των ΤΠΕ στη Διδακτική της Βιολογίας, *Νέος Παιδαγωγός*, 7: 172-187, Εκδόσεις e-Πρωτοβάθμια.
- Τζιμογιάννης, Α. (2017). *Ηλεκτρονική Μάθηση: Θεωρητικές Προσεγγίσεις και Εκπαιδευτικοί Σχεδιασμοί*. Αθήνα : Κριτική
- Στασινάκης, Π. (2015). Το Διδακτικό Μοντέλο των 5Ε και η εφαρμογή του στη Βιολογία: φύλλα εργασίας στην καθημερινή διδακτική πρακτική για τα μαθήματα του Λυκείου. *Πρακτικά 3ου Συνεδρίου "Η Βιολογία στην Εκπαίδευση"*(σσ. 93-100). Κατερίνη: Πανελλήνια Ένωση Βιοεπιστημόνων.
- Στασινάκης, Παναγιώτης Κ. & Μιχάλης Καλογιαννάκης. (2017). "Η Χρήση Των ΤΠΕ Για Τη Τρισδιάστατη Απεικόνιση Στη Βιολογία." Σελ. 539–49, Στο: *Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία*, Επιμ. Κ. Παπανικολάου, Α. Γόγουλου, Δ. Ζυμπίδης, Α. Λαδιάς, Ι. Τζωρτζάκης, Θ. Μπράτισης, & Χ. Παναγιωτακόπουλος. Αθήνα.
- Τριανταφυλλόπουλος Αναστάσιος–(Μάρτιος 2018), Η ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία –Θετικές και Αρνητικές Επιπτώσεις, ανακτήθηκε 12 Μαΐου 2019 από:<http://epri.korinthos.uop.gr/BlogsPortal/mps2018/2018/05/21/%CE%B7-%CF%84%CF%80%CE%B5-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B5%CE%BA%CF%80%CE%B1%CE%B9%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1-%CE%B8%CE%B5/>

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers and Education*, 33,131–152.

A New Biology for the 21st Century: Ensuring the United States Leads the Coming Biology Revolution ISBN: 0-309-14489-2. (2009). <http://www.nap.edu/catalog/12764.html>

Athanasiou, K., Grigoriadou, K. & Kariotoglou, P. (2004). “Understanding of inheritance: revealing young people’s beliefs about chromosomes and genes and their attitudes towards biology in general”. *5th conference of European Researchers in Didactic of Biology*, Patras. (Department of Education and Science [DES] 1989)

Bagley, J. R., & Galpin, A. J. (2015). Three-dimensional printing of human skeletal muscle cells: An interdisciplinary approach for studying biological systems. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 43(6), 403-407.

Bahar, M., Johnstone, A. H., & Hansell, M. H. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84–86.

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Barnea, N., and Y. J. Dori. 2000. “Computerized Molecular Modeling – The New Technology for Enhancing Model Perception among Chemistry Educators and Learners.” *Chemistry Education: Research and Practice in Europe* 1 (1): 109–120.

Baron, G. L. & Bruillard, E. (1997). Information technology in French education: implications for teacher education. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 6(3), 241-253.

Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22,577–560.

Batenburg, N. L., Walker, J. R., Coulombe, Y., Sherker, A., Masson, J. Y., & Zhu, X. D. (2019). CSB interacts with BRCA1 in late S/G2 to promote MRN-and CtIP-mediated DNA end resection. *Nucleic acids research*.

Becker, H. J. (2000). Findings from the teaching, learning, and computing survey: Is Larry Cuban right?. *Educational Policy Analysis Archives*, 8(51).

Becker, H. J. (2001). How are teachers using computers in instruction?. *Paper presented at the 2001 Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Seattle.

- Becta (2004). A review of the research literature on barriers to the uptake of ICT by Teachers. *British Educational Communications and Technology Agency*.
- Bednarski, A., Elgin, S. and Pakrasi, H. (2005) An inquiry into protein structure and genetic disease: Introducing undergraduates to bioinformatics in a large introductory course. *Cell Biol. Educ.* 4, 207–220.
- Boersma, K. Th. & Waarlo, A.-J. (2008). On the theoretical input and output of ‘design research’ in biology education, In Hammann, M., Waarlo, A.-J., Boersma, K. (Eds) *The Nature of Research in Biological Education: Old and New Perspectives on Theoretical and Methodological Issues, A selection of papers presented at the VIIIth Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, pp. 463.
- Boersma, K., Waarlo, A. J., & Klaassen, K. (2011). The feasibility of systems thinking in biology education. *Journal of Biological Education*, 45(4), 190-197.
- Bourne, P. E. (2017). Life is three-dimensional, and it begins with molecules. *PLoS biology*, 15(3), e2002041.
- Bradley, G. & Russel, G. (2000). Computer experience, school support and computer anxieties. *Educational Psychology*, 17(3), 267-284.
- Bragg WH Bragg WL. The reflexion of X-rays by crystals. *Proc R. Soc. Lond. A.* 1913; 88 (605): 428±38.
- Caine, M., Horié, N., Zuchuat, S., Weber, A., Ducret, V., Linder, P., & Perron, K. (2015). A 3D-DNA molecule made of PlayMais. *Science Activities*, 52(2), 31-44.
- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Carey, S. (1988). Conceptual differences between children and adults, *Mind & language*, 3(3), 167-181.
- Chatti, M. A., Agustawan, M. R., Jarke, M., & Specht, M. (2010). Toward a personal learningenvironment framework. *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, 1(4), 66–85.
- Clark, A. (1997). Being there: Putting brain body and world together again. *Cambridge, MA: MIT Press*.
- Copolo, C. E., & Hounshell, P. B. (1995). Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry. *Journal of science education and technology*, 4(4), 295-305.

- Cox M., Preston C., & Cox K. (1999) What factors support or prevent teachers from using ICT in their classrooms, *Paper presented at the British Educational Research Association Annual Conference*, University of Sussex at Brighton.
- Cuban, L., Kirkpatrick, H. & Peck, C. (2001). High access and low use of technologies in high school classrooms: explaining an apparent paradox. *American Educational Research Journal*, 38(4), 813-834.
- Delizoicov, D., J. A. Angotti, and M. M. Pernambuco. (2007). *Science Education: Principles and Methods*. 2nd ed. São Paulo: Cortez.
- de 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.
- Del Pozo, R. M. (2001). “Prospective Teachers’ Ideas about the Relationships between Concepts Describing the Composition of Matter.” *International Journal of Science Education* 23 (4): 353–371.
- Dikmenli, M. (2010). “Misconceptions of Cell Division Held by Student Teachers in Biology: A Drawing Analysis.” *Scientific Research and Essay* 5 (2): 235–247.
- Dupont CL, Yang S, Palenik B, Bourne PE. (2006). Modern proteomes contain putative imprints of ancient shifts in trace metal geochemistry *Proc Nat Acad Sci*; 103(47):17822±17827. doi: 10.1073/pnas.0605798103 PMID: 17098870
- Duschl, R.A., & Grandy, R.E. (2008). Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation, *Sense Publishers*.
- Duschl, R. A., & Grandy, R.E. (2013). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science & Education*, 22(9), 2109-2139.
- EC (2003). *eEurope 2002 Benchmarking: European youth into the digital age*, Brussels: Commission of the European Communities.
- Ergazaki, M., & Ampatzidis, G. (2012). Students’ Reasoning about the Future of Disturbed or Protected Ecosystems & the Idea of the ‘Balance of Nature’, *Research in Science Education*, 42(3), 511-553.
- Emvalotis A. & Jimoyiannis A. (1999). Teachers’ attitudes towards new technologies in upper secondary education. *Proceedings of the 1st Panhellenic Conference “ICT in Education”*, 203-212, Ioannina, Greece (in Greek).
- Evans-Jennings, S. & Okwuegbuzie, A. (2001). Computer attitudes as a function of age, gender, math attitude, and developmental status. *Journal of Educational Computing Research*, 25(4), 367-384.

- Finnan, J., Taylor-Papp, K. and Duran, M. (2005) Seeing the unseen: Molecular visualization in biology. *Learn. Lead. Technol.* 32, 24–27.
- Fullan (2001). *The new meaning of educational change*. NY: Teachers College Press, Columbia University.
- Garvin-Doxas, K., & Klymkowsky, M. W. (2008). Understanding randomness and its impact on student learning: lessons learnt from building the Biology Concept Inventory (BCI). *Life Sciences Education*, 7, 227–233.
- Gericke, N. M. & Hagberg, M. (2007). Definition of historical models of gene function and their relation to students' understanding of genetics, *Science and Education*, 16, 849-881.
- Gras-Velazquez, A. (2016). European Schoolnet (2016) ICT in STEM education - impacts and challenges: Setting the scene. A STEM alliance literature review. Brussels, Belgium: European Schoolnet (EUN Partnership AIBSL).
- Gros, B. (2016). The dialogue between emerging pedagogies and emerging technologies. *In The Future of Ubiquitous Learning* (pp. 3-23). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Goodwyn A., Clarke S., & Adams, A. (1997). The future curriculum in English and IT: how teachers and student-teachers view the relationship. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 6(3), 227-240.
- Hartrick, G. (1999). Transcending behaviorism in communication education. *Journal of Nursing Education*, 38(1), 17-22.
- Hatano G. & Inagaki K. (1994). Young children's naive theory of biology, *Cognition*, 50 171-188
- Henry, C. (2004) Visualizations and Translations. *Chem. Eng. News* 82, 46–48.
- Hew, K. F., & Cheung, W. S. (2010). Use of three-dimensional (3-D) immersive virtual worlds in K-12 and higher education settings: A review of the research. *British journal of educational technology*, 41(1), 33-55.
- Higgins S. & Moseley D. (2001). Teacher' thinking about Information and Communications and Learning: beliefs and outcomes. *Teacher Development*, 5(2), 191-210.
- Hu P. J., Clark T. H. K. & Ma W. W. (2003). Examining technology acceptance by school teachers: a longitudinal study. *Information & Management*, 41, 227-241.

- Huddle, P. A., M. D. White, and F. Rogers. (2000). "Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry." *Journal of Chemical Education* 77 (1): 104–110.
- Inagaki, K., & Hatano, G. (2002). Young children's naive thinking about the biological world. *New York: Psychology Press*.
- Inagaki K. & Hatano G. (2006). Young Children's Conception of the Biological World, *Current Directions in Psychological Science*, Association for Psychological Science, 15 (4), 177-181.
- Goldin-Meadow, S., & Beilock, S. L. (2010). Action's influence on thought: The case of gesture. *Perspectives on Psychological Science*, 5(6), 664–674.
- Jimoyiannis A. & Komis V. (2004). Secondary education teachers' attitudes and beliefs towards applying ICT in their instruction. *Proceedings of the 4th Panhellenic Conference "ICT in Education"*, Vol. A, 165-176, Athens (in Greek).
- Jimoyiannis A. & Komis V. (2006a). Factors affecting teachers' views and perceptions of ICT in education. in P. Isaias, M. McPherson & F. Banister (eds.), *Proceedings of the IADIS International Conference e-Society 2006*, Vol. I, 136-143, Dublin, Ireland.
- Jimoyiannis A. & Komis V. (2006b). Exploring secondary education teachers' attitudes and beliefs towards ICT in education. *THEMES in Education*, 7(2), 181-204.
- Jimoyiannis A. & Siorenta A. (2007). Factors determining science teachers' attitudes towards ICT in their instruction. in G. Tsaparlis (ed.), *Proceedings of the 5th Panhellenic Conference "Science Education and New Technologies in Education"*, 939-949, Ioannina (in Greek).
- Jimoyiannis A. & Komis V. (2007). Examining teachers' beliefs about ICT in education: Implications of a teacher preparation programme, *Teacher Development*, 11(2), 149-173
- Johnson, D., Johnson, R., & Holubec, E. (1988). *Advanced Cooperative Learning*. Edin, MN: Interaction Book Company.
- Kampourakis, K., & Zogza, V. (2008). Students' intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. *Science & Education*, 17(1), 27-47. 6
- Keil, F.C., Levin, D.T., Richman, B.A., & Gutheil, G. (1999). Mechanism and explanation in the development of biological thought: The case of disease. In D. Medin & S. Atran (Eds.), *Folkbiology*, (pp. 233–284). Cambridge: MIT Press.

- Kerimbayev, N. (2016). Virtual learning: Possibilities and realization. *Education and Information Technologies*, 21(6), 1521-1533.
- Kumar, P. & Kumar, A. (2003). Effect of a Web-base project on preservice and inservice teacher' attitude toward computers and their technology skills. *Journal of Computing in Teacher Education*, 19(3), 87-92.
- Lee, K. (1997). Impediments to good computing practice: some gender issues. *Computers & Education*, 28(4), 251-259.
- Levine, T. & Donitsa-Schmidt, S. (1998). Computer use, confidence, attitudes, and knowledge: a causal analysis. *Computers in Human Behavior*, 14, 125-146.
- Lewis, J. & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22, 177-195.
- Lewis, J., Leach, J. & Wood-Robinson, C. (2000a). What's in a cell? -Young people's' understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education*, 34, 129-132.
- Lewis, J., Leach, J. & Wood-Robinson, C. (2000b). Chromosomes: the missing link in people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilization. *Journal of Biological Education*, 34, 189-199.
- Lewis, J. (2004). Traits, genes, particles and information: Re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26(2), 195–206.
- Lewis, J. (2008). Science education and biology education: to what extent are theoretical constructs in science education generalizable across disciplines? In the Hammann, M., Waarlo, A.-J., Boersma, K. (Eds) *The Nature of Research in Biological Education: Old and New Perspectives on Theoretical and Methodological Issues*, A selection of papers presented at the VIIth Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB), pp. 447-462.
- Linn, M., Hee-Sun, L., Tinker, R., Husic, R. and Chui, J. (2006) Teaching and assessing knowledge integration in science. *Science* 25, 1049–1050.
- Loveless, A. M. (2003). The interaction between primary teachers' perceptions of ICT and their pedagogy. *Education and Information Technologies*, 8(4), 313-326.
- Luan, W. S., Fung, N. S., Nawawi, M. & Hong, T. S. (2005). Experienced and inexperienced Internet users among pre-service teachers: Their use and attitudes toward the Internet. *Educational Technology and Society*, 8(1), 90-103.

- Ma W. W., Anderson R. & Streith K. O. (2005). Examining user acceptance of computer technology: an empirical study of student teachers. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21, 387-395.
- Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education*, 35(4), 183–189.
- Marbach-Ad, G., and R. Stavy. (2000). “Students’ Cellular and Molecular Explanations of Genetic Phenomena.” *Journal of Biological Education* 34 (4): 200–205.
- Mayr, Ernst (1988). *Toward a New Philosophy of Biology*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts and London (England).
- Mayr, E. (2004). *What makes Biology unique? Considerations on the Autonomy of a Scientific Discipline*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- McCombs, B.L.&Vakili, D. (2005). A Learner-centered framework for e-learning. *Teachers College Record*, 107(8), 1582-1600. Available at:
https://www.researchgate.net/publication/238065714_A_Learner_Centered_Framework_for_E-Learning
- Mendes, M. A. A. 2010. “Production and Use of Animations and Videos on Cell Biology Teaching for the First Year of High School.” Master’s thesis, University of Brasília, UnB. Brasília, DF.
- Mumtaz S. (2000). Factors affecting teachers’ use of Information and Communications Technology: a review of the literature. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 9(3), 319-341.
- Munby H., Cunningham M., & Lock C. (2000). School science culture: a case study of barriers to developing professional knowledge. *Science Teacher Education*, 84, 193-211.
- National Research Council (US) Committee on a New Biology for the 21st Century: Ensuring the United States Leads the Coming Biology Revolution. (2009). *A new biology for the 21st century: ensuring the United States leads the coming biology revolution*.
- Oliveira, E. M., H. L. Stollar, and K. C. M Moraes. (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 Paraiba.
- Padalkar, S., & Ramadas, J. (2011). Designed and spontaneous gestures in elementary astronomy education. *International Journal of Science Education*, 33(12), 1703–1739.
- Pajares, M. F. (1992). Teacher beliefs and educational research: cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62, 307-332.

- Pelgrum, W. J. (2001). Obstacles to the integration of ICT in education: results from a worldwide educational assessment. *Computers & Education*, 37, 163-178.
- Prensky, M. (2001a). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1-6.
- Ropp, M. M. (1999). Exploring individual characteristics associated with learning to use computers in preservice teacher preparation. *Journal of Research on Computing in Education*, 31(4), 402-423.
- Rosen, L. & Weil, M. M. (1995). Computer availability, computer experience, and technophobia among public school teachers. *Computers in Human Behavior*, 11, 9-31.
- Sanger, M. J. (2000). "Using Particulate Drawings to Determine and Improve Students' Conceptions of Pure Substances and Mixtures." *Journal of Chemical Education* 77 (6): 762-766.
- Shapka, J. D. & Ferrari M. (2003). Computer-related attitudes and actions of teacher candidates. *Computers in Human Behavior*, 19, 319-334.
- Siorenta A. (2005). *Physics teachers' perceptions toward relations between physics curriculum, instruction and ICT*. Unpublished master thesis, University of Ioannina (in Greek).
- Srivastava Anveshna and Ramadas Jayashree. Chapter 17. Analogy and Gesture for Mental Visualization of DNA Structure. (2013)*
- 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.
- Stieff, M., Bateman, R. C., & Uttal, D. H. (2005). Teaching and learning with three-dimensional representations. In *Visualization in science education* (pp. 93-120). Springer, Dordrecht.
- Stith, B. J. (2004) Use of animation in teaching cell biology. *Cell Biol. Educ.* 3, 181–188.
- Sugar, W., Crawley F. & Fine, B. (2004). Examining teachers' decisions to adopt new technology. *Educational Technology and Society*, 7(4), 201-213.
- Tsui, C.-Y., & Treagust, D. F. (2003). Genetics reasoning with multiple external representations. *Research in Science Education*, 33, 111–135.
- Van Driel J. H., Beijaard D, & Verloop N. (2001). Professional development and reform in science education: the role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137-158.
- Vavra, K. L., Janjic-Watrich, V., Loerke, K., Phillips, L. M., Norris, S. P., & Macnab, J. (2011). Visualization in science education. *Alberta Science Education Journal*, 41 (1), 22-30.

- Veen, W. (1993). The role of beliefs in the use of information technology: implications for teacher education, or teaching the right thing at the right time. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 2(2), 139-153.
- Verhoeff, R. P., Arend Jan Waarlo, A.-J. & Kerst Th. Boersma, K.Th. (2008). Systems Modelling and the Development of Coherent Understanding of Cell Biology, *International Journal of Science Education*, 30(4), pages 543-568.
- Vijapurkar, J., Kawalkar, A., & Nambiar, P. (2014). What do cells really look like? An inquiry into students' difficulties in visualising a 3-D biological cell and lessons for pedagogy. *Research in Science Education*, 44(2), 307-333.
- Watson, J. D., & Crick, F. H. C. (1953). Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid. *Nature*, 171 (4361), 964–967.
- Webb, M. & Cox, M. (2004). A review of pedagogy related to Information and Communications Technology. *Technology, Pedagogy and Education*, 13(3), 235-286.
- Wellman, H., & Gelman, S. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Review of Psychology*, 43, 337-375.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science education*, 92(5), 941-967.
- Williams D., Coles L., Wilson K., Richardson A. & Tuson J. (2000). Teachers and ICT: current use and future needs. *British Journal of Educational Technology*, 31(4), 307-320.
- Wu, H., J. S. Krajcik, and E. Soloway. (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.
- Yaghi, H. M. & Abu-Saba, M. B. (1998). Teachers' computer anxiety: an international perspective. *Computers in Human Behavior*, 14(2), 321-336.
- Yildirim, S. (2000). Effects of an educational computing course on preservice and inservice teacher: a discussion and analysis of attitudes and use. *Journal of Research on Computing in Education*, 32(4), 479-496.
- Xie L, Daizen EJ, Bourne PE. Harnessing big data for systems pharmacology *Annu Rev Pharmacol Toxicol.* (2017). 57:245±262. doi: 10.1146/annurev-pharmtox-010716-104659 PMID: 27814027
- Zhao, Y. & Cziko, G. A. (2001). Teacher adoption of technology: a perceptual control theory perspective. *Journal of Technology and Teacher Education*, 9(1), 5-30.

Zhao, R., Kaakati, R., Liu, X., Xu, L., Lee, A. K., Bachelder, R., ... & Hollenbeck, S. T. (2019). CRISPR/Cas9-mediated BRCA1 knockdown adipose stem cells promote breast cancer progression. *Plastic and reconstructive surgery*, 143(3), 747-756.

Zogza, V. (2016). Biology didactics": A distinct domain of educational research. In *The Future of Biology Education Research: Proceedings of the 10th Conference of European Researchers in Didactics of Biology* (pp. 181-187). Haifa, Israel: Technion.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Αναλυτικοί πίνακες με τη διδακτέα ύλη

Βιβλίο Α' Γυμνασίου: Ε. Μαυρικάκη, Μ. Γκούβρα, Α. Καμπούρη				
α/α	Κείμενο σχολικού βιβλίου	Άμεση/ Έμμεση αναφορά	Σχέση δομής/ λειτουργίας	Προσδοκώμενο όφελος από τη 3D απεικόνιση
1.	Τα φυτά φωτοσυνθέτουν ... χωρίς τροφή για μεγάλο χρονικό διάστημα. (1.1)	άμεση	Οι παραγωγοί χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα και νερό και συνθέτουν γλυκόζη και απελευθερώνουν οξυγόνο, με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της φωτοσύνθεσης γίνεται πιο αντιπροσωπευτική η εικόνα κατά την οποία τα πράσινα φυτά και άλλοι φυτικοί οργανισμοί μετατρέπουν τη φωτεινή ενέργεια σε χημική. Η φωτοσύνθεση είναι μια ιδιαίτερα πολύπλοκη βιολογική διεργασία και η τρισδιάστατη απεικόνιση ενδέχεται να βοηθήσει στην εμπέδωσή της. Επιπλέον, ενδέχεται να είναι ευκολότερη η κατανόηση της αλληλεπίδρασης των φυτών με την ατμόσφαιρα, καθώς αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του κύκλου του νερού και του άνθρακα.
2.	Οι παραγωγοί ή αυτότροφοι οργανισμοί ... πιο πολύπλοκες (φωτοσύνθεση). (2.1)	άμεση		
3.	Στα φύλλα, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, παράγονται ουσίες όπως η γλυκόζη. (3.2)	άμεση		
4.	Οι οργανισμοί αναπνέουν ... Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για την αναπνοή των φυτών και των ζώων. (1.1)	άμεση	Τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης χρησιμοποιούνται από όλους τους οργανισμούς κατά την κυτταρική αναπνοή, προκειμένου να απελευθερωθεί ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών τους.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της κυτταρικής αναπνοής οι μαθητές θα παρατηρήσουν τη διαδικασία αυτή ρεαλιστικά και ενδέχεται να αντιληφθούν ότι το οξυγόνο που προσλαμβάνουμε με την αναπνοή είναι απαραίτητο για την επιβίωση των οργανισμών, αφού βοηθάει στην απελευθέρωση της ενέργειας που αυτοί χρειάζονται.
5.	Πόσο μικρός φαντάζεστε ... αποθηκεύουν νερό και άλλες ουσίες. (1.2)	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Οι μονοκύτταροι οργανισμοί μπορούν να επιτελούν λειτουργίες όπως τροφή, αναπνοή, αναπαραγωγή. ▪ Τα κύτταρα των πολυκύτταρων οργανισμών συνεργάζονται παρόλο που διαφέρουν στη δομή και στη λειτουργία τους. Κάθε κυτταρικός τύπος έχει εξειδικευμένη λειτουργία και 	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να αντιληφθούν τις δομικές και λειτουργικές διαφορές των κυττάρων μεταξύ των μονοκύτταρων και πολυκύτταρων οργανισμών. Επίσης, ενδέχεται να κατανοήσουν ότι υπάρχουν κύτταρα που ανήκουν σε διαφορετικούς κυτταρικούς
6.	Σε έναν πολυκύτταρο οργανισμό ... επιτελεί όλες τις απαραίτητες για την επιβίωσή του λειτουργίες. (1.3)	άμεση		
7.	Όπως ήδη γνωρίσαμε, οι θρεπτικές ουσίες που απορροφώνται ... επιτρέπουν την ανταλλαγή ουσιών μεταξύ αίματος και	άμεση		

	κυττάρων. (3.4)		<p>πρέπει να υπάρχει πλήρης συντονισμός των λειτουργιών όλων των κυττάρων.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού που έχουν ίδια μορφή και λειτουργία συνδέονται και σχηματίζουν έναν ιστό. Οι ιστοί συνεργάζονται και δημιουργούν τα όργανα. Τα όργανα συνεργάζονται μεταξύ τους ώστε να ολοκληρωθούν λειτουργίες του οργανισμού. 	<p>τύπους και έχουν διαφορετικό σχήμα, μέγεθος και λειτουργία. Παρόλα αυτά λειτουργούν σε συνεργασία. Επίσης, ενδέχεται να εστιάσουν στις διαφορές των ζωικών και φυτικών κυττάρων (όπως την ύπαρξη κυτταρικού τοιχώματος, χλωροπλάστων και χυμοτοπίων). Με την τρισδιάστατη απεικόνιση αρτηριών, φλεβών και τριχοειδών οι μαθητές ενδέχεται να μπορούν:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Να περιγράψουν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του κυκλοφορικού συστήματος και των οργάνων του. ✓ Να αναγνωρίζουν τα συστατικά του αίματος και τον ιδιαίτερο ρόλο του καθενός. <p>Ενδέχεται να κατανοήσουν ευκολότερα το κυκλοφορικό σύστημα και την άμεση σύνδεσή του με την ζωτικότητα των οργάνων, όπως και τις διαφορές των επιμέρους αγγείων του. Επίσης, με την απεικόνιση των κυττάρων αίματος – ερυθρά αιμοσφαίρια, λευκά αιμοσφαίρια, αιμοπετάλια, ενδέχεται να γίνουν κατανοητές οι διαφορές στη δομή και τη λειτουργία τους.</p>
8.	<p>Η Γη φιλοξενεί εκατομμύρια διαφορετικά είδη ... να αποφύγουν τους εχθρούς τους, να αναπαραχθούν κτλ. (1.4)</p>	<p>άμεση</p>	<p>Η μορφολογία των κυττάρων και κατ' επέκταση των οργανισμών είναι συνυφασμένη με το περιβάλλον στο οποίο ζουν και αναπτύσσονται οι οργανισμοί. Οι οργανισμοί έχουν αναπτύξει προσαρμοστικούς μηχανισμούς ώστε να μπορούν να επιβιώνουν στο περιβάλλον τους π.χ. τα φύλλα του πεύκου που είναι λεπτά και σκληρά, τα φύλλα ενός πλάτανου που είναι μεγάλα και απαλά, η καμπούρα μίας καμήλας που αποθηκεύει λίπος, τα σπέρματα ορισμένων φυτών που μεταφέρονται εύκολα με τον άνεμο.</p>	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να εστιάσουν στις μορφολογικές διαφορές μεταξύ των οργανισμών, στους προσαρμοστικούς μηχανισμούς επιβίωσης που έχουν αναπτύξει για να επιβιώσουν και στην εξελικτική συγγένεια των ειδών (ομοιότητες σε κάποια χαρακτηριστικά).</p>

9.	Από τη στιγμή που η τροφή προσλαμβάνεται ... με τη βοήθεια ειδικών ουσιών, των ενζύμων. (2.1)	άμεση	Η τροφή που προσλαμβάνουν οι ετερότροφοι οργανισμοί διασπάται με την πέψη σε απλούστερες ενώσεις, οι οποίες είτε συμμετέχουν για τη σύνθεση άλλων ουσιών, είτε αποβάλλονται.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να καταλάβουν ρεαλιστικότερα τη διαδικασία της πέψης και τη δημιουργία απλούστερων χημικών ενώσεων (λόγω διάσπασης της τροφής) που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη των οργανισμών. Η πρόσληψη και η πέψη της τροφής καθώς και η απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών πραγματοποιούνται στο πεπτικό σύστημα, το οποίο αποτελείται από το γαστρεντερικό σωλήνα και τους αδένες του. Μια τρισδιάστατη εικόνα/δραστηριότητα του πεπτικού συστήματος ενδέχεται να βοηθήσει στην κατανόηση της πορείας της τροφής.
10.	Όλοι οι οργανισμοί προσλαμβάνουν χρήσιμες ουσίες από το περιβάλλον τους ... δηλαδή δεν απαιτείται ενέργεια. (3)	άμεση	Η μεταφορά ουσιών από και προς το εσωτερικό περιβάλλον του κυττάρου γίνεται κυρίως με διάχυση, κατά την οποία γίνεται μετακίνηση μορίων από τα πυκνότερα διαλύματα στα αραιότερα, ώστε να εξισορροπηθούν οι συγκεντρώσεις τους.	Με την αξιοποίηση κινούμενων γραφικών, παρουσιάζεται ευκολότερα το φαινόμενο της διάχυσης και ερμηνεύεται η διαρκής μετακίνηση μορίων οξυγόνου προς το εσωτερικό του κυττάρου και μορίων διοξειδίου του άνθρακα προς το εξωτερικό του. Επίσης, με την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν τη διαδικασία της διάχυσης και την ανταλλαγή χημικών ουσιών από και προς το κύτταρο.
11.	Η πυκνή διάταξη των κυττάρων της επιδερμίδας του φύλλου ... η διαδικασία ονομάζεται διαπνοή. (3.2)	άμεση	Φθάνοντας το νερό στα φύλλα, από το εσωτερικό του φυτού, απομακρύνεται με τη διαπνοή από τα στόματά τους, μέσω των οποίων γίνεται επίσης η ανταλλαγή των αερίων μεταξύ των φυτών και της ατμόσφαιρας (είσοδος διοξειδίου του άνθρακα και αποβολή οξυγόνου κατά τη φωτοσύνθεση, αντίστροφα κατά την αναπνοή).	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να αντιληφθούν την σπουδαιότητα της διαπνοής στην είσοδο των θρεπτικών συστατικών από το έδαφος στους οργανισμούς. Επίσης ενδέχεται να γίνει σαφής ο σπουδαίος ρόλος που έχουν τα στόματα στην επιδερμίδα των φύλλων, στην ανταλλαγή αερίων με την ατμόσφαιρα που επιτελείται μέσω της διαπνοής, από τα στόματα.
12.	Το αίμα από όλα τα σημεία	άμεση	▪ Η ανταλλαγή του οξυγόνου και	Με την τρισδιάστατη

	του σώματος καταλήγει ... Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται αδιάκοπα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής μας. (3.4)		του διοξειδίου του άνθρακα γίνεται στους πνεύμονες με τη βοήθεια της μικρής και της μεγάλης κυκλοφορίας του αίματος.	απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να παρακολουθήσουν την πορεία που ακολουθεί το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα στο ανθρώπινο σώμα με τη συμμετοχή του αίματος. Επίσης με τη συστημική αναπαράσταση ενδέχεται να μπορέσουν να συνδέσουν το σπουδαίο ρόλο που παίζουν η καρδιά και οι πνεύμονες στο κυκλοφορικό σύστημα.
13.	Για τον λόγο αυτό η είσοδος οξυγόνου στα κύτταρα ... Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται κατά την κυτταρική αναπνοή ακολουθεί την αντίστροφη πορεία. (4.4)	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> Η είσοδος και η έξοδος του αέρα από τους πνεύμονες γίνεται με τη βοήθεια του διαφράγματος και των μεσοπλευρίων μυών. 	
14.	<ul style="list-style-type: none"> Υπάρχουν ωστόσο και ζωικοί οργανισμοί, ... αλλά δεν μπορούν να μετακινηθούν. (5) Η ύδρα βρίσκεται προσκολλημένη ... (υδροστατικός σκελετός). (5.3) 	άμεση	Η ύδρα είναι ένας οργανισμός που μπορεί να κινήσει τις κεραίες της, όμως δεν μπορεί να μετακινηθεί.	Με την απεικόνιση ύδρας να κινείται οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη διαδικασία της κίνησης και τον τρόπο ανάπτυξης της ύδρας (κίνηση, εύρεση τροφής), αφού η κίνηση δεν μπορεί να αποτυπωθεί δισδιάστατα.
15.	Η φωτοσύνθεση ... κύριο συστατικό του ξύλου. (5.2)	άμεση	Οι κυτταρικοί τύποι ενός πολυκύτταρου οργανισμού έχουν διαφορετική δομή και ως εκ τούτου επιτελούν διαφορετική λειτουργία.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να συγκρίνουν τους διαφορετικούς φυτικούς και ζωικούς κυτταρικούς τύπους. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των μηχανισμών στήριξης διαφόρων οργανισμών οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν την ύπαρξη διαφορετικών τρόπων κίνησης. Οι τρόποι διαφέρουν μεταξύ των ζώων ενώ ενδέχεται να γίνει αντιληπτό επίσης ότι τα φυτά έχουν μηχανισμό στήριξης που διαφέρει μακράν από των ζώων.
16.	Θα μπορούσαμε να κινηθούμε ... τα φίδια, μετακινούνται έρποντας. (5.3)	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> Στα φυτά, τα κύτταρα της ρίζας συγκρατούν το φυτό στο έδαφος, τα κύτταρα των φύλλων πραγματοποιούν φωτοσύνθεση, ενώ τα κύτταρα του ξυλώματος εξυπηρετούν στη στήριξη του φυτού. Στα ζώα, υπάρχουν κύτταρα του ενδοσκελετού, ή του εξωσκελετού, που βοηθούν στην κίνηση και διαμορφώνουν το σώμα τους. Σε πολλούς οργανισμούς, όπως και στον άνθρωπο η κίνηση επιτυγχάνεται με τη συνεργασία μυών και σκελετού. 	
17.	Η κίνηση στον άνθρωπο γίνεται ... διαφορετική δομή από αυτή των λείων μυών. (5.4)	άμεση	Εξαιτίας του σχήματος της σπονδυλικής στήλης που διαθέτουν οι οργανισμοί, έχουν την ικανότητα να πετούν, να κολυμπούν, να σέρνονται ή να βαδίζουν.	Με τη συστημική αναπαράσταση της κίνησης του ανθρώπου θα τονιστεί η συνεργασία σκελετού και μυών. Ενδεχομένως, θα γίνει πιο εύκολα κατανοητό ότι είναι απαραίτητη η συνεργασία όλων των οστών και των μυϊκών ομάδων για να επιτευχθεί η κίνηση, η στήριξη, η ισορροπία και η όρθια στάση στον άνθρωπο (αντιληπτές διαφορές στα θηλαστικά, στα πτηνά, στα ερπετά και τα θηλαστικά).
18.	Ορισμένοι μονοκύτταροι οργανισμοί, ... βλεφαρίδες.	άμεση	Ορισμένοι μονοκύτταροι μικροοργανισμοί διαθέτουν	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές

(5.1)		μηχανισμούς που τους επιτρέπουν να κινηθούν.	παρατηρήσουν τον τρόπο κίνησης και οργάνωσης των μικροοργανισμών και θα κατανοήσουν τους τρόπους που κινούνται και πως αυτό βοηθάει στην πρόσληψη της τροφής τους.
-------	--	----------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Βιβλίο Β' / Γ' Γυμνασίου: Ε. Μαυρικάκη, Μ. Γκούβρα, Α. Καμπούρη				
α/α	Κείμενο σχολικού βιβλίου	Άμεση/ Έμμεση αναφορά	Σχέση δομής/ λειτουργίας	Προσδοκώμενο όφελος από τη 3D απεικόνιση
1.	Με τη βοήθεια του οπτικού και του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου ... να επιβιώσει ολόκληρος ο οργανισμός. (1.2)	άμεση	Τα κύτταρα των μονοκύτταρων και των κυτταρικών τύπων των πολυκύτταρων οργανισμών διαφέρουν στη μορφή και στη λειτουργία τους. Ωστόσο υπάρχουν και πολλές ομοιότητες που αφορούν τη δομή τους, όπως είναι η πλασματική μεμβράνη, το κυτταρόπλασμα, τα ριβοσώματα. Τα ευκαρυωτικά κύτταρα επιπλέον, διαθέτουν οργανίδια όπως, ο πυρήνας, το ενδοπλασματικό δίκτυο, το σύμπλεγμα Golgi, τα λυσοσώματα, τα κενοτόπια, τα χυμοτόπια, τα μιτοχόνδρια, το κυτταρικό τοίχωμα και οι χλωροπλάστες, καθένα από τα οποία παίζει διαφορετικό ρόλο στην ύπαρξη και διατήρηση του κυττάρου.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να συγκρίνουν τις κυτταρικές δομές μονοκύτταρων και πολυκύτταρων μικροοργανισμών(βακτήρια, πρωτόζωα, μύκητες) και ιών (ακυτταρικές μορφές). Ενδέχεται να παρατηρήσουν επίσης με μεγαλύτερη ευκολία τη διαφορά στο σχήμα, το μέγεθος, τον τρόπο κίνησης και οργάνωσης των κυττάρων των μικροοργανισμών. Επιπλέον, με την απεικόνιση κυττάρων πολυκύτταρων οργανισμών που ανήκουν σε διαφορετικούς ή ίδιους κυτταρικούς τύπους ενδέχεται να κατανοήσουν ότι το σχήμα, μέγεθος και η λειτουργία τους εξαρτάται από τον ιστό που ανήκουν. Ακόμη, ότι η συνεργασία και η επικοινωνία μεταξύ των κυττάρων είναι σημαντική για την επιβίωση ενός πολυκύτταρου οργανισμού. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση δομών ζωικών και φυτικών κυττάρων οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τις διαφορές τους και θα εντοπίσουν χαρακτηριστικά που συναντώνται αποκλειστικά σε έναν από τους δύο τύπους κυττάρων, όπως το κυτταρικό
2.	Βακτήρια ... που προκαλεί την ελονοσία. (4.2)	άμεση		

				τοίχωμα και οι χλωροπλάστες στα φυτικά κύτταρα.
3.	Μιτοχόνδρια ... όλων των οργανισμών της Γης. (1.2)	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης, όπου οι παραγωγοί χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα και νερό για να συνθέσουν γλυκόζη και να απελευθερώσουν οξυγόνο, με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας, πραγματοποιείται στους χλωροπλάστες των φυτικών κυττάρων. ▪ Στα μιτοχόνδρια των ευκαρυωτικών οργανισμών πραγματοποιείται η κυτταρική αναπνοή, κατά την οποία απελευθερώνεται ενέργεια από τη διάσπαση χημικών ενώσεων, ώστε να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του κυττάρου. 	Με 3d παρουσίαση της λειτουργίας της φωτοσύνθεσης και της κυτταρικής αναπνοής, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν πιο εύκολα τη λειτουργία των μιτοχονδρίων και των χλωροπλάστων. Με την απεικόνιση της μεταφοράς ηλεκτρονίων (καθώς και πρωτονίων στα μιτοχόνδρια) από τις μεμβράνες των οργανιδίων αυτών και την περιήγηση στο εσωτερικό των μιτοχονδρίων και των χλωροπλάστων, ενδέχεται να αντιληφθούν ότι η λειτουργία των οργανιδίων αυτών οφείλεται στη δομή τους.
4.	Χαρακτηριστικό αποτέλεσμα δράσης ομοιοστατικού μηχανισμού ... της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. (4.1)	άμεση	Η θερμοκρασία του σώματός μας παραμένει σταθερή στους 36,6°C, παρά τις εξωτερικές μεταβολές του περιβάλλοντος, εξαιτίας ενός ομοιοστατικού μηχανισμού. Αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος γίνει μεγαλύτερη από τους 36,6°C, οι θερμοϋποδοχείς του δέρματός μας στέλνουν μηνύματα στο κέντρο των γενικών αισθήσεων του εγκεφάλου, για να ειδοποιήσουν για την αύξηση της θερμοκρασίας. Στη συνέχεια το ειδικό κέντρο ρύθμισης της θερμοκρασίας του εγκεφάλου, στέλνει μηνύματα στους ιδρωτοποιούς αδένες για να εκκρίνουν ιδρώτα και στα αγγεία της επιφάνειας του δέρματος για να διασταλούν. Τα αγγεία έτσι φέρουν μεγάλες ποσότητες αίματος προς την επιφάνεια του δέρματος, η οποία όμως έχει ψυχθεί λόγω της εξάτμισης του ιδρώτα και γι' αυτό το αίμα που φθάνει στα αιμοφόρα αγγεία του δέρματος ψύχεται και αποτρέπει την αύξηση της θερμοκρασίας του. Αντίθετα, αν η εξωτερική θερμοκρασία γίνει μικρότερη από τους 36,6°C, οι	Με τη συστημική αναπαράσταση του μηχανισμού διατήρησης θερμοκρασίας του σώματος ενδέχεται να γίνει εύκολα κατανοητός ο μηχανισμός της ομοιόστασης που μας βοηθά να διατηρούμε σταθερή την θερμοκρασία στο εσωτερικό μας (ομοιόθερμοι οργανισμοί). Επιπλέον ενδέχεται να γίνει πιο εύκολα κατανοητός ο τρόπος που το νευρικό σύστημα βοηθά στην ομοιόσταση του ανθρώπινου οργανισμού (εγκέφαλος, νευρικά κύτταρα).

			<p>θερμούποδοχείς του δέρματός μας στέλνουν μηνύματα στο κέντρο των γενικών αισθήσεων του εγκεφάλου. Στη συνέχεια το ειδικό κέντρο ρύθμισης της θερμοκρασίας του εγκεφάλου, στέλνει μηνύματα στα αγγεία της επιφάνειας του δέρματος για να συσταλούν και να μην έχουμε μεγάλη απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον, στους σκελετικούς μύες ώστε να συσταλούν και να παραχθεί θερμότητα, και στους ορθωτήρες μύες των τριχών ώστε να ανυψωθούν και να παγιδεύσουν ένα θερμομονωτικό στρώμα αέρα.</p>	
5.	<ul style="list-style-type: none"> • Το αίμα αποτελείται από πλάσμα, ερυθροκύτταρα, λευκοκύτταρα και αιμοπετάλια. (4) • Στους γενικούς εσωτερικούς αμυντικούς μηχανισμούς ... στην εξουδετέρωση του αντιγόνου. (4.3) 	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η φλεγμονή εκδηλώνεται με ένα σύνολο συμπτωμάτων στα οποία περιλαμβάνονται το κοκκίνισμα στην περιοχή του τραύματος, το οίδημα, ο πόνος και η τοπική αύξηση της θερμοκρασίας. ▪ Τα φαγοκύτταρα ενεργοποιούνται εγκλωβίζουν παθογόνους μικροοργανισμούς στο και τους καταστρέφουν. ▪ Τα αντισώματα είναι πρωτεΐνες που παράγονται από λευκοκύτταρα και έχουν δομή τέτοια ώστε να ταιριάζουν αποκλειστικά με το αντιγόνο που ευθύνεται για την παραγωγή τους, όπως το κλειδί με την κλειδαριά, οδηγώντας τελικά στην εξουδετέρωση του αντιγόνου. 	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των κυττάρων του αίματος (ερυθροκυττάρων, λευκοκυττάρων, αιμοπεταλίων), των διαδικασιών της φλεγμονής, και της φαγοκυττάρωσης ενδέχεται να γίνουν εύκολα κατανοητές οι διαδικασίες και οι μηχανισμοί άμυνας στους μαθητές.</p> <p>Επίσης, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν πιο εύκολα τις έννοιες αντιγόνο και αντίσωμα αφού θα μπορούν να παρατηρήσουν τη συμπληρωματικότητά τους, και πως η σύνδεσή τους βοηθά στην εξόντωση των παθογόνων μικροοργανισμών που ενεργοποίησαν την άμυνά μας.</p>
6.	<p>Με τον εμβολιασμό ... κύτταρα «μνήμης» για τον συγκεκριμένο μικροοργανισμό. (4.3)</p>	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Τα εμβόλια είναι παρασκευάσματα που περιέχουν νεκρούς ή εξασθενημένους μικροοργανισμούς ή τμήματά τους και ενεργοποιούν τον ανοσοβιολογικό μηχανισμό, για να παραγάγει αντισώματα και κύτταρα μνήμης. 	<p>Επιπρόσθετα, ενδέχεται να κατανοήσουν πιο εύκολα και τους τρόπους δράσης των εμβολίων, πως τα αντιγόνα που περιέχουν μας βοηθούν να δημιουργήσουμε «μνήμη» στον οργανισμό μας και να προστατευόμαστε σε επόμενες πιθανές μολύνσεις.</p>
7.	<ul style="list-style-type: none"> • Με τη βροχή, το χιόνι ή το χαλάζι ... και τα οδηγεί στη θάλασσα. (1.1) 	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Το νερό, χάρη στην κινητικότητά του, κυκλοφορεί συνεχώς στον υδρολογικό κύκλο και έτσι 	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τον κύκλο του νερού,</p>

			<p>γίνεται διαθέσιμο στα οικοσυστήματα και στους οργανισμούς. Ο κύκλος του νερού στηρίζεται κυρίως στην εξάτμιση, στη διαπνοή των φυτών και στις κατακρημνίσεις.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Φθάνοντας το νερό στα φύλλα, από το εσωτερικό του φυτού, απομακρύνεται με τη διαπνοή από τα στόματά τους, μέσω των οποίων γίνεται επίσης η ανταλλαγή των αερίων μεταξύ των φυτών και της ατμόσφαιρας (είσοδος διοξειδίου του άνθρακα και αποβολή οξυγόνου κατά τη φωτοσύνθεση, αντίστροφα κατά την αναπνοή). ▪ Το νερό είναι απαραίτητο και για τη μεταφορά ουσιών σε όλους τους οργανισμούς. Οι περισσότερες από τις χημικές ουσίες που υπάρχουν στο εσωτερικό του κυττάρου είναι ευδιάλυτες στο νερό. Αυτό τους επιτρέπει να μετακινούνται από ένα σημείο σε άλλο. Η μετακίνησή τους διευκολύνει την επαφή διαφορετικών ουσιών και αυτό επιτρέπει την πραγματοποίηση των αντιδράσεων που απαιτούν οι διάφορες δραστηριότητες του κυττάρου. 	<p>τις διαδικασίες της διαπνοής μέσω της οποίας γίνεται η μεταφορά ουσιών, της εξάτμισης και τον τρόπο με τον οποίο η βροχή, το χιόνι συμβάλλουν στην μεταφορά του νερού από την ατμόσφαιρα στο έδαφος. Επίσης, ενδέχεται να κατανοήσουν πιο εύκολα το ρόλο του νερού ως σημαντικού διαλύτη στο εσωτερικό των κυττάρων και κατ' επέκταση των οργανισμών. Ο σπουδαίος ρόλος του νερού για τη μεταφορά ουσιών από και προς τα κύτταρα με την τρισδιάστατη απεικόνιση ενδέχεται να γίνει πιο αντιληπτός.</p>
8.	Οι οργανισμοί δομούνται κυρίως ... και σχηματίζουν πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες. (1.1)	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Οι υδατάνθρακες μπορεί να είναι απλοί, όπως η γλυκόζη (μονοσακχαρίτης), ή σύνθετοι, όπως το άμυλο, η κυτταρίνη κ.ά. (πολυσακχαρίτης). Κατά τη διάσπασή τους απελευθερώνεται μεγάλο ποσό ενέργειας και γι' αυτό αποτελούν πηγή ενέργειας για τους οργανισμούς. ▪ Οι πρωτεΐνες αποτελούν δομικά ή λειτουργικά συστατικά των κυττάρων και δομούνται από 20 διαφορετικά αμινοξέα, τα οποία ενώνονται με πεπτιδικούς δεσμούς. 	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των βιομορίων, που παίζουν σπουδαίο ρόλο στην ύπαρξη της ζωής, οι μαθητές ενδέχεται να διαχωρίσουν το ρόλο του καθενός βιομορίου αλλά και να αντιληφθούν τη συνεργασία που υπάρχει μεταξύ τους για την δημιουργία κυττάρων, μεμβρανών, γενετικού υλικού.</p> <p>Συγκεκριμένα:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των μονοσακχαριτών και πολυσακχαριτών και της διάσπασής τους οι μαθητές ενδέχεται να καταλάβουν
9.	Οι επιστημονικές μελέτες ... από τη σειρά των αμινοξέων που περιέχουν. (5.1)	άμεση		
10.	Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ... θα γνωρίσουμε παρακάτω. (5.2)	άμεση		

			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Τα λιπίδια μπορεί να είναι δομικά συστατικά των κυττάρων ή αποθήκες ενέργειας των οργανισμών, επειδή κατά τη διάσπασή τους απελευθερώνεται μεγάλο ποσό ενέργειας. ▪ Τα νουκλεϊκά οξέα περιέχουν τη γενετική πληροφορία και δομούνται από απλούστερες ενώσεις, τα νουκλεοτίδια, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με φωσφοδιεστερικό δεσμό και σχηματίζουν πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες, οι οποίες μπορεί να ενώνονται με δεσμούς υδρογόνου και να σχηματίζουν δίκλινα μόρια. 	<p>γιατί απελευθερώνονται τεράστια ποσά ενέργειας.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Με την απεικόνιση των 20 αμινοξέων ενδέχεται να γίνει εύκολα κατανοητός ο σχηματισμός των πολυπεπτιδικών αλυσίδων. - Με την απεικόνιση των δομικών και λειτουργικών πρωτεϊνών οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν την σπουδαιότητά τους, τη λειτουργικότητά τους και τις διαφορές τους. - Με την απεικόνιση των λιπιδίων και της διάσπασής τους οι μαθητές ενδέχεται να καταλάβουν γιατί απελευθερώνονται τεράστια ποσά ενέργειας και ποια είναι η δομή τους στο χώρο. - Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των νουκλεοτιδίων ενδέχεται να γίνει πιο εύκολα κατανοητός ο σχηματισμός των πολυνουκλεοτιδικών αλυσίδων, η δημιουργία του DNA & RNA και η στερεοδιάταξή τους στο χώρο. - Με την απεικόνιση των μορίων mRNA, tRNA, rRNA αλλά και ριβοσωμάτων, οι μαθητές ενδέχεται να εστιάσουν και να παρατηρήσουν τις διαφορές στις δομές τους, να καταλάβουν τον ρόλο αυτών των μορίων και να αντιληφθούν το μέγεθος των ριβοσωμάτων.
11.	Κύτταρο: η μονάδα της ζωής. (1.2)	άμεση	Τα κύτταρα των μονοκύτταρων και των κυτταρικών τύπων των πολυκύτταρων οργανισμών διαφέρουν στη μορφή και στη λειτουργία τους. Ωστόσο υπάρχουν και πολλές ομοιότητες που αφορούν τη δομή τους, όπως είναι η πλασματική μεμβράνη, το κυτταρόπλασμα, τα ριβοσώματα. Τα ευκαρυωτικά κύτταρα επιπλέον, διαθέτουν οργανίδια όπως, ο πυρήνας, το ενδοπλασματικό δίκτυο, το	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να συγκρίνουν τα κύτταρα-δομές των μονοκύτταρων οργανισμών (βακτήρια, πρωτόζωα, μύκητες) και ιών (όχι κύτταρο) και να κατανοήσουν τις διαφορές τους. Θα αντιληφθούν εύκολα το μέγεθος και το σχήμα τους. Με την απεικόνιση των δομών
12.	Όλοι οι οργανισμοί – ευκαρυωτικοί και προκαρυωτικοί, μονοκύτταροι και πολυκύτταροι, ζωικοί και φυτικοί – εμφανίζουν συγκεκριμένα δομικά χαρακτηριστικά και επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες. (5.1)	άμεση		

			<p>σύμπλεγμα Golgi, τα λυσοσώματα, τα κενοτόπια, τα χυμοτόπια, τα μιτοχόνδρια, το κυτταρικό τοίχωμα και οι χλωροπλάστες, καθένα από τα οποία παίζει διαφορετικό ρόλο στην ύπαρξη και διατήρηση του κυττάρου. Επίσης, ορισμένοι μονοκύτταροι οργανισμοί διαθέτουν μηχανισμούς που τους επιτρέπουν να κινηθούν.</p>	<p>τους ενδέχεται να κατανοήσουν εύκολα και τον τρόπο που κινούνται. Η απεικόνιση των κυττάρων πολυκύτταρων οργανισμών που έχουν διαφορετικό σχήμα, μέγεθος και μορφολογία ενδέχεται να βοηθήσει τα παιδιά να εντοπίσουν τις διαφορές αυτές. Να κατανοήσουν ότι το σχήμα τους, η σύνδεσή τους και η κίνησή τους ποικίλει ανάλογα με τις λειτουργίες που επιτελούν ομαδικά στον ιστό τους. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση δομών ζωικών και φυτικών κυττάρων οι μαθητές ενδέχεται να εντοπίσουν τις διαφορές στα οργανίδια που περιέχονται μόνο στο ένα είδος κυττάρων και πως αυτές οι διαφορές εξυπηρετούν άλλες λειτουργίες.</p>
13.	Μιτοχόνδρια ... όλων των οργανισμών της Γης. (1.2)	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης, όπου οι παραγωγοί χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα και νερό για να συνθέσουν γλυκόζη και να απελευθερώσουν οξυγόνο, με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας, πραγματοποιείται στους χλωροπλάστες των φυτικών κυττάρων. ▪ Στα μιτοχόνδρια των ευκαρυωτικών οργανισμών πραγματοποιείται η κυτταρική αναπνοή, κατά την οποία απελευθερώνεται ενέργεια από τη διάσπαση χημικών ενώσεων, ώστε να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του κυττάρου. 	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τις διαδικασίες της φωτοσύνθεσης (χλωροπλάστες) και της κυτταρικής αναπνοής (μιτοχόνδρια). Επιπλέον μια διαδραστική άσκηση αξιολόγησης θα μπορούσε να βοηθήσει τους μαθητές να επαναφέρουν στη μνήμη τους έννοιες και λειτουργίες που διδάχθηκαν και αφορούν στη φωτοσύνθεση ή/και στην κυτταρική αναπνοή, αλλά και να θυμηθούν τα βασικά οργανίδια των διαδικασιών– (χλωροπλάστες-μιτοχόνδρια).</p>
14.	Τι είναι όμως αυτό που καθορίζει ... ταξινομημένων σε ζεύγη, κατά ελαττούμενο μέγεθος. (5.1)	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Το DNA περιέχει τις πληροφορίες που καθορίζουν όλα τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού. Στα γονίδια, η σειρά των νουκλεοτιδίων του DNA καθορίζει την αλληλουχία της πολυπεπτιδικής αλυσίδας 	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των διαδικασιών της μεταγραφής και μετάφρασης – γονιδιακής έκφρασης, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν και να εστιάσουν καλύτερα στις διαφορές σε αυτές τις διαδικασίες.</p>
15.	Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η σειρά των αμινοξέων ... με τη βοήθεια ειδικών ενζύμων. (5.2)	άμεση		
16.	Οι διπλοειδείς οργανισμοί ... σε ομόζυγη κατάσταση. (5.3)	άμεση		
17.	Αξίζει τον κόπο να	άμεση		

	θυμηθούμε ότι ... τα σωματικά κύτταρα διαιρούνται με μίτωση. (5.4)		που θα παραχθεί, με τις διαδικασίες της μεταγραφής και της μετάφρασης.	Επιπλέον με την απεικόνιση των χρωμοσωμάτων στα διάφορα στάδια του κυτταρικού κύκλου, οι μαθητές ενδέχεται να παρατηρήσουν τις διαφορές στη δομή και το σχήμα των χρωμοσωμάτων, το ρόλο που έχουν και πως από την αλυσίδα του DNA προέκυψε μια τόσο συμπαγής δομή.
18.	Τα χαρακτηριστικά μας καθορίζονται από γονίδια ... που θα δημιουργείται ένα ζυγωτό. (5.5)	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> Κατά τη διάρκεια του κυτταρικού κύκλου, αλλάζει η μορφολογία του γενετικού υλικού, όμως η χημική του σύσταση παραμένει αμετάβλητη. Στο στάδιο της μετάφασης το κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από 2 αδελφές χρωματίδες ενωμένες στο κεντρομερίδιο. Στη μετάφαση τα χρωμοσώματα αποκτούν μέγιστο βαθμό συσπείρωσης, ώστε να μη σπάσει ή χαθεί γενετικό υλικό κατά το διαχωρισμό των αδελφών χρωματίδων. 	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της κατασκευής καρυοτύπου οι μαθητές ενδέχεται να αποτυπώσουν τις διαφορές μεταξύ των χρωμοσωμάτων όσον αφορά το μέγεθος/σχήμα τους, αλλά και να κατανοήσουν καλύτερα τις αριθμητικές χρωμοσωμικές ανωμαλίες.
19.	Ο Δαρβίνος παρατήρησε ότι εκτός από την ποικιλομορφία μεταξύ των διαφορετικών ειδών ... στο περιβάλλον όπου ζουν. (7.1)	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> Καρυότυπος είναι η απεικόνιση των μεταφασικών χρωμοσωμάτων σε ζεύγη, κατά ελαττούμενο μέγεθος. Ομόλογα είναι τα χρωμοσώματα που έχουν ίδιο σχήμα και μέγεθος, και στους ίδιους γονιδιακούς τόπους περιέχουν γονίδια που καθορίζουν τις ίδιες ιδιότητες. Σε κάθε διπλοειδή οργανισμό τα αλληλόμορφα γονίδια βρίσκονται σε ζεύγη, αφού το ένα είναι μητρικής και το άλλο πατρικής προέλευσης. 	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της κατασκευής καρυοτύπου οι μαθητές ενδέχεται να αποτυπώσουν τις διαφορές μεταξύ των χρωμοσωμάτων όσον αφορά το μέγεθος/σχήμα τους, αλλά και να κατανοήσουν καλύτερα τις αριθμητικές χρωμοσωμικές ανωμαλίες. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των ομόλογων χρωμοσωμάτων και με έμφαση στα αλληλόμορφα γονίδια, ενδέχεται να γίνει εύκολα κατανοητό πότε ένα άτομο είναι ομόζυγο και πότε είναι ετερόζυγο, πως τα γονίδια επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά μας και την ανάπτυξή μας.
20.	Το DNA κάθε κυττάρου περιέχει ... τις ίδιες γενετικές πληροφορίες. (5.2)	άμεση	Οι δύο αλυσίδες ενός μορίου DNA είναι συμπληρωματικές, και αυτό υποδηλώνει ότι η αλληλουχία της μιας καθορίζει την αλληλουχία της άλλης. Κάθε αλυσίδα DNA μπορεί να χρησιμεύει ως καλούπι για τη σύνθεση μιας συμπληρωματικής αλυσίδας, ώστε τελικά να σχηματίζονται δύο δίκλωνα μόρια DNA πανομοιότυπα μεταξύ τους και με το μητρικό μόριο.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της αντιγραφής οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη διαδικασία και να θυμούνται ευκολότερα τα ένζυμα που συμμετέχουν στη διαδικασία αυτή και τον ρόλο τους. Με κινούμενα γραφικά ή με δημιουργία 3d μοντέλων από τους ίδιους τους μαθητές, μπορεί να αποτυπώνεται ευκολότερα η έννοια του γονιδίου, να ερμηνεύεται η ποικιλία της γενετικής πληροφορίας και να γίνεται πιο εύπεπτος ο αυτοδιπλασιασμός του DNA κατά τη μεταβίβαση της

				γενετικής πληροφορίας από τα κύτταρα στα θυγατρικά τους.
21.	Τα γεννητικά κύτταρα, οι γαμέτες, ... μισό αριθμό χρωμοσωμάτων σε σχέση με το αρχικό. (5.4)	άμεση	Η μείωση αποτελείται από 2 συνεχόμενες κυτταρικές διαιρέσεις, αφού έχει προηγηθεί αντιγραφή του γενετικού υλικού. Κατά τη διάρκεια της μείωσης, το γενετικό υλικό αλλάζει μορφολογία, και τελικά προκύπτουν 4 γαμέτες, καθένας από τους οποίους περιέχει τη μισή ποσότητα γενετικού υλικού του αρχικού κυττάρου, αφού ο καθένας έχει πάρει τη μία αδελφή χρωματίδα από κάθε ζευγάρι ομόλογων χρωμοσωμάτων.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της μείωσης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα την διαδικασία (δημιουργία γαμετών) και να εντοπίσουν τις διαφορές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μειωτικής διαίρεσης. Μπορεί να παρατηρηθεί ευκολότερα πώς από ένα κύτταρο προκύπτουν τέσσερα (σε αντίθεση με την μίτωση).
22.	Οι οργανισμοί μερικές φορές εμφανίζουν ... διαφορετικά σχήματα στα αυτιά των σκύλων κ.ά. (5.6)	άμεση	Οι μεταλλάξεις είναι αλλαγές στην αλληλουχία του DNA, που δημιουργούν συνήθως ένα διαφορετικό φαινότυπο.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των φυσιολογικών και των μεταλλαγμένων γονιδίων αλλά και του προϊόντος που δημιουργείται σε κάθε περίπτωση, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τις συνέπειες μιας μετάλλαξης στη δομή της πρωτεΐνης αν αυτή αλλάζει σχήμα, κάτι που δεν μπορεί να αποτυπωθεί σε ένα βιβλίο.
23.	Σε έναν πληθυσμό, κάποια άτομα ... όλο και περισσότερα στον πληθυσμό. (7.1)	άμεση	Φυσική επιλογή είναι η διαδικασία με την οποία οι οργανισμοί που είναι περισσότερο προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον τους επιβιώνουν και αναπαράγονται περισσότερο από τους λιγότερο προσαρμοσμένους. Έτσι, είναι δυνατόν ένα χαρακτηριστικό που αποδεικνύεται προσαρμοστικό σε μια περιοχή μια καθορισμένη χρονική στιγμή να είναι άχρηστο ή και δυσμενές σε μια άλλη περιοχή ή σε μια άλλη χρονική στιγμή.	Μέσα από την τρισδιάστατη απεικόνιση οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη φυσική επιλογή που δίδαξε ο Δαρβίνος, από την θεωρία στην πράξη. Επιδιώκεται να εστιάσουν στην έννοια «ευνοϊκά χαρακτηριστικά» που βοηθούν στην επιβίωση και στην αναπαραγωγή των ειδών.
24.	Η άμεση παρακολούθηση της εξέλιξης ... μέχρι τότε το αρχείο των απολιθωμάτων. (7.1)	άμεση	Οι μεταβολές που υφίστανται τα είδη πραγματοποιούνται με πολύ αργούς ρυθμούς. Η μελέτη της εξέλιξης και του βαθμού συγγένειας των οργανισμών γίνεται είτε με τη βοήθεια απολιθωμάτων, είτε με τη σύγκριση βιοχημικών δεδομένων.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των απολιθωμάτων οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα πώς μέσα από τη σύγκριση DNA και πρωτεϊνών που βρέθηκαν σε αυτά, χαρακτηρίζουμε τα είδη ως συγγενικά.

Βιβλίο: Α. Καστορίνης, Μ. Κωστάκη-Αποστολοπούλου, Φ. Μπαρώννα-Μάμαλη, Β. Περάκη, Π. Πιάλογλου				
α/α	Κείμενο σχολικού βιβλίου	Άμεση/ Έμμεση αναφορά	Σχέση δομής/ λειτουργίας	Προσδοκώμενο όφελος από τη 3D απεικόνιση
1.	Από το κύτταρο στον οργανισμό – κύτταρα και ιστοί (1)	άμεση	Οι διάφοροι κυτταρικοί τύποι του ανθρώπινου οργανισμού έχουν διαφορετική μορφολογία που τους επιτρέπει να επιτελούν αποτελεσματικά τις εξειδικευμένες λειτουργίες τους. Τα κύτταρα σχηματίζουν ιστούς, τα όργανα αποτελούνται από διαφορετικούς ιστούς, και όργανα που συνεργάζονται αποτελούν ένα σύστημα οργάνων.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση κυττάρων διαφορετικών κυτταρικών τύπων, ενδέχεται να κατανοήσουν οι μαθητές πιο βαθιά την έννοια της κυτταρικής εξειδίκευσης, διαφορετικότητα στη λειτουργία με βάση τη δομή του ιστού, στη μορφολογία των κυττάρων και επιπλέον τη διαδικασία της μίτωσης. Θα έχουν τη δυνατότητα να συγκρίνουν τα κύτταρα σε ρεαλιστικό μέγεθος και να παρατηρήσουν τις μορφολογικές διαφορές τους. Επίσης, ενδέχεται να παρατηρήσουν τον τρόπο σύνδεσης κυττάρων για τη δημιουργία πιο συμπαγών δομών όπως ιστών ή οργάνων (π.χ. επιθήλιο). Επιπλέον εικόνες με διαδραστικά σημεία, και διαδραστικά βίντεο μπορούν να εξυπηρετήσουν τους στόχους του διδακτικού έργου για την κατανόηση της συνεργασίας μεταξύ των κυττάρων και τη δημιουργία ιστών.
2.	Ο νευρικός ιστός αποτελείται από νευρικά κύτταρα ή νευρώνες ... στην παραγωγή και μεταβίβαση νευρικών ώσεων. (1)	άμεση	Ο νευρικός ιστός αποτελείται από νευρικά κύτταρα ή νευρώνες και από νευρογλοιακά κύτταρα. Οι νευρώνες είναι κύτταρα με αποφυάδες εξειδικευμένα στην παραγωγή και μεταβίβαση νευρικών ώσεων.	Η τρισδιάστατη απεικόνιση των νευρικών κυττάρων, η παρατήρηση της συναρπαστικής γεωμετρίας του νευρικού κυττάρου και της στερεοδιάταξής του, ενδέχεται να βοηθήσει στην εύκολη κατανόηση της μεταβίβασης των νευρικών ώσεων και την επικοινωνία με το ΚΝΣ.
3.	<ul style="list-style-type: none"> • Κυκλοφορικό σύστημα (3) • Η κυκλοφορία του αίματος (3) 	άμεση	Το κυκλοφορικό σύστημα είναι ένα κλειστό σύστημα αγγείων, τα οποία ξεκινούν και καταλήγουν σε ένα κεντρικό όργανο, την καρδιά. Σκοπός του κυκλοφορικού συστήματος είναι η προώθηση του αίματος σε κάθε κύτταρο του	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση (video, εικόνες 3D και τη δημιουργία quiz) οι μαθητές ενδέχεται να μην νοηματοδοτούν το αίμα ως ένα απλό κόκκινο υγρό που κυκλοφορεί στο σώμα. Θα

			<p>σώματος.</p> <p>Το κυκλοφορικό σύστημα, περιλαμβάνει τρεις βασικές πορείες: τη μεγάλη ή συστηματική κυκλοφορία, μέσω της οποίας το αίμα από την καρδιά μεταφέρεται σε όλο το σώμα και επιστρέφει στην καρδιά, τη μικρή ή πνευμονική κυκλοφορία, μέσω της οποίας το αίμα μεταφέρεται από την καρδιά στους πνεύμονες και πάλι στην καρδιά, και τέλος τη στεφανιαία κυκλοφορία, που τροφοδοτεί την καρδιά.</p>	<p>μπορούν να αντιληφθούν την έννοια του αίματος ως ιστού που περιέχει κύτταρα και ουσίες και να αναγνωρίσουν πως οι «φλέβες» και τα «αγγεία» είναι ξεχωριστές δομές που συνεργάζονται για τη μεγάλη και μικρή κυκλοφορία της καρδιάς. Ενδέχεται να μπορούν συσχετίζουν το αρτηριακό αίμα με υψηλά επίπεδα οξυγόνου και το φλεβικό με υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα.</p>
4.	Καρδιά (3)	άμεση	<p>Η καρδιά είναι ένα κοίλο μυώδες όργανο, που χωρίζεται σε δύο κόλπους (δεξιό και αριστερό) προς τα επάνω και σε δύο κοιλίες (δεξιά και αριστερή) προς τα κάτω. Ο ρόλος της καρδιάς είναι ρόλος αντλίας. Πρώτα συστέλλονται οι κόλποι, η πίεση σε αυτούς ανεβαίνει, και οι κολποκοιλιακές βαλβίδες (τριγλώχινα και διγλώχινα) αναγκάζονται να ανοίξουν και έτσι το αίμα ρέει στις αντίστοιχες κοιλίες. Έπειτα, οι κοιλίες συσπώνται, οι κολποκοιλιακές βαλβίδες κλείνουν και έτσι εμποδίζουν το αίμα να επιστρέψει στους κόλπους. Η πίεση μέσα στις κοιλίες αναγκάζει τις μηνοειδείς βαλβίδες να ανοίξουν και έτσι, το αίμα ρέει με ορμή στα αντίστοιχα αιμοφόρα αγγεία: στην αορτή από την αριστερή κοιλία και στην πνευμονική αρτηρία από τη δεξιά κοιλία.</p>	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της καρδιάς, το ενδιαφέρον των μαθητών ενδέχεται να στραφεί στη δομή της καρδιάς που λειτουργεί ως μία «αντλία» και επίσης να γίνει εύπεπτο ως ύλη το σύστημα λειτουργίας των κόλπων και των κοιλίων. Με απλά και κινούμενα γραφικά εύκολα θα απεικονίζεται σχηματικά η κυκλοφορία του αίματος στο εσωτερικό της ανθρώπινης καρδιάς (η είσοδος του αίματος στο δεξιό κόλπο, η μεταφορά του στους πνεύμονες μέσω της δεξιάς κοιλίας και οξυγόνωσή του, η επιστροφή του οξυγονωμένου αίματος στον αριστερό κόλπο και η διοχέτευσή του στο σώμα μέσω της αριστερής κοιλίας).</p>
5.	Αιμοφόρα αγγεία (3)	άμεση	<p>Τα αγγεία είναι αρτηρίες, φλέβες και τριχοειδή και μέσα σε αυτά κυκλοφορεί το αίμα. Οι αρτηρίες ξεκινούν από την καρδιά και φέρνουν το οξυγονωμένο αίμα σε κάθε κύτταρο του σώματος. Το τοίχωμά τους είναι κατασκευασμένο από 3 χιτώνες. Οι φλέβες φέρνουν το φτωχό σε οξυγόνο αίμα από την περιφέρεια. Το τοίχωμά τους αποτελείται από 3 στοιβάδες. Τα τριχοειδή αγγεία είναι λεπτότατα αγγεία στα οποία καταλήγουν μετά από διακλαδώσεις οι αρτηρίες, και συνενούμενα σχηματίζουν τις</p>	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των αρτηριών και των φλεβών οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν τη λειτουργικότητα των αιμοφόρων αγγείων και τη σκοπιμότητα της συγκεκριμένης μορφολογίας (το λόγο ύπαρξης διαφορετικού πάχους τοιχωμάτων και εσωτερικής διαμέτρου). Με τρισδιάστατα και κινούμενα γραφικά, σχηματικές απεικονίσεις και σύντομα κείμενα, θα</p>

			φλέβες. Είναι δηλαδή το δίκτυο που φέρνει σε επαφή το αρτηριακό με το φλεβικό σύστημα. Το τοίχωμά τους είναι πολύ λεπτό και σε μερικά σημεία έχει διάκενα, ώστε να μπορούν να περάσουν χημικές ουσίες είτε προς τα κύτταρα, είτε από τα κύτταρα προς τα τριχοειδή.	παρουσιάζονται ρεαλιστικά οι διαφορές μεταξύ αρτηριών και φλεβών, ο ρόλος των ερυθρών και λευκών αιμοσφαιρίων, η σύσταση του πλάσματος και τέλος η συνεργασία που αναπτύσσεται ανάμεσα στο κυκλοφορικό και το αναπνευστικό σύστημα.
6.	Αίμα (3)	άμεση	<p>Το αίμα αποτελείται από:</p> <p>α) το πλάσμα (55%) το οποίο είναι νερό και μέσα του βρίσκονται διαλυμένες πρωτεΐνες, ορμόνες, άλατα και θρεπτικές ουσίες</p> <p>β) τα έμμορφα στοιχεία (45%) τα οποία είναι: τα ερυθρά αιμοσφαίρια, τα λευκά αιμοσφαίρια και τα αιμοπετάλια.</p> <p>Το αίμα χρησιμεύει:</p> <p>α) στη μεταφορά ουσιών (με τα ερυθρά αιμοσφαίρια) όπως: του οξυγόνου (O_2), του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), των θρεπτικών ουσιών και των άχρηστων προϊόντων του μεταβολισμού.</p> <p>Τα ερυθρά αιμοσφαίρια έχουν στο κυτταρόπλασμά τους την πρωτεΐνη αιμοσφαιρίνη, που αποτελείται από 2 α και 2 β πολυπεπτιδικές αλυσίδες, και 4 ομάδες αίμης.</p> <p>β) στην άμυνα του οργανισμού με τα λευκά αιμοσφαίρια και τα αντισώματα,</p> <p>γ) στην αιμόσταση (= πήξη του αίματος) με τα αιμοπετάλια.</p>	<p>Με τρισδιάστατες σχηματικές απεικονίσεις μιας φυγοκέντρησης του αίματος ενδέχεται να γίνει αντιληπτό ότι το κιτρινωπό υγρό είναι το πλάσμα του αίματος που αποτελείται κυρίως από νερό, αλλά και διαλυμένα θρεπτικά συστατικά, ενώ στο κάτω μέρος του δοχείου βρίσκονται τα κύτταρα, από τα οποία αποτελείται το αίμα, δηλαδή τα ερυθρά και λευκά αιμοσφαίρια και τα αιμοπετάλια. Επίσης, ενδέχεται να παρατηρηθεί ότι τα ώριμα ερυθρά αιμοσφαίρια έχουν χαρακτηριστικό σχήμα αμφίκιουλου δίσκου και είναι παχύτερα στην περιφέρεια απ' ό,τι στο κέντρο. Το σχήμα τους αυτό οφείλεται στην απουσία πυρήνα.</p> <p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της αιμοσφαιρίνης, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη τεταρτοταγή δομή της, πώς αυτή επηρεάζει τη λειτουργικότητά της και τα μόρια με τα οποία συνδέεται για να λειτουργήσει σωστά (αίμη).</p>
7.	Πήξη του αίματος (3)	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> • Η καταστροφή ενός ιστού ακολουθείται από μια σειρά αντιδράσεων, στο τέλος της οποίας το ινωδογόνο μετατρέπεται με τη βοήθεια της θρομβίνης (ένζυμο) σ' ένα μη διαλυτό πρωτεϊνικό πλέγμα, το ινώδες, το οποίο δημιουργεί ένα μικροσκοπικό δίκτυο, του οποίου οι ίνες εγκλωβίζουν τα ερυθρά αιμοσφαίρια. Έτσι 	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της καταστροφής ενός ιστού και της διαδικασίας επούλωσης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη διαδικασία της πήξης του αίματος και μέσω μίας κινούμενης αναπαράστασης, το ρόλο των πηκτικών παραγόντων και την εμπλοκή όλων στον μηχανισμό της</p>

			σχηματίζεται ένας θρόμβος, που σταματά τη ροή του αίματος.	φλεγμονής.
8.	Ομάδες αίματος (3)	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Οι ομάδες αίματος καθορίζονται από την παρουσία ή μη ειδικών αντιγόνων στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων. Με βάση τα αντιγόνα αυτά, έχουν προσδιοριστεί τέσσερις ομάδες αίματος, οι A, B, AB, O (σύστημα ABO). ▪ Ένα άτομο ανήκει στην ομάδα A, όταν στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων του υπάρχει το αντιγόνο A, ανήκει στην ομάδα B, όταν υπάρχει το αντιγόνο B, στην ομάδα AB, όταν υπάρχουν και τα δύο αντιγόνα και στην ομάδα O, όταν δεν υπάρχει κανένα. ▪ Ο παράγοντας Rhesus είναι μία πρωτεΐνη που μπορεί να υπάρχει ή όχι στην επιφάνεια των ερυθροκυττάρων ενός ατόμου. Τα άτομα που έχουν αυτή την πρωτεΐνη χαρακτηρίζονται ως Rhesus θετικά (Rh+), ενώ εκείνα που δεν την έχουν ως Rhesus αρνητικά (Rh-). Αν αυτή η πρωτεΐνη ενεθεί σε άτομο Rh-, προκαλεί την παραγωγή αντισωμάτων αντι-Rh. 	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση τόσο των ερυθροκυττάρων με τα αντιγόνα τους και με την ύπαρξη ή μη της πρωτεΐνης Rhesus, όσο και των αντισωμάτων έναντι των αντιγόνων A και B, και της πρωτεΐνης Rhesus, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα το σύστημα ABO. Η 3d διδασκαλία των ομάδων αίματος είναι ένα σπουδαίο παράδειγμα όπου φαίνεται αναλυτικά η σύνδεση αντιγόνου-αντισώματος. Ενδέχεται να γίνει ευκολότερα αντιληπτή η διαδικασία των μεταγίσεων αίματος από τους μαθητές με βάση τη συμβατότητα του δέκτη-δότη καθώς επίσης και η ανάπτυξη της αιμολυτικής νόσου σε έμβρυα.
9.	<ul style="list-style-type: none"> • Δομή και λειτουργία των νευρικών κυττάρων (9) • Νευρική ώση. (9) • Τα νεύρα, ανάλογα με τη λειτουργία τους, διακρίνονται σε αισθητικά, τα οποία αποτελούνται από αποφυάδες αισθητικών νευρώνων, σε κινητικά, τα οποία αποτελούνται από νευράξονες κινητικών νευρώνων και σε μεικτά, τα οποία περιέχουν και τα δύο είδη αποφυάδων. (9) 	άμεση	<p>Το νευρικό σύστημα μαζί με το σύστημα των ενδοκρινών αδένων συμβάλλουν στη διατήρηση σταθερού εσωτερικού περιβάλλοντος (ομοιόσταση), ελέγχοντας και συντονίζοντας τις λειτουργίες των υπόλοιπων συστημάτων του οργανισμού.</p> <p>Τα όργανα του νευρικού συστήματος είναι ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός, που αποτελούν το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ), και τα νεύρα, που αποτελούν το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (ΠΝΣ).</p> <p>Τα κύτταρα του νευρικού ιστού είναι δύο ειδών: τα νευρικά κύτταρα ή νευρώνες και τα νευρογλοιακά κύτταρα. Οι νευρώνες, που αποτελούν τη δομική και λειτουργική μονάδα</p>	Με τη 3d απεικόνιση ενδέχεται να παρουσιάζονται ευκολότερα ορισμένα βασικά μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των νευρώνων, των νευρογλοιακών κυττάρων και των νευρικών συνάψεων. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των νευρικών κυττάρων εν ονόματι «δενδρίτες», οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν τη μορφολογία τους και τη συνεργασία τους με άλλα κύτταρα για τη μεταβίβαση των νευρικών ώσεων. Επίσης ενδέχεται να γίνουν σαφείς οι έννοιες «αποφυάδες», «διακλαδώσεις».

			<p>του νευρικού συστήματος, παρουσιάζουν μορφολογικές και λειτουργικές διαφορές και διακρίνονται, ανάλογα με τη λειτουργία που επιτελούν, σε αισθητικούς, κινητικούς και ενδιάμεσους. Τα νευρογλοιακά κύτταρα έχουν ποικίλα σχήματα και ειδικές λειτουργίες. Το σχήμα όλων των παραπάνω κυττάρων είναι άμεσα συσχετιζόμενο με τη λειτουργία που αυτά επιτελούν. Οι νευρώνες αντιδρούν σε συγκεκριμένες μεταβολές του περιβάλλοντος, όπως είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας, της πίεσης, κ.ά., μεταφέροντας μηνύματα με νευρικές ώσεις, ενώ τα νευρογλοιακά κύτταρα προμηθεύουν με θρεπτικά συστατικά το νευρώνα και χρησιμεύουν στην απορρόφηση και απομάκρυνση των άχρηστων ουσιών. Επίσης, συμβάλλουν στη μόνωση του νευρώνα και στην επιτάχυνση της μεταφοράς της νευρικής ώσης.</p>	
10.	Δυναμικό ηρεμίας. (9)	άμεση	<p>Η αντλία Na^+/K^+ για κάθε τρία Na^+ που απομακρύνει από το εσωτερικό του κυττάρου μεταφέρει ταυτόχρονα στο εσωτερικό δύο K^+.</p>	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της λειτουργίας της πλασματικής μεμβράνης ενδέχεται να παρατηρηθούν ευκολότερα τα σημεία της όπου υπάρχει η αντλία Na^+/K^+, διαμεμβρανικές πρωτεΐνες και υποδοχείς που αντιλαμβάνονται τα ερεθίσματα από το εξωτερικό περιβάλλον.</p>
11.	Συνάψεις. (9)	άμεση	<p>Οι νευρώνες συνδέονται με άλλους νευρώνες ή εκτελεστικά όργανα με τη βοήθεια συνάψεων. Η μεταφορά της νευρικής ώσης μέσω των συνάψεων πραγματοποιείται συνήθως με τη βοήθεια χημικών ενώσεων που παράγει το νευρικό κύτταρο, των νευροδιαβιβαστών, οι οποίες εκκρίνονται από τα τελικά κομβία των νευραξόνων. Σε μία σύναψη μπορούμε να διακρίνουμε το προσυναπτικό άκρο (τα τελικά κομβία ενός νευρικού κυττάρου), που περιέχουν τη νευροδιαβιβαστική ουσία. Επίσης, το μετασυναπτικό άκρο, που είναι η υποδεκτική</p>	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των νευρικών κυττάρων οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν τη δομή και τη λειτουργία των συνάψεων και του ρόλου των νευροδιαβιβαστών. Επίσης ενδέχεται να εστιαστεί η προσοχή των παιδιών στην εξωκυτταρική επικοινωνία με άλλα νευρικά κύτταρα. Με κινούμενα γραφικά όπου το κύτταρο θα απελευθερώνει μόρια, τους λεγόμενους νευροδιαβιβαστές, οι οποίοι συνδέονται σε υποδοχείς του επόμενου κυττάρου και προκαλούν την ηλεκτρική του</p>

			επιφάνεια του νευρώνα ή του εκτελεστικού οργάνου, και στο οποίο βρίσκονται οι υποδοχείς της νευροδιαβιβαστικής ουσίας. Το προσυναπτικό και το μετασυναπτικό άκρο δε βρίσκονται σε επαφή, και ο χώρος ανάμεσά τους έχει πάχος 15-20 nm.	διέγερση ενδέχεται να επιτευχθεί η ρεαλιστική απεικόνιση της επικοινωνίας μεταξύ τους.
12.	Μείωση. (12) Γονιμοποίηση. (12)	άμεση	Μείωση είναι ο μηχανισμός που μειώνει κατά το ήμισυ τον αρχικό αριθμό χρωμοσωμάτων, και από ένα διπλοειδές κύτταρο προκύπτουν απλοειδή κύτταρα. Κατά τη γονιμοποίηση γίνεται σύντηξη ενός σπερματοζωαρίου (23 χρωμοσώματα) με ένα ωάριο (23 χρωμοσώματα) και προκύπτει το πρώτο κύτταρο του νέου οργανισμού, το ζυγωτό, με 46 χρωμοσώματα (23 + 23).	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της μείωσης περιγράφονται οι διεργασίες που συμβαίνουν στα διαδοχικά στάδια της και οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τις διαφορές μεταξύ πρώτης και δεύτερης μειωτικής διαίρεσης. Επίσης, μπορεί να τονιστεί ότι η μείωση των ώριμων γαμετικών κυττάρων οδηγεί στην δημιουργία 4 γαμετών με τον μισό αριθμό χρωμοσωμάτων, σε σχέση με το αρχικό κύτταρο. Το τρισδιάστατο υλικό ενδέχεται να συμβάλει προκειμένου να κατανοήσουν οι μαθητές εύκολα τους μηχανισμούς της κυτταρικής διαίρεσης, να διακρίνουν τις διαφορές ανάμεσα στη μίτωση και τη μείωση και να τις συσχετίσουν με την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή των οργανισμών (γονιμοποίηση).

α/α	Κείμενο σχολικού βιβλίου	Άμεση/ Έμμεση αναφορά	Σχέση δομής/ λειτουργίας	Προσδοκώμενο όφελος από τη 3D απεικόνιση
1.	Τα μονομερή των διάφορων ειδών μακρομορίων ... με την προσθήκη νερού και ονομάζεται υδρόλυση . (1.2)	άμεση	Κατά τη συμπύκνωση το ένα μονομερές χάνει ένα άτομο υδρογόνου (H), ενώ το άλλο μια υδροξυλομάδα (OH). Αφαιρείται δηλαδή τελικά ένα μόριο νερού και τα δύο μονομερή συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό. Η διάσπαση των μακρομορίων στα μονομερή τους γίνεται με την προσθήκη νερού και ονομάζεται υδρόλυση.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της συμπύκνωσης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν πιο εύκολα τη δημιουργία μακρομορίων από τα μονομερή τους. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της υδρόλυσης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα την διάσπαση πολυμερών στα μονομερή τους. Το μαθησιακό αντικείμενο στοχεύει στην κατανόηση του μηχανισμού σύνθεσης και διάσπασης των βιομορίων.
2.	Το μόριο των αμινοξέων αποτελείται από δύο τμήματα, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό ...υπάρχουν 20 διαφορετικές πλευρικές ομάδες. (1.2)	άμεση	Το σταθερό τμήμα των αμινοξέων αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου, μια αμινομάδα και μια καρβοξυλομάδα, ενωμένα σε ένα κοινό άτομο άνθρακα, ενώ το μεταβλητό αποτελείται από την πλευρική ομάδα, η οποία έχει διαφορετική χημική δομή για κάθε ένα από τα 20 διαφορετικά αμινοξέα που συνθέτουν τις πρωτεΐνες.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των αμινοξέων οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη δομή των αμινοξέων και το ρόλο τους ως μονομερή των πρωτεϊνών. Επίσης, ενδέχεται να παρατηρηθεί η ποικιλομορφία στο σχήμα των αμινοξέων, που οφείλεται στις πλευρικές τους ομάδες R.
3.	<ul style="list-style-type: none"> • Το πρώτο επίπεδο είναι η πρωτοταγής δομή, ... ανάμεσα στις ομάδες R των αμινοξέων. (1.2) • Είναι δικαιολογημένο να αναρωτιόμαστε πώς είναι δυνατό ... τη λειτουργία για την οποία υπάρχει ως συστατικό του αβγού. (1.2) 	άμεση	Η πρωτοταγής δομή είναι η αλληλουχία των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα. Η δευτεροταγής δομή είναι η ελικοειδής είτε η πτυχωτή μορφή που αποκτά η πολυπεπτιδική αλυσίδα μετά από αναδίπλωση. Η τριτοταγής δομή είναι η καθορισμένη μορφή της πολυπεπτιδικής αλυσίδας στο χώρο, ύστερα από αναδίπλωση της δευτεροταγούς δομής της. Τεταρτοταγή δομή διαθέτουν οι πρωτεΐνες που αποτελούνται από περισσότερες από μία πολυπεπτιδικές αλυσίδες, και είναι ο συνδυασμός των επιμέρους πολυπεπτιδικών αλυσίδων σε ένα ενιαίο πρωτεϊνικό μόριο. Η αιμοσφαιρίνη αποτελείται από 2 α και 2 β πολυπεπτιδικές αλυσίδες, και 4 ομάδες αίμης. Όταν η σειρά των αμινοξέων σε μια πολυπεπτιδική αλυσίδα είναι διαφορετική, τότε σχηματίζονται διαφορετικοί δεσμοί ανάμεσα τις	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των διαφορετικών επιπέδων οργάνωσης των πρωτεϊνών τα παιδιά ενδέχεται να αντιληφθούν δομικά το πολυδιάστατο αυτό μόριο, τη στερεοδιάταξή του ανάλογα με τις πεπτιδικές αλυσίδες, τους δεσμούς που το συγκρατούν ενωμένο και την ποικιλότητά τους λόγω των ομάδων R. Επίσης ενδέχεται να είναι πιο εύκολο να κατανοήσουν ότι η πρωτοταγής δομή της πρωτεΐνης καθορίζει την τελική διαμόρφωσή της στο χώρο και να αντιληφθούν ρεαλιστικά την απεικόνιση του μορίου της αιμοσφαιρίνης. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση διαφορετικών πολυπεπτιδικών αλυσίδων, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν πιο εύκολα την
4.	Γονιδιακές μεταλλάξεις (4.4)	άμεση		

			<p>πλευρικές ομάδες των αμινοξέων της και αυτό οδηγεί σε διαφορετική αναδίπλωση του μορίου, που συνεπάγεται διαφορετική διαμόρφωση στο χώρο.</p> <p>Η τρισδιάστατη δομή μιας πρωτεΐνης καθορίζει τη λειτουργία που αυτή εκτελεί.</p> <p>Μετουσίωση των πρωτεϊνών καλείται το φαινόμενο κατά το οποίο οι δεσμοί που έχουν αναπτυχθεί μεταξύ των πλευρικών ομάδων των αμινοξέων σπάζουν, (αποκόπτονται), με συνέπεια την καταστροφή της τρισδιάστατης δομής της πρωτεΐνης και έτσι να χάνει τη λειτουργικότητά της.</p> <p>Επίσης, μία μετάλλαξη στο DNA θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή της στερεοδιάταξης μιας πρωτεΐνης ώστε να μην είναι πλέον λειτουργική.</p>	<p>ποικιλομορφία τους, λόγω των ομάδων R. Μπορεί να δοθεί έμφαση επίσης στους παράγοντες που προκαλούν τη μετουσίωση των πρωτεϊνών.</p>
5.	<ul style="list-style-type: none"> • Ο προσανατολισμός των μορίων - υποστρωμάτων γίνεται στο ενεργό κέντρο του ενζύμου, που αποτελεί μια μικρή περιοχή του. Η σύνδεση των αντιδρώντων μορίων με αυτό μοιάζει με το «ταίριασμα του κλειδιού στην κλειδαριά». (3.2) • Η καταλυτική δράση των ενζύμων καθορίζεται από την τριτοταγή δομή του πρωτεϊνικού μορίου τους και χάνεται, όταν η δομή αυτή, για κάποιο λόγο, πάψει να υπάρχει. (3.2) • Εμφανίζουν υψηλό βαθμό εξειδίκευσης, που οφείλεται στη διάταξή τους στο χώρο και στη δυνατότητα σύνδεσης του ενεργού τους κέντρου με το υπόστρωμα. Αυτό σημαίνει ότι δρουν συνήθως σε ένα μόνο συγκεκριμένο υπόστρωμα. (3.2) • Γύρω στους 50° C η μεταβολή στη δραστηριότητα των ενζύμων γίνεται 	άμεση	<p>Τα ένζυμα είναι βιολογικά μόρια με καταλυτικές ιδιότητες. Βοηθούν δηλαδή ώστε να πραγματοποιηθούν χημικές αντιδράσεις μέσα στους ζωντανούς οργανισμούς με μεγαλύτερη ταχύτητα. Είναι συνήθως πρωτεϊνικής φύσεως μόρια, που μπορεί να είναι ενωμένα και με άλλες μη πρωτεϊνικές ουσίες. Μόνο το κατάλληλο ένζυμο μπορεί να επιταχύνει μία χημική αντίδραση, ελαττώνοντας την ενέργεια ενεργοποίησης η οποία απαιτείται, για να φτάσει το υπόστρωμα στην ενδιάμεση κατάσταση.</p>	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των ενζύμων και των υποστρωμάτων οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη σημασία της δομής και της λειτουργικότητας των ενζύμων. Ενδέχεται να γίνει σαφής ο ρόλος της «καρδιάς» του ενζύμου, που είναι το ενεργό του κέντρο και η καταλυτική του ικανότητα. Η ενεργότητα ενός ενζύμου αν επηρεαστεί από εξωτερικούς παράγοντες μπορεί να κάνει το ένζυμο να υπολειτουργεί ή ακόμη και να καταστραφεί (στην απεικόνιση θα μπορούσε να τονιστεί ότι η ενεργότητα εξαρτάται από τη διατήρηση της τρισδιάστατης δομής του ενζύμου).</p>

	«μόνιμη». Αυτό σημαίνει ότι δεν επανέρχεται με την ελάττωση της θερμοκρασίας. Αυτό οφείλεται στο ότι τα πρωτεϊνικά αυτά μόρια χάνουν την τριτοταγή δομή τους, χάρη στην οποία είναι δραστικά. (3.2)			
6.	<ul style="list-style-type: none"> Υπάρχουν ουσίες που μπορούν να αναστείλουν τη δράση των ενζύμων και γι' αυτό ονομάζονται αναστολείς. (3.2) Ορισμένα ένζυμα είναι δραστικά μόνο με την παρουσία ουσιών, μη πρωτεϊνικής φύσης, ... όπως μόνο του και το συνένζυμο, θα είναι ανενεργό. (3.2) 	άμεση	Αναστολείς ονομάζονται οι ουσίες που αναστέλλουν τη δράση των ενζύμων. Διακρίνονται σε αντιστρεπτούς και μη αντιστρεπτούς αναστολείς. Κάποια ένζυμα, για να δράσουν, χρειάζονται και ένα επιπλέον, μη πρωτεϊνικό τμήμα που μπορεί να είναι ένα μεταλλικό ιόν ή ένα μικρό οργανικό μόριο. Στη δεύτερη περίπτωση το τμήμα αυτό του ενζύμου ονομάζεται συνένζυμο.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση του τρόπου δράσης των αναστολέων και των συμπαραγόντων με τα ένζυμα, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν εύκολα τη σημασία της επιβραδυντικής ή ανασταλτικής ή επιταχυντικής δράσης αυτών στην ενεργότητα του ενζύμου.
7.	Το 1953 οι Τ. Γουάτσον και Φ. Κρικ παρουσίασαν ένα μοντέλο για τη δομή του DNA, ... ενώ μεταξύ των βάσεων G και C σχηματίζονται τρεις. (1.2)	άμεση	Σύμφωνα με το μοντέλο της διπλής έλικας: <ul style="list-style-type: none"> Αποτελείται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες, που σχηματίζουν μια δεξιόστροφη διπλή έλικα. Οι αζωτούχες βάσεις σε κάθε κλώνο είναι κάθετες στον κύριο άξονα του μορίου και βρίσκονται στο εσωτερικό του. Οι αζωτούχες βάσεις της μιας αλυσίδας συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου με τις αζωτούχες βάσεις της απέναντι αλυσίδας με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας. Η αδενίνη συνδέεται μόνο με θυμίνη και αντίστροφα, ενώ η κυτοσίνη μόνο με γουανίνη και αντίστροφα. 	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση του μοντέλου της διπλής έλικας οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν τη δομή και την πολυπλοκότητα του DNA, τους δεσμούς μεταξύ των αλυσίδων αλλά και μεταξύ των νουκλεοτιδίων που συμβάλλουν στη μοναδικότητά του ως βιομόριο. Με σχεδιοκίνηση (animation) και αφήγηση ενδέχεται να παρουσιάζεται πιο εύκολα σχηματικά στους μαθητές η διαδικασία συμπληρωματικότητας βάσεων του DNA κατά την αντιγραφή της γενετικής πληροφορίας.
8.	Το δεύτερο είδος νουκλεϊκού οξέος, το RNA, εκτός από τις διαφορές που έχει από το DNA στη σύσταση ... στην περίπτωση αυτή ανήκουν στην ίδια αλυσίδα (κλώνο). (1.2)	άμεση	Το RNA είναι κατά βάση μονόκλωνο και πολλές φορές αναδιπλώνεται σε ορισμένα σημεία, ώστε να σταθεροποιηθεί με δεσμούς υδρογόνου, που σχηματίζονται ανάμεσα σε συμπληρωματικές βάσεις μεταξύ τους.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της δομής του RNA, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν τη σημασία της δομής και της λειτουργίας του, πόσο διαφέρει από το DNA αλλά και τα διαφορετικά είδη που συναντώνται στο κύτταρο. Επίσης, το μαθησιακό διαδραστικό υλικό ενδέχεται να συμβάλει στην ενίσχυση γνώσεων σχετικών

				με τις βασικές δομικές και λειτουργικές διαφορές του δεοξυριβονουκλεϊκού (DNA) και ριβονουκλεϊκού οξέος (RNA).
9.	ο διπλασιασμός ξεκινά από κάποιο σημείο της αλυσίδας του DNA. ... κάθε θυγατρικό μόριο αποτελείται από έναν παλαιό κλώνο και από έναν εξ ολοκλήρου νέο. (4.2)	άμεση	Κατά την αντιγραφή του DNA η διπλή έλικα ξετυλίγεται με σπάσιμο των δεσμών υδρογόνου μεταξύ των συμπληρωματικών βάσεων και κάθε αλυσίδα λειτουργεί σαν καλούπι για τη σύνθεση μιας νέας συμπληρωματικής αλυσίδας, η οποία συντίθεται από τη DNA πολυμεράση III, που τοποθετεί δεοξυριβονουκλεοτίδια, σύμφωνα με την αρχή της συμπληρωματικότητας των βάσεων. Έτσι τα δύο θυγατρικά μόρια που προκύπτουν είναι πανομοιότυπα με το μητρικό και καθένα αποτελείται από μία παλιά και μία καινούρια αλυσίδα, γι' αυτό ο μηχανισμός αυτός ονομάστηκε ημισυντηρητικός.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της αντιγραφής ενδέχεται να τονιστεί ο ρόλος του βασικού ενζύμου «DNA-πολυμεράση III», πώς πραγματοποιείται η διαδικασία, πόσο ακριβής είναι και πόσα ακόμη ένζυμα συμβάλλουν στην ολοκλήρωσή της. Με τη σχεδιοκίνηση (animation) ενδέχεται να είναι πιο κατανοητή σχηματικά η διαδικασία του αυτοδιπλασιασμού του DNA και ο ημισυντηρητικός τρόπος που ακολουθείται.
10.	Στο τμήμα του DNA όπου υπάρχει η γενετική πληροφορία ... αντί της θυμίνης χρησιμοποιείται η αζωτούχα βάση ουρακίλη.(4.2)	άμεση	Το πρώτο βήμα για την έκφραση της πληροφορίας που υπάρχει στο DNA είναι η μεταφορά της στο RNA με τη διαδικασία της μεταγραφής, κατά την οποία η RNA πολυμεράση προκαλεί τοπικό ξετύλιγμα της διπλής έλικας του DNA και στη συνέχεια, τοποθετεί ριβονουκλεοτίδια απέναντι από τα δεοξυριβονουκλεοτίδια της αλυσίδας του DNA που φέρει τη γενετική πληροφορία, σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας των βάσεων. Το mRNA μεταφέρει με τη σειρά του, μέσω της διαδικασίας της μετάφρασης, την πληροφορία στις πρωτεΐνες που είναι υπεύθυνες για τη δομή και λειτουργία των κυττάρων και κατ' επέκταση και των οργανισμών. Η μετάφραση του mRNA, δηλαδή η αντιστοίχιση των κωδικονίων σε αμινοξέα και η διαδοχική σύνδεση των αμινοξέων σε πολυπεπτιδική αλυσίδα, πραγματοποιείται στα ριβοσώματα με τη βοήθεια των tRNA και τη συμμετοχή αρκετών πρωτεϊνών και ενέργειας.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της μεταγραφής και της μετάφρασης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τον παράγοντα που βοηθά στην διατήρηση και μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας, δηλαδή «τη συμπληρωματικότητα των βάσεων». Επίσης ενδέχεται να βοηθηθούν στην κατανόηση του ρόλου του mRNA και πώς με βάση το «Κεντρικό Δόγμα της Βιολογίας» αποτελεί το ενδιάμεσο στάδιο για τη δημιουργία πρωτεϊνών. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της επιμήκυνσης της μετάφρασης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη δημιουργία πεπτιδικού δεσμού και αλληλοδιαδοχής των αμινοξέων στην αλυσίδα. Επίσης λόγω της σύνδεσης κωδικονίου-αντικωδικονίου, ενδέχεται να γίνει πιο εύκολα αντιληπτή η μεταφορά της
11.	<ul style="list-style-type: none"> • Το τελευταίο στάδιο στην έκφραση της γενετικής πληροφορίας ... τα διαφορετικά αμινοξέα που συνθέτουν τις πρωτεΐνες όλων των οργανισμών. (4.2) • Η διαδικασία της μετάφρασης περιλαμβάνει τρία στάδια ... πολυάριθμα αντίγραφα του ίδιου πρωτεϊνικού μορίου. (4.2) 	άμεση		

			<p>Κατά την έναρξη της μετάφρασης το mRNA προσδένεται με το ριβοσωμικό RNA της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος, σύμφωνα με τους κανόνες της συμπληρωματικότητας των βάσεων. Το πρώτο κωδικόνιο του mRNA είναι πάντοτε AUG και σ' αυτό προσδένεται το tRNA που φέρει το αμινοξύ μεθειονίνη. Κατά την επιμήκυνση ένα δεύτερο μόριο tRNA με αντικωδικόνιο συμπληρωματικό του δεύτερου κωδικονίου του mRNA τοποθετείται στην κατάλληλη εισδοχή του ριβοσώματος, μεταφέροντας το δεύτερο αμινοξύ. Μεταξύ της μεθειονίνης και του δεύτερου αμινοξέος σχηματίζεται πεπτιδικός δεσμός και αμέσως μετά, το πρώτο tRNA αποσυνδέεται. Στη συνέχεια το ριβόσωμα κινείται κατά μήκος του mRNA κατά ένα κωδικόνιο. Η πολυπεπτιδική αλυσίδα συνεχίζει να αναπτύσσεται καθώς νέα tRNA μεταφέρουν αμινοξέα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με πεπτιδικό δεσμό. Η επιμήκυνση σταματά σε ένα κωδικόνιο λήξης (UGA, UAG ή UAA). Το τελευταίο tRNA απομακρύνεται από το ριβόσωμα και η πολυπεπτιδική αλυσίδα απελευθερώνεται. Πολλά ριβοσώματα μπορούν να μεταφράζουν ταυτόχρονα ένα mRNA, το καθένα σε διαφορετικό σημείο κατά μήκος του μορίου. Αμέσως μόλις το ριβόσωμα έχει μεταφράσει τα πρώτα κωδικόνια, η θέση έναρξης του mRNA είναι ελεύθερη για την πρόσδεση ενός άλλου ριβοσώματος.</p>	<p>γενετικής πληροφορίας στο επίπεδο της μετάφρασης (κωδικόνιο-αντικωδικόνιο και αντίστοιχο αμινοξύ, πεπτιδικός δεσμός μεταξύ των αμινοξέων). Με αξιοποίηση κινούμενων γραφικών ενδέχεται να διευκολυνθεί η παρουσίαση των διεργασιών που ολοκληρώνουν την έκφραση της γενετικής πληροφορίας και συντελούν στην παραγωγή πρωτεϊνικών μορίων.</p>
12.	<p>Τα tRNA διαθέτουν μία χαρακτηριστική τριάδα νουκλεοτιδίων, που λέγεται αντικωδικόνιο, ... με ένα συγκεκριμένο είδος αμινοξέος. (4.2)</p>	άμεση	<p>Κάθε μόριο tRNA έχει μια ειδική τριπλετα νουκλεοτιδίων, το αντικωδικόνιο, με την οποία προσδένεται, λόγω συμπληρωματικότητας, με το αντίστοιχο κωδικόνιο του mRNA. Επιπλέον, κάθε μόριο tRNA, ανάλογα με το αντικωδικόνιο του, συνδέεται με ένα συγκεκριμένο είδος αμινοξέος.</p>	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των μορίων tRNA και τη σύνδεσή τους με αντίστοιχα κωδικόνια του mRNA κατά την πρωτεϊνοσύνθεση, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν εύκολα τη λειτουργικότητα του μορίου που προκύπτει από την ιδιαίτερη μορφολογία του.</p>
13.	<ul style="list-style-type: none"> • Η διπλή έλικα του DNA συσπειρώνεται στο 	άμεση	<p>Η διπλή έλικα του DNA συσπειρώνεται στο χώρο και</p>	<p>Οι μαθητές ενδέχεται να έχουν τη δυνατότητα να</p>

	<p>χώρο και τελικά εμφανίζεται με δύο μορφές. Την κυκλική, που συναντιέται στα βακτήρια, στα μιτοχόνδρια και συχνά στους χλωροπλάστες, και την ευθεία, με την οποία το συναντούμε στους πυρήνες των ευκαρυωτικών κυττάρων. (4.2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Η χρωματίνη στις διάφορες φάσεις της ζωής του κυττάρου παρουσιάζεται και με διαφορετική μορφή. ... η χρωματίνη συμπυκνώνεται και παίρνει τελικά τη μορφή δομών, που ονομάζονται χρωμοσώματα. (4.2) 		<p>τελικά εμφανίζεται με δύο μορφές. Την κυκλική, που συναντιέται στα βακτήρια, στα μιτοχόνδρια και συχνά στους χλωροπλάστες, και την ευθεία, με την οποία το συναντούμε στους πυρήνες των ευκαρυωτικών κυττάρων.</p>	<p>παρατηρήσουν τρισδιάστατα μόρια DNA από πυρήνα, μιτοχόνδρια, χλωροπλάστες και βακτήρια και έτσι να αντιληφθούν τη διαφορά μεγέθους και σχήματος που έχουν αυτά τα μόρια. Επίσης, με την τρισδιάστατη απεικόνιση της δομής της χρωματίνης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τα διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης της χρωματίνης και πώς δημιουργείται ένα πιο συσπειρωμένο μόριο που μεταβιβάζεται ευκολότερα στα νέα θυγατρικά κύτταρα.</p>
14.	<p>Τα χρωμοσώματα που υπάρχουν στα σωματικά κύτταρα των ανώτερων οργανισμών ... (γονιδιακός τόπος) και στα δύο χρωμοσώματα. (4.2)</p>	άμεση	<p>Κάθε ζευγάρι χρωμοσωμάτων που έχουν ίδιο σχήμα και μέγεθος ονομάζονται ομόλογα. Τα ομόλογα χρωμοσώματα περιέχουν (σε αντίστοιχες θέσεις) γενετικές πληροφορίες που αφορούν τις ίδιες ιδιότητες.</p>	<p>Με παρατήρηση διάφορων 3d χρωμοσωμάτων ή με μία διαδραστική άσκηση, οι μαθητές ενδέχεται να μπορούν να αντιληφθούν εύκολα τα χαρακτηριστικά των ομόλογων χρωμοσωμάτων, την έννοια του καρυότυπου, τον τρόπο κατασκευής του και τη χρησιμότητά του, καθώς επίσης και να διακρίνουν το γονιδιακό τόπο.</p>
15.	Μίτωση (4.3)	άμεση	<p>Η μίτωση διασφαλίζεται με δύο διαδοχικές διαδικασίες, την πυρηνική διαίρεση και την κυτταροπλασματική διαίρεση. Η πυρηνική διαίρεση είναι ένα συνεχές φαινόμενο κατά το οποίο δημιουργούνται δύο γενετικά πανομοιότυποι πυρήνες, και περιλαμβάνει την πρόφαση, τη μετάφαση, την ανάφαση και την τελόφαση. Κατά την κυτταροπλασματική διαίρεση το κυτταρόπλασμα του μητρικού κυττάρου μοιράζεται στα δύο θυγατρικά, ώστε το καθένα να αποκτήσει κυτταρόπλασμα και οργανίδια.</p>	<p>Με την τρισδιάστατη απεικόνιση ολόκληρης της κυτταρικής διαίρεσης οι μαθητές ενδέχεται να εστιάσουν στη συσπειρωμένη χρωματίνη και να κατανοήσουν πιο εύκολα τα στάδια οργάνωσης της χρωματίνης και τον προσανατολισμό των χρωμοσωμάτων κατά τη διαίρεση αυτή.</p>
16.	Μείωση (4.3)	άμεση	Με τη μείωση κάθε γονέας	Με κινούμενα γραφικά ή

			παράγει τους γαμέτες του, που φέρουν το μισό αριθμό χρωμοσωμάτων από τον κανονικό. Η μείωση γίνεται σε μια ειδική κατηγορία κυττάρων, τα άωρα γεννητικά κύτταρα. Μετά τον αυτοδιπλασιασμό του γενετικού υλικού, στο κύτταρο που πρόκειται να υποστεί μείωση γίνονται δύο διαδοχικές κυτταρικές διαιρέσεις, καθεμία από τις οποίες περιλαμβάνει μια διαίρεση του πυρήνα και μια διαίρεση του κυτταροπλάσματος. Από την 1 ^η κυτταρική διαίρεση παράγονται δύο κύτταρα, καθένα από τα οποία υφίσταται τη 2 ^η κυτταρική διαίρεση, με αποτέλεσμα την παραγωγή τεσσάρων γαμετών.	ρεαλιστικές 3d απεικονίσεις, θα παρουσιάζονται οι δύο διαιρέσεις της μείωσης και θα απεικονίζονται οι διεργασίες που συμβαίνουν στα διαδοχικά στάδιά τους. Οι μαθητές ενδέχεται να μπορούν να διακρίνουν τις διαφορές ανάμεσα στη μίτωση και τη μείωση και να τις συσχετίσουν με την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή των οργανισμών. Σημαντική ενδέχεται να είναι και η απεικόνιση μέσω κινούμενων γραφικών των φαινομένων του επιχιασμού και της σύναψης.
17.	Το είδος της κυτταρικής διαίρεσης με το οποίο αναπαράγονται οι προκαρυωτικοί οργανισμοί, ... αποχωρίζονται με την ανάπτυξη νέων κυτταρικών τοιχωμάτων. (4.3)	άμεση	Με τη διχοτόμηση των βακτηρίων, το βακτηριακό «χρωμόσωμα» αρχικά αυτοδιπλασιάζεται και έπειτα ακολουθεί η αύξηση και η διαίρεση του κυτταροπλάσματος.	Με τη ρεαλιστική απεικόνιση της διχοτόμησης των βακτηρίων ενδέχεται να μπορούν να κατανοήσουν εύκολα οι μαθητές το είδος αυτό της κυτταρικής διαίρεσης και να εντοπίσουν ομοιότητες και διαφορές σε σχέση με τη μείωση και τη μίτωση.
18.	Στα κύτταρα, επειδή και το εξωτερικό και το εσωτερικό τους περιβάλλον είναι υδατικό, τα φωσφολιπίδια αυθόρμητα συγκροτούν διπλοστιβάδα ... κύριο δομικό συστατικό είναι τα φωσφολιπίδια. (1.2)	άμεση	Οι υδρόφιλες κεφαλές των φωσφολιπιδίων στρέφονται προς το υδατικό εξωκυττάριο και ενδοκυττάριο περιβάλλον, ενώ οι υδρόφοβες ουρές τους «κρύβονται» στο εσωτερικό της διπλοστιβάδας. Έτσι, τα μόρια αυτά έλκονται και προσεγγίζουν στενά το ένα με το άλλο. Δημιουργείται έτσι μια σταθερή δομή (κυτταρική μεμβράνη).	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της δομής των λιπιδίων και την αλληλεπίδρασή τους με νερό, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τα μόρια που συμβαλλουν στην λειτουργία των λιπιδίων αλλά και την ιδιότητά τους να είναι υδρόφοβα στο ένα μέρος τους και υδρόφιλα στο άλλο. Βασικό σημείο που ενδέχεται να παρατηρηθεί ευκολότερα από τα παιδιά είναι η δυνατότητα δημιουργίας διπλοστιβάδας όταν βρεθούν σε υδάτινο περιβάλλον.
19.	Οι πολυσακχαρίτες προκύπτουν από τη συνένωση πολλών μορίων μονοσακχαριτών. ... και στα κύτταρα των μυκήτων ως αποταμιευτική ουσία. (1.2)	άμεση	Τα σάκχαρα είναι μία από τις βασικές ομάδες βιομορίων που συναντώνται στους οργανισμούς. Αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των οργανικών ουσιών στη Γη, ενώ είναι η πλέον σημαντική πηγή ενέργειας για τους ζωντανούς οργανισμούς. Η κυτταρίνη αποτελεί συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος, το άμυλο	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση διαφορετικών πολυσακχαριτών όπως η κυτταρίνη, το άμυλο και το γλυκογόνο, ενδέχεται να μπορούν να αντιληφθούν εύκολα οι μαθητές ότι παρόλο που και οι τρεις αυτοί πολυσακχαρίτες οικοδομούνται από το ίδιο

			και το γλυκογόνο λειτουργούν ως αποταμιευτικές ουσίες.	μονομερές, το μόριο της γλυκόζης, διαφέρουν ως προς το μέγεθος, τη τους μορφή που παίρνει το μόριο, και τη λειτουργία τους.
20.	<ul style="list-style-type: none"> Τα υδρόφιλα τμήματα των λιπιδίων στρέφονται προς το ενδοκυτταρικό και προς το εξωκυτταρικό περιβάλλον, που είναι υδατικά ... γιατί πολλές από τις πρωτεΐνες τους αδρανοποιούνται. (2.2) Σε ότι αφορά το ρόλο των πρωτεϊνών της μεμβράνης, ... δέχονται και μεταβιβάζουν στο εσωτερικό του κυττάρου μηνύματα από το περιβάλλον κ.ά. (2.2) 	άμεση	Τα υδρόφιλα τμήματα των λιπιδίων στρέφονται προς το ενδοκυτταρικό και προς το εξωκυτταρικό περιβάλλον, που είναι υδατικά, ενώ τα υδρόφοβα τμήματα (ουρές) στρέφονται προς το εσωτερικό, ώστε να αποφεύγουν την επαφή τους με το νερό. Οι έλξεις που αναπτύσσονται μεταξύ των υδρόφιλων τμημάτων και των μορίων του νερού, καθώς και οι έλξεις των υδρόφοβων τμημάτων μεταξύ τους, προσδίδουν στη μεμβράνη σταθερότητα, χωρίς παράλληλα να την κάνουν στατική, ώστε τα λιπίδια και πρωτεΐνες της μεμβράνης να μπορούν να αλλάζουν θέση. Ο ρόλος των πρωτεϊνών της μεμβράνης, εκτός από δομικός μπορεί να είναι και λειτουργικός, να ελέγχουν, δηλαδή την είσοδο ή έξοδο ουσιών, να δέχονται και να μεταβιβάζουν μηνύματα στο εσωτερικό του κυττάρου κ.ά.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της πλασματικής μεμβράνης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη δομή και τη λειτουργία της. Η έννοια “ρευστό μωσαϊκό” ενδέχεται να διασαφηνιστεί, μιας και θα εντοπίζονται τα χημικά μόρια-πρωτεΐνες που τη διαπερνούν κάθετα και οριζόντια και την καθιστούν ρευστή. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της πλασματικής μεμβράνης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη σημασία της δομής της πλασματικής μεμβράνης για την επιτέλεση των λειτουργιών της. Επίσης θα γίνει αντιληπτό πως οι πρωτεΐνες και οι πολυσακχαρίτες της συμβάλλουν στην μετακίνηση μηνυμάτων από το ένα σημείο της στο άλλο αλλά και από εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό του κυττάρου.
21.	Ο πυρήνας περιβάλλεται από τον πυρηνικό φάκελο ...γιατί ελέγχουν τα μακρομόρια που ανταλλάσσονται μεταξύ τους. (2.3)	άμεση	Ο πυρηνικός φάκελος κατά διαστήματα παρουσιάζει πόρους, που σχηματίζονται από τη συνένωση της εσωτερικής με την εξωτερική μεμβράνη. Οι πυρηνικοί πόροι παίζουν σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία του πυρήνα με το κυτταρόπλασμα, γιατί ελέγχουν τα μακρομόρια που ανταλλάσσονται μεταξύ τους.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση του πυρηνικού φακέλου οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα τη λειτουργία των πυρηνικών πόρων και τον ρόλο αυτών στην ανταλλαγή μηνυμάτων μέσω του πυρήνα και του υπόλοιπου κυττάρου. Η εισαγωγή κινούμενων γραφικών της δομής του πυρήνα στο μαθησιακό αντικείμενο, όπου θα επισημαίνονται ο πυρήνας, ο πυρηνίσκος, το κυτταρόπλασμα των κυττάρων που απεικονίζονται, ενδέχεται να βοηθήσει τους μαθητές στην καλύτερη κατανόηση της δομής και του ρόλου του πυρήνα.

22.	Χλωροπλάστες και μιτοχόνδρια - Οι μετατροπείς ενέργειας των κυττάρων. (2.3)	άμεση	Τα οργανίδια του ευκαρυωτικού κυττάρου τα εξειδικευμένα στη μετατροπή της εξωτερικής ενέργειας σε χρησιμοποιήσιμη μορφή είναι οι χλωροπλάστες και τα μιτοχόνδρια. Όπως οι χλωροπλάστες, έτσι και τα μιτοχόνδρια περιβάλλονται από διπλή στοιχειώδη μεμβράνη. Στη μήτρα του μιτοχονδρίου, όπως και στο στρώμα του χλωροπλάστη, υπάρχουν DNA, ένζυμα και ριβοσώματα.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση των μιτοχονδρίων και των χλωροπλάστων οι μαθητές ενδέχεται να αντιληφθούν τη δομή τους ρεαλιστικά και να παρατηρήσουν τις διαδικασίες που αυτά επιτελούν.
23.	Φωτοσύνθεση. (3.3)	έμμεση	Η είσοδος του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα γίνεται με διάχυση από τα στόματα προς τους μεσοκυττάριους χώρους των κυττάρων του μεσόφυλλου και τελικά φτάνει στους χλωροπλάστες. Το νερό εισέρχεται στις ρίζες από το έδαφος και μέσω των αγγείων φτάνει στα φύλλα. Μαζί με το νερό μεταφέρονται ιόντα, όπως νιτρικά, φωσφορικά, θειικά, μαγνησίου κ.ά., που χρησιμεύουν στη σύνθεση πρωτεϊνών και άλλων ουσιών.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της φωτοσύνθεσης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν καλύτερα την σπουδαιότητα των φυτικών οργανισμών στην παραγωγή οξυγόνου, στην απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα και στην μεταφορά θρεπτικών συστατικών από το έδαφος (διαπνοή) στο εσωτερικό τους και έπειτα σε όλους τους οργανισμούς μέσω τροφικών αλυσίδων.
24.	Κυτταρική αναπνοή. (3.4)	άμεση	Η κυτταρική αναπνοή είναι η καταβολική διαδικασία των κυττάρων, κατά την οποία πολύπλοκα μόρια, όπως υδατάνθρακες, λίπη και πρωτεΐνες, οξειδώνονται προκειμένου να απελευθερώσουν ενέργεια, που είναι απαραίτητη σε άλλες κυτταρικές διαδικασίες.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση της κυτταρικής αναπνοής, μπορούν να τονίζονται στους μαθητές οι διαφορές σχετικά με την κυτταρική αναπνοή, αν η οξείδωση πραγματοποιείται με οξυγόνο (αερόβια αναπνοή) ή αν επιτυγχάνεται ο καταβολισμός χωρίς την παρουσία οξυγόνου (αναερόβια αναπνοή), ώστε να κατανοήσουν εύκολα και σε βάθος τον παραπάνω μηχανισμό.

Βιβλίο: Β. Αλεπόρου-Μαρίνου, Α. Αργυροκαστρίτης, Αι. Κομητοπούλου, Π. Πιαλόγλου, Β. Σγουρίτσα				
α/α	Κείμενο σχολικού βιβλίου	Άμεση/ Έμμεση αναφορά	Σχέση δομής/ λειτουργίας	Προσδοκώμενο όφελος από τη 3D απεικόνιση
1.	<ul style="list-style-type: none"> Ο Griffith χρησιμοποίησε δύο στελέχη του βακτηρίου πνευμονιόκοκκος 	έμμεση	Η εισαγωγή DNA από τα λεία βακτήρια στα αδρά, μπορεί να μετασχηματίσει τα αδρά βακτήρια και να τους δώσει ένα καινούριο	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση 2 βακτηρίων (αδρά και λεία) οι μαθητές ενδέχεται να μπορούν να συγκρίνουν τα

	(<i>Diplococcus pneumoniae</i>), τα οποία ξεχωρίζουν μορφολογικά, όταν καλλιεργηθούν σε θρεπτικό υλικό, λόγω της παρουσίας ή μη ενός προστατευτικού καλύμματος (1 ^ο κεφάλαιο). • Ο Griffith συμπέρανε ότι μερικά αδρά βακτήρια «μετασχηματίστηκαν» σε λεία παθογόνα ... ήταν το DNA (1 ^ο κεφάλαιο).		γνώρισμα, όπως είναι η κάψα. Με αυτόν τον τρόπο αλλάζει η δομή των αδρών βακτηρίων αφού σχηματίζουν κάψα και μετατρέπονται σε λεία.	βακτήρια και να διαπιστώσουν που οφείλεται η προέλευση του ονόματος των βακτηρίων (ονομάζονται έτσι εξαιτίας της επιφάνειάς τους), να αντιληφθούν τη διαφορετική δομή τους και να συσχετίσουν την κάψα με την παθογένεια του βακτηρίου. Επίσης ενδέχεται να μπορούν να παρατηρήσουν την εισαγωγή πλασμιδίων σε βακτηριακά κύτταρα με ρεαλιστικό τρόπο, κάτι που δεν μπορεί να αποδοθεί δισδιάστατα.
2.	Τα πλασμιδία έχουν τη δυνατότητα να ανταλλάσσουν γενετικό υλικό ... και του προσδίδουν καινούριες ιδιότητες (1 ^ο κεφάλαιο).	άμεση		
3.	Για να μπει ένα πλασμιδίο μέσα στο βακτήριο, τα τοιχώματα του βακτηρίου γίνονται παροδικά διαπερατά σε μακρομόρια, μετά από κατάλληλη κατεργασία (μετασχηματισμός). (4 ^ο κεφάλαιο)	άμεση		
4.	Η οριστική επιβεβαίωση ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό ... για να πολλαπλασιαστούν και να παραχθούν οι νέοι φάγοι. (1 ^ο κεφάλαιο)	έμμεση	Το DNA των φάγων ενσωματώνεται στο DNA των βακτηρίων. Το DNA των φάγων περιέχει γονίδια για το σχηματισμό πρωτεϊνών και γενετικού υλικού ώστε να δημιουργηθούν οι νέοι φάγοι.	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση ενδέχεται να παρατηρηθεί πιο εύκολα ο τρόπος με τον οποίο διεκπεραιώνεται ο λυτικός κύκλος, σε σχέση με τη δισδιάστατη αναπαράσταση. Με τον τρόπο αυτό ενδέχεται να διευκολυνθεί η σκέψη των μαθητών, και η κατανόηση του συγκεκριμένου πειράματος.
5.	Ιχνηθέτηση. Είναι η σήμανση χημικών μορίων με τη χρήση ραδιενεργών ισωτόπων, φθοριζουσών ουσιών, κτλ (1 ^ο κεφάλαιο).	άμεση	Το ραδιοϊσότοπο του ³² P εκπέμπει σωματίδια β και χρησιμοποιείται συνήθως για ραδιοεπισήμανση του DNA και RNA στα βιοχημικά εργαστήρια. Εξαιτίας της υψηλής ενέργειας των β-σωματιδίων που εκπέπονται, ο ³² P ενσωματώνεται πολύ εύκολα στα νουκλεϊνικά οξέα, τα οποία με αυτόν τον τρόπο ιχνηθετούνται.	Μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης θα μπορούσε να απεικονιστεί η εκπομπή των σωματιδίων β και η ενσωμάτωση του ³² P στα νουκλεϊκά οξέα και μόνο. Επίσης, ενδέχεται να ευνοηθεί η σύγκριση ενός ιχνηθετημένου μορίου με ένα μη – ιχνηθετημένο και η κατανόηση της χημικής συμπεριφοράς αυτών.
6.	• Το DNA, όπως και το RNA, είναι ένα μακρομόριο ... της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας είναι 5'→3' (1 ^ο	άμεση	Απεικόνιση σχηματισμού φωσφοδιεστερικών δεσμών και δεσμών υδρογόνου, οι οποίοι εξασφαλίζουν τη σταθερότητα της δομής του DNA.	Η απεικόνιση των υδρόφιλων – υδρόφοβων ομάδων θα μπορούσε να βοηθήσει στην κατανόηση του σχηματισμού της διπλής έλικας.

	κεφάλαιο). • Το μοντέλο της διπλής έλικας του DNA, που αναφέρεται ... απέναντι από το 5' άκρο της άλλης (1 ^ο κεφάλαιο).			Επιπλέον, υποβοηθάται η κατανόηση του κανόνα της συμπληρωματικότητας των αζωτούχων βάσεων, και της αντιπαράλληλης των δύο αλυσίδων.
7.	Οι Watson και Crick φαντάστηκαν ... ημισυντηρητικός (2 ^ο κεφάλαιο).	άμεση		
8.	• Το γενετικό υλικό των ευκαρυωτικών κυττάρων... η χημική σύσταση του γενετικού υλικού παραμένει αμετάβλητη (1 ^ο κεφάλαιο). • Εικόνα 1.7 Επίπεδα πακεταρίσματος του DNA στο μεταφασικό χρωμόσωμα (1 ^ο κεφάλαιο).	άμεση	Το DNA τυλίγεται γύρω από το οκταμερές των ιστονών και αλλάζει δομή, γίνεται δηλαδή νουκλεόσωμα, το οποίο βοηθάει στην οργάνωση της χρωματίνης. Στη συνέχεια σχηματίζονται τα ινίδια χρωματίνης, οι θηλιές και το μεταφασικό χρωμόσωμα. Οι διαφορετικές αυτές μορφές που αποκτάει το γενετικό υλικό εξασφαλίζουν τον ασφαλή διαχωρισμό των αδελφών χρωματίδων, ώστε να μη σπάσει ή να μη χαθεί γενετικό υλικό κατά την κυτταρική διαίρεση.	Μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης του σχηματισμού νουκλεοσωμάτων, των θηλιών ενδέχεται να γίνει αντιληπτή η περαιτέρω αναδίπλωση του DNA με τη βοήθεια μη ιστονών. Οι μαθητές ενδέχεται να αντιληφθούν ότι το DNA δεν περιστρέφεται απλώς γύρω από τις ιστόνες, αλλά ταυτόχρονα εισχωρεί μέσα από το οκταμερές, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο μία πολύ συμπαγή δομή. Επίσης, ενδέχεται να συλλάβουν το γεγονός πώς οι μη ιστόνες συμμετέχουν στο πακετάρισμα του DNA, κάτι που αναφέρεται, αλλά δεν απεικονίζεται στο σχολικό βιβλίο.
9.	Τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες ... ως ημιαυτόνομα (1 ^ο κεφάλαιο).	έμμεση	Η δομή των μιτοχονδρίων και των χλωροπλάστων τα καθιστά τα πλέον κατάλληλα οργανίδια για να επιτελέσουν τις λειτουργίες τους, δηλαδή την οξειδωτική φωσφορυλίωση, και τη φωτοσύνθεση αντίστοιχα.	Μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης της αναπαράστασης της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης, και της φωτοσύνθεσης οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν ευκολότερα την λειτουργία των μιτοχονδρίων και των χλωροπλάστων. Με την απεικόνιση της μεταφοράς ηλεκτρονίων (καθώς και πρωτονίων στα μιτοχόνδρια) από τις μεμβράνες των οργανιδίων αυτών και την περιήγηση στο εσωτερικό των μιτοχονδρίων και των χλωροπλάστων, ενδέχεται να μπορούν να αντιληφθούν εύκολα ότι η λειτουργία των οργανιδίων αυτών οφείλεται στη δομή τους.
10.	Τα κύτταρα διαθέτουν ένα σημαντικό «οπλοστάσιο» εξειδικευμένων ενζύμων ...	άμεση	Η λειτουργία των ενζύμων και των πρωτεϊνών γενικότερα της	Με την τρισδιάστατη ρεαλιστική απεικόνιση του

	ειδικά επιδιορθωτικά ένζυμα (2 ^ο κεφάλαιο).		αντιγραφής, της αντίστροφης μεταγραφής και της μεταγραφής, αλλά και των αντισωμάτων, στηρίζεται στην τρισδιάστατη μορφή τους. Μπορεί να απεικονιστεί:	τρόπου δράσης των ενζύμων, σε σχέση με τη τρισδιάστατη αναπαράσταση, ενδέχεται να κατανοηθούν εύκολα οι μηχανισμοί της αντιγραφής-μεταγραφής και μετάφρασης καθώς επίσης και ο ρόλος των ενζύμων που συμμετέχουν σε αυτούς τους μηχανισμούς, από την προβολή της σύνδεσης του ενεργού τους κέντρου με τα υποστρώματα που χρησιμοποιούν (σχέση κλειδιού – κλειδαριάς).
11.	Ένα ένζυμο που υπάρχει στους ίδιους τους ιούς, η αντίστροφη μεταγραφή , χρησιμοποιεί ως καλούπι το RNA, για να συνθέσει DNA. Επιπλέον, σε ορισμένους ιούς το RNA έχει την ικανότητα να αυτοδιπλασιάζεται. (2 ^ο κεφάλαιο).	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η σύνδεση αυτών των ενζύμων (DNA ελικάση, DNA πολυμεράση, DNA δεσμάση, πριμόσωμα, επιδιορθωτικά ένζυμα, αντίστροφη μεταγραφή, ένζυμο που συμμετέχει στην αντιγραφή των RNA ιών, μεταγραφικοί παράγοντες, RNA πολυμεράση) με το αντίστοιχο νουκλεϊκό οξύ. ▪ Η σύνδεση ενός αντισώματος με το αντιγόνο που αναγνωρίζει. 	
12.	Η RNA πολυμεράση προσδένεται σε ειδικές περιοχές του DNA,... το ένα μετά το άλλο, με 3'-5' φωσφοδιεστερικό δεσμό. (2 ^ο κεφάλαιο).	άμεση		
13.	Εικόνα 2.5 (2 ^ο κεφάλαιο).	άμεση		
14.	Τα αντισώματα είναι πρωτεϊνικά μόρια, που παράγονται από τα Β-λεμφοκύτταρα ... οι μεταμοσχεύσεις να είναι επιτυχείς (8 ^ο κεφάλαιο).	άμεση		
15.	Αγγελιαφόρο RNA ... στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς (2 ^ο κεφάλαιο).	άμεση	Η λειτουργία των μορίων RNA εξυπηρετείται από την τρισδιάστατη δομή τους. Συγκεκριμένα, μπορεί να απεικονιστεί:	Οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν σε βάθος μέσω ρεαλιστικής τρισδιάστατης απεικόνισης τον τρόπο δράσης των μορίων που αναφέρθηκαν.
16.	Όταν ένα γονίδιο που περιέχει εσώνια μεταγράφεται, δημιουργείται το πρόδρομο mRNA ... Έτσι σχηματίζεται το « ώριμο » mRNA. (2 ^ο κεφάλαιο).	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ο σχηματισμός των ριβονουκλεοπρωτεϊνικών σωματιδίων, πώς δηλαδή το snRNA προσδένεται με πρωτεΐνες. ▪ Ο ρόλος των ριβονουκλεοπρωτεϊνικών σωματιδίων κατά την ωρίμανση του mRNA (σύνδεση με εσώνια, αποκοπή τους και συρραφή εξωνίων). ▪ Η διέλευση του ώριμου mRNA από την πυρηνική μεμβράνη κατά την πορεία του στα ριβοσώματα. 	Βασικό σημείο είναι να τονιστεί και ο ρόλος του snRNA και του παράγοντα απελευθέρωσης πιο ρεαλιστικά μέσω της τρισδιάστατης απεικόνισης, γιατί τα προηγούμενα χρόνια δεν γίνεται καμία αναφορά στα σχολικά βιβλία για τη σπουδαιότητά τους στην ωρίμανση του mRNA και στη λήξη της πρωτεϊνοσύνθεσης αντίστοιχα.
17.	<ul style="list-style-type: none"> • Η μετάφραση του mRNA, δηλαδή η αντιστοίχιση των κωδικονίων σε αμινοξέα ... Το σύμπλεγμα των ριβοσωμάτων με mRNA ονομάζεται πολύσωμα (2^ο κεφάλαιο). • Εικόνα 2.11 (2^ο κεφάλαιο) 	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η πρόσδεση του rRNA της μικρής υπομονάδας των ριβοσωμάτων με την 5' αμετάφραστη περιοχή του mRNA. ▪ Η πρόσδεση του tRNA με το κατάλληλο αμινοξύ, και σύνδεσή του με το mRNA (κωδικόνιο – αντικωδικόνιο). ▪ Η σύνδεση της μεγάλης ριβοσωμικής υπομονάδας με τη 	Επίσης, ενδέχεται να γίνει πιο εύκολα αντιληπτή η δομή των ριβοσωμάτων (και οι μαθητές ενδέχεται να αντιληφθούν ότι δεν είναι οργανίδια), του πολυσώματος αλλά και η σπουδαιότητά τους για την πραγματοποίηση της μετάφρασης.
18.	Στο επίπεδο μετά τη μεταγραφή ... αφήνει τον πυρήνα και εισέρχεται στο κυτταρόπλασμα (2 ^ο κεφάλαιο).	άμεση		

			<p>μικρή και η μετακίνηση του ριβοσώματος κατά μήκος του mRNA.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Η σύνδεση του παράγοντα απελευθέρωσης με το mRNA και η απομάκρυνση των ριβοσωμικών υπομονάδων από αυτό. ▪ Η ταυτόχρονη μετάφραση ενός μορίου mRNA από πολλά ριβοσώματα. 	
19.	Τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού ... γίνεται σε πολλά επίπεδα (2 ^ο κεφάλαιο).	άμεση	Από το 1 ^ο κύτταρο του νέου οργανισμού, το ζυγωτό, δημιουργούνται τελικά διαφορετικοί κυτταρικοί τύποι, ο καθένας εκ των οποίων επιτελεί διαφορετική λειτουργία. Η μορφολογία του κάθε κυττάρου εξυπηρετεί στη λειτουργία του.	Η απεικόνιση της κυτταρικής διαφοροποίησης με τρισδιάστατο τρόπο ενδέχεται να διευκολύνει τους μαθητές ώστε να αντιληφθούν πώς από μία μάζα όμοιων μορφολογικά κυττάρων προκύπτουν τελικά διαφορετικοί κυτταρικοί τύποι με διαφορετικό μέγεθος, σχήμα, λειτουργία. Θα μπορούσε επίσης να γίνει απεικόνιση – σύγκριση κυττάρων διαφορετικών κυτταρικών τύπων π.χ. νευρικά, μυϊκά, ερυθρά αιμοσφαίρια, γαμετικά.
20.	Οι ερευνητές περιέγραψαν την ικανότητα ... της έκφρασής τους (2 ^ο κεφάλαιο).	άμεση	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Η σύνδεση του καταστολέα με το χειριστή αποτρέπεται, όταν ο επαγωγέας προσδένεται στον καταστολέα, παρουσία λακτόζης με ταυτόχρονη απουσία γλυκόζης. Η πρόσδεση αυτή έχει ως αντίκτυπο αλλαγή στη στερεοδιάταξη του καταστολέα και γι'αυτό δεν μπορεί να καταστείλει τη μεταγραφή και κατ'επέκταση την έκφραση των δομικών γονιδίων. ▪ Η λειτουργία των ενζύμων του οπερονίου της λακτόζης, στηρίζεται στην τρισδιάστατη μορφή τους. 	Μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης ενδέχεται να γίνει πιο κατανοητή ότι η διαφορετική τρισδιάστατη δομή του καταστολέα σημαίνει ότι το οπερόνιο είναι ενεργό ή ανενεργό αντίστοιχα. Επίσης, μια απεικόνιση της σύνδεσης της λακτόζης με τον καταστολέα ενδέχεται να βοηθήσει τους μαθητές να αντιληφθούν το οπερόνιο (σχέση κλειδιού – κλειδαριάς). Ακόμη μια απεικόνιση της διάσπασης της λακτόζης από τα 3 ένζυμα που παράγονται όταν ο καταστολέας είναι ανενεργός, ενδέχεται να συμβάλλει στην ευκολότερη κατανόηση.
21.	Στο επίπεδο της μεταγραφής ... τη μεταγραφή ενός γονιδίου (2 ^ο κεφάλαιο).	έμμεση	Η πρόσδεση των μεταγραφικών παραγόντων στον υποκινητή οφείλεται στην τρισδιάστατη δομή τους.	Με την απεικόνιση τόσο μεταγραφικών παραγόντων, οι οποίοι προέρχονται από διαφορετικούς κυτταρικούς τύπους, όσο και υποκινητών διαφόρων γονιδίων, και της σύνδεσης μεταξύ τους, ενδέχεται να μπορούν οι

				μαθητές να συσχετίσουν το σχήμα των μεταγραφικών παραγόντων με την έναρξη της μεταγραφής και να κατανοήσουν για ποιο λόγο δεν εκφράζονται όλα τα γονίδια σε όλους τους κυτταρικούς τύπους.
22.	Όμως δεν έχουν όλες οι πρωτεΐνες του οργανισμού ως πρώτο αμινοξύ μεθειονίνη. Αυτό συμβαίνει γιατί, σε πολλές πρωτεΐνες, μετά τη σύνθεσή τους απομακρύνονται ορισμένα αμινοξέα από το αρχικό αμινοξύ άκρο τους. (2 ^ο κεφάλαιο)	άμεση	Πραγματοποιείται αφαίρεση αμινοξέων από το αρχικό αμινοξύ άκρο, ή αποκοπή του ενδιάμεσου πεπτιδίου (π.χ. προΐνσουλίνη – ινσουλίνη), ή άλλες μεταμεταφραστικές τροποποιήσεις (γλυκοζυλίωση, ακετυλίωση, φωσφορυλίωση, μεθυλίωση), ώστε η πρωτεΐνη να γίνει βιολογικά λειτουργική. Οι τροποποιήσεις αυτές δίνουν διαφορετική τρισδιάστατη δομή στην εκάστοτε πρωτεΐνη, και έτσι, γίνεται ικανή να επιτελέσει τη λειτουργία της.	Μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης ενδέχεται να οδηγηθούν τα παιδιά στη διαπίστωση ότι η τρισδιάστατη δομή των πρωτεϊνών, και επομένως η λειτουργία τους, καθορίζεται από την αλληλουχία των αμινοξέων της εκάστοτε πρωτεΐνης. Το σχήμα της πρωτεΐνης μπορεί να αλλάξει, ακόμα και αν αφαιρεθεί έστω και ένα αμινοξύ, εξαιτίας των διαφορετικά φορτισμένων αμινοξέων της.
23.	Στο επίπεδο μετά τη μετάφραση ... για να γίνει βιολογικά λειτουργική (2 ^ο κεφάλαιο).	έμμεση		
24.	Η προΐνσουλίνη συλλέγεται και με κατάλληλο ένζυμο, που αφαιρεί το ενδιάμεσο πεπτιδίο, μετατρέπεται σε ινσουλίνη (8 ^ο κεφάλαιο).	άμεση		
25.	Η ανακάλυψη των περιοριστικών ενδονουκλεασών ... με την περιοριστική αυτή ενδονουκλεάση (4 ^ο κεφάλαιο).	άμεση	Η λειτουργία των περιοριστικών ενδονουκλεασών εξυπηρετείται από την τρισδιάστατη δομή τους. Συγκεκριμένα, μπορεί να απεικονιστεί: Η σύνδεση με το νουκλεϊκό οξύ και η δράση των περιοριστικών ενδονουκλεασών, σε περίπτωση που έρθουν σε επαφή με μία αλληλουχία που αναγνωρίζουν.	Μια τρισδιάστατη απεικόνιση του τρόπου δράσης των περιοριστικών ενδονουκλεασών στοχεύει στην κατανόηση σε βάθος του τρόπου λειτουργίας των ενζύμων αυτών. Κάποιες 3d εικόνες, και animations που θα παρουσιάζουν τη λειτουργία τους, ενδέχεται να φανούν χρήσιμα στην κατανόηση της εξειδικευμένης δράσης τους.
26.	Εικόνα 4.1 - γονιδιωματική βιβλιοθήκη (4 ^ο κεφάλαιο).	έμμεση		
27.	Η διαδικασία που ακολουθείται ... παράγουν το ένζυμο ADA (8 ^ο κεφάλαιο).	άμεση		
28.	Η κυστική ίνωση οφείλεται ... παρήγαγε το φυσιολογικό προϊόν (8 ^ο κεφάλαιο).	άμεση		
29.	<ul style="list-style-type: none"> • Το βακτήριο <i>Agrobacterium tumefaciens</i> ... τις νέες ιδιότητες στους απογόνους τους (9^ο κεφάλαιο). • Εικόνα 9.3 (9^ο κεφάλαιο). 	άμεση	Μπορεί να απεικονιστεί πώς η ενσωμάτωση ξένου DNA βοηθάει στο να εκφραστεί ένα καινούριο γνώρισμα (π.χ. βακτήρια που έχουν μπλε χρώμα και μετασχηματισμένα βακτήρια που δεν έχουν μπλε χρώμα, παραγωγή τοξίνης, ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά, παραγωγή πρωτεΐνης που φυσιολογικά δεν παράγεται).	Μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης αυτών των μηχανισμών οι μαθητές ενδέχεται να μπορούν να ενεργούν σαν να κατασκευάζουν οι ίδιοι το μόριο DNA, κερδίζοντας μια επισκόπηση των κυτταρικών διεργασιών που αφορούν μόρια DNA. Είναι σημαντικό ότι θα μπορούν να κατασκευάσουν ένα μόριο DNA ακολουθώντας το πρότυπο γονιδιακής αλληλουχίας και με αυτόν τον τρόπο θα ασχοληθούν με την κριτική και δυναμική εκμάθηση των βιολογικών λειτουργιών που είναι ενσωματωμένες στη
30.	Το βακτήριο <i>Bacillus thuringiensis</i> ... που αποτελούν τις ποικιλίες Bt)	άμεση		

	(9 ^ο κεφάλαιο).			δομή του DNA. Έτσι, στο τέλος αυτής της εμπειρίας, οι μαθητές ενδέχεται να είναι σε θέση να απεικονίσουν και να διερευνήσουν τη δομή του διπλού κλώνου του DNA, να περιγράψουν τη σχέση μεταξύ DNA και γενετικών χαρακτηριστικών και να εφαρμόσουν τις μαθησιακές έννοιες σε περαιτέρω εμπειρίες.
31.	Εικόνα 8.5 (8 ^ο κεφάλαιο).	άμεση	Κατά την in vivo γονιδιακή θεραπεία, το φυσιολογικό γονίδιο μπορεί να εισέλθει στα κύτταρα του ιστού που εμφανίζει τη βλάβη, μέσω ιών, λιποσωμάτων και με τη μορφή «γυμνού DNA».	Η ρεαλιστική απεικόνιση της εισαγωγής του DNA σε κύτταρα, κάτι που δεν μπορεί να αποδοθεί δισδιάστατα, ενδέχεται να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τον τρόπο που το ξένο DNA εισέρχεται και ενσωματώνεται στο γενετικό υλικό του εκάστοτε κυττάρου.
32.	Οι διαφορετικές μορφές του ίδιου χαρακτήρα ... αυτό που καλύπτεται υπολειπόμενο (5 ^ο κεφάλαιο).	άμεση	Ορισμοί που αφορούν τα γονίδια όπως αλληλόμορφα γονίδια, ομόζυγο - ετερόζυγο άτομο, επικρατές – υπολειπόμενο γονίδιο συνδέονται άμεσα με την αλληλουχία των νουκλεοτιδίων των γονιδίων αλλά και των χρωμοσωμάτων.	Η απεικόνιση της δομής αλλά και η εμπλοκή των μαθητών στη δημιουργία τρισδιάστατων γονιδίων ενδέχεται να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν άμεσα και να διερευνήσουν έννοιες στην πράξη. Επίσης η βιντεοπαρουσίαση και σχηματικής απεικόνισης των δομών: “αλληλόμορφο γονίδιο”, “επικρατές” και “υπολειπόμενο” γονίδιο, “ομόζυγο” και “ετερόζυγο” άτομο, “φαινότυπος” και “γονότυπος” που να παρουσιάζονται ο διαχωρισμός των αλληλόμορφων γονιδίων κατά τη δημιουργία των γαμετών στους διπλοειδείς οργανισμούς ενδέχεται να συνεπάρει τους μαθητές και να τους βοηθήσει να ξεκαθαρίσουν τις παραπάνω έννοιες και να κατανοήσουν τον τρόπο κληρονομής των χαρακτηριστικών.
33.	<ul style="list-style-type: none"> • Η πρώτη γενετική ασθένεια που βρέθηκε ... μεγαλύτερο από 3.000 m (6^ο κεφάλαιο). • Το παράδειγμα της δρεπανοκυτταρικής 	άμεση	Η αλλαγή στη δομή των γονιδίων επηρεάζει και τη λειτουργία των παραγόμενων πρωτεϊνών, με αποτέλεσμα να προκαλούνται προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου, ακόμα και δημιουργία	Μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης οι μαθητές ενδέχεται όχι μόνο να μπορέσουν να αντιληφθούν τις επιπτώσεις των μεταλλάξεων, αλλά και να

	αναιμίας δείχνει ότι μία ασθένεια μπορεί να είναι το αποτέλεσμα αντικατάστασης ... όχι μόνο σε περιοχές του DNA που μεταγράφονται (γονίδια) αλλά και στις υπόλοιπες. (6 ^ο κεφάλαιο)		καρκίνου. Π.χ. η αντικατάσταση βάσης από GAG σε GTG προκαλεί την αλλαγή στη στερεοδιάταξη της αιμοσφαιρίνης, η οποία δυσκολεύεται πλέον να επιτελέσει το φυσιολογικό της ρόλο, είναι η αιτία της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας.	συνειδητοποιήσουν ότι η αντικατάσταση ενός μόνο νουκλεοτιδίου μπορεί να επηρεάσει τα κωδικόνια του DNA, συνεπώς και του RNA, άρα και την αλληλουχία των αμινοξέων, κατά την πρωτεϊνοσύνθεση. Έτσι, λόγω των διαφορετικά φορτισμένων αμινοξέων (σε σχέση με την αλληλουχία της πολυπεπτιδικής αλυσίδας που παράγεται φυσιολογικά), έχουμε σαν αποτέλεσμα την παραγωγή μιας διαφορετικής πολυπεπτιδικής αλυσίδας και κατ' επέκταση μιας διαφορετικής πρωτεΐνης, όσον αφορά τη στερεοδιάταξη αλλά και τη λειτουργία της.
34.	Τα ερυθρά αιμοσφαίρια του ανθρώπου περιέχουν κυρίως μια πρωτεΐνη, την αιμοσφαιρίνη, ... επειδή η πολυπεπτιδική αλυσίδα αποτελεί συστατικό αυτών των αιμοσφαιρινών (6 ^ο κεφάλαιο).	άμεση		
35.	Τα ογκογονίδια «προέρχονται» ... έλλειψης ενός ογκοκατασταλτικού γονιδίου (6 ^ο κεφάλαιο).	άμεση		
36.	<ul style="list-style-type: none"> Όμως τα Β-λεμφοκύτταρα δεν επιβιώνουν ... ενός μονοκλωνικού αντισώματος (8^ο κεφάλαιο). Εικόνα 8.2 (8^ο κεφάλαιο). 	άμεση	Με τη σύντηξη καρκινικών κυττάρων και Β-λεμφοκυττάρων παράγονται τα υβριδώματα, που έχουν τη δυνατότητα να παραμένουν σε κυτταροκαλλιέργειες για μεγάλα χρονικά διαστήματα και να παράγουν μεγάλες ποσότητες αντισωμάτων.	Μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης οι μαθητές ενδέχεται να παρατηρήσουν και να συγκρίνουν καρκινικά κύτταρα, Β-λεμφοκύτταρα, υβριδώματα, και διαφοροποιημένα υβριδώματα, και να κατανοήσουν σε βάθος τη διαδικασία παραγωγής μονοκλωνικών αντισωμάτων από υβριδώματα.

Βιβλίο: ΣΜ. Αδαμαντιάδου, Μ. Γεωργάτου, Χ. Γιαπιτζάκης, Λ. Λάκκα, Δ. Νοταράς, Ν. Φλωρεντίν, Γ. Χατζηγεωργίου, Ολ. Χαντηκωντή				
α/α	Κείμενο σχολικού βιβλίου	Άμεση/ Έμμεση αναφορά	Σχέση δομής/ λειτουργίας	Προσδοκώμενο όφελος από τη 3D απεικόνιση
1.	Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα ομοιοστατικού μηχανισμού ... αποτρέπει την αύξηση της θερμοκρασίας του. (1.1)	άμεση	Τόσο ο μηχανισμός ρύθμισης της θερμοκρασίας του σώματος στους 36,6 °C, όσο και διάφοροι μηχανισμοί άμυνας, όπως ο μηχανισμός της φλεγμονώδους αντίδρασης, ή η προστασία που μας παρέχει το δέρμα έναντι των παθογόνων μικροοργανισμών, πραγματοποιούνται εξαιτίας της συνεργασίας διαφορετικών κυτταρικών τύπων, που είναι σχεδιασμένοι ειδικά ώστε να εξασφαλίζουν την εύρυθμη λειτουργία του οργανισμού.	Με τη συστημική τρισδιάστατη αναπαράσταση οι μαθητές ενδέχεται να έχουν μια ρεαλιστική προσέγγιση του τρόπου με τον οποίο λειτουργούν οι συγκεκριμένοι μηχανισμοί.
2.	Φλεγμονώδης αντίδραση ... ένα παχύρρευστο κιτρινωπό υγρό, το πύον. (1.3.1)	άμεση		Επίσης, με τον τρόπο αυτό ενδέχεται να διευκολυνθεί η σκέψη των μαθητών, και να μπορούν να αντιληφθούν ότι όλες οι ενέργειες που πραγματοποιούνται γίνονται συντονισμένα και πολλές φορές ταυτόχρονα.
3.	Το δέρμα εμποδίζει αποτελεσματικά την είσοδο των μικροβίων ... λειτουργεί ως φραγμός στην είσοδο των μικροβίων, (1.3.1)	άμεση		
4.	Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορεί να είναι ευκαρυωτικοί,	άμεση	Η διαφορά μεγέθους των μικροοργανισμών αντιστοιχεί σε περισσότερες ή λιγότερες	Με την τρισδιάστατη απεικόνιση πρωτοζώων,

	προκαρυωτικοί ή ιοί. Στους ευκαρυωτικούς ανήκουν τα πρωτόζωα και οι μύκητες, ενώ στους προκαρυωτικούς τα βακτήρια. (1.2.1)		λειτουργίες. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος ενός μικροοργανισμού τόσο περισσότερα οργανίδια μπορεί αυτό να διαθέτει. Οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί διαθέτουν πυρήνα και μεμβρανώδη οργανίδια, σε σχέση με τους προκαρυωτικούς οργανισμούς. Οι ιοί, που έχουν το μικρότερο μέγεθος διαθέτουν την πιο απλή δομή.	μυκήτων, βακτηρίων και ιών οι μαθητές ενδέχεται να μπορούν να συγκρίνουν τους μικροοργανισμούς, και να αντιληφθούν τις δομικές και λειτουργικές διαφορές τους. Έτσι ενδέχεται να συσχετίσουν τη δομή των μικροοργανισμών με τις λειτουργίες που επιτελούν ώστε να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν.
5.	Πολλά μικρόβια απειλούν την υγεία μας ... ανάλογα με τη φύση τους, συγκεκριμένα όργανα. (1.2.1)	άμεση	Πολλά παθογόνα βακτήρια διαθέτουν ενδοτοξίνες στο κυτταρικό τους τοίχωμα, ενώ άλλα εκκρίνουν εξωτοξίνες και με τον τρόπο αυτό απειλούν την υγεία μας.	
6.	Σε αντίξοες συνθήκες ... δίνοντας το καθένα ένα βακτήριο. (1.2.1)	άμεση	Τα βακτήρια μετατρέπονται σε ενδοσπόρια και εξαιτίας της αλλαγής του σχήματός τους έχουν την ικανότητα να επιβιώνουν σε δυσμενείς γι' αυτά συνθήκες και να πετυχαίνουν πραγματικά χαμηλούς μεταβολικούς ρυθμούς.	
7.	Όλα τα κύτταρα που συμμετέχουν στους μηχανισμούς άμυνας ... που αποτελεί το κέντρο της αιμοποίησης. (1.3.1)	άμεση	Τα κύτταρα και τα κυτταρικά προϊόντα που συμμετέχουν στην άμυνα του οργανισμού έχουν διαφορετική δομή και συνεπώς επιτελούν διαφορετική λειτουργία. Οι πρωτεΐνες της άμυνας του οργανισμού όπως είναι οι ιντερφερόνες, το συμπλήρωμα, η προπερδίνη και τα αντισώματα, συνδέονται επιλεκτικά είτε με κυτταρικούς υποδοχείς είτε με αντιγόνα, ώστε να εξουδετερώσουν το αντιγόνο που έχει εισβάλει στον οργανισμό.	Μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης της κυτταρικής διαφοροποίησης, ενδέχεται να δουν οι μαθητές πως από μία μάζα όμοιων μορφολογικά κυττάρων προκύπτουν τελικά διαφορετικοί κυτταρικοί τύποι με διαφορετικό μέγεθος, σχήμα, λειτουργία. Με τη ρεαλιστική απεικόνιση των κυττάρων αλλά και των πρωτεϊνών της άμυνας του οργανισμού οι μαθητές ενδέχεται να διαπιστώσουν ότι η λειτουργία τους οφείλεται τόσο στη διαφορά μεγέθους που έχουν σε σχέση με τους μικροοργανισμούς, όσο και στην τρισδιάστατη δομή τους. Επιπροσθέτως, όταν ειδικά το σχήμα των πρωτεϊνών, που καθορίζεται από την αλληλουχία των αμινοξέων τους, τους προσδίδει μία συγκεκριμένη στερεοδιάταξη, μπορούν να συνδέονται συγκεκριμένα με υποδοχείς κυττάρων ή με αντιγόνα, έχοντας τη σχέση κλειδιού – κλειδαριάς. Τέλος, με τη συστημική αναπαράσταση της ανοσοβιολογικής απόκρισης
8.	<ul style="list-style-type: none"> Τα φαγοκύτταρα αποτελούν μια κατηγορία λευκών αιμοσφαιρίων και διακρίνονται στα ουδετερόφιλα και στα μονοκύτταρα. ... Με φαγοκυττάρωση αντιμετωπίζονται και ορισμένοι ιοί. (1.3.1) Εικόνα 1.19 (1.3.1) 	άμεση		
9.	iv) Ουσίες με αντιμικροβιακή δράση (1.3.1)	έμμεση		
10.	<ul style="list-style-type: none"> Βοηθητικά T-λεμφοκύτταρα, τα οποία ενεργοποιούνται από το εκτεθειμένο στην επιφάνεια των μακροφάγων τμήμα του αντιγόνου και στη συνέχεια ενεργοποιούν τα B-λεμφοκύτταρα ή άλλα είδη T-λεμφοκυττάρων μέσω ουσιών που εκκρίνουν. (1.3.2) Αρχικά, με την εμφάνιση του παθογόνου μικροοργανισμού ... 	άμεση		

	<p>είναι τα βοηθητικά Τ-λεμφοκύτταρα. (1.3.2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Εικόνα 1.22: Διαφοροποίηση και ωρίμανση Β-λεμφοκυττάρων και Τ-λεμφοκυττάρων. (1.3.2) • Τα Τ-λεμφοκύτταρα διαφοροποιούνται και ωριμάζουν ... από επόμενη έκθεση του οργανισμού στο ίδιο αντιγόνο. (1.3.2) • Όπως κάθε κλειδί ανοίγει μία συγκεκριμένη κλειδαριά ... σταθερή περιοχή του αντισώματος. (1.3.2) • Εικόνα 1.23: Δομή αντισώματος. (1.3.2) • Εικόνα 1.24. (1.3.2) • Στάδια ανοσοβιολογικής απόκρισης. (1.3.2) • Εικόνα 1.25: Χυμική και κυτταρική ανοσία. (1.3.2) 			<p>ενδέχεται να παρατηρήσουν και να αντιληφθούν τη σπουδαιότητα της συνεργασίας μεταξύ των λευκών αιμοσφαιρίων με σκοπό την εξουδετέρωση του αντιγόνου.</p>
11.	<p>Ένας ιός μπορεί να «δανειστεί» πρωτεΐνες ... των κυττάρων του ίδιου του οργανισμού. (1.3.3)</p>	<p>άμεση</p>	<p>Ένας ιός μπορεί να ενσωματώσει στο έλυστρό του πρωτεΐνες που ανήκουν σε ξενιστικά κύτταρα. Τότε το ανοσοβιολογικό σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει αυτές τις δομές σαν ξένες και να επιτεθεί εναντίον των κυττάρων που τις φέρουν, του ίδιου οργανισμού.</p>	<p>Η τρισδιάστατη απεικόνιση των ιών (ακυτταρικών μορφών ζωής) πριν και μετά την ενσωμάτωση πρωτεϊνών του κυττάρου ξενιστή, και η σύγκρισή τους με κύτταρα του οργανισμού που φυσιολογικά φέρει αυτές τις πρωτεΐνες, ενδέχεται να βοηθήσει στην άμεση κατανόηση του λόγου που προκαλείται αυτοάνοσο νόσημα στη συγκεκριμένη περίπτωση.</p>
12.	<ul style="list-style-type: none"> • Αρχικά, με την εμφάνιση του παθογόνου μικροοργανισμού, ενεργοποιούνται τα μακροφάγα. ... χαρακτηριστική για κάθε άτομο, η οποία ονομάζεται αντιγόνο ιστοσυμβατότητας. (1.3.2) • Στην επιφάνεια ορισμένης κατηγορίας κυττάρων ... με 	<p>άμεση</p>	<p>Η συμβατότητα των οργάνων που πρόκειται να μεταμοσχευτούν μεταξύ ενός δότη και ενός δέκτη εξαρτάται από τις πρωτεΐνες που βρίσκονται στην επιφάνεια των κυττάρων του συγκεκριμένου ιστού.</p>	<p>Μέσα από την τρισδιάστατη προβολή κυττάρων που διαθέτουν διαφορετικά αντιγόνα ιστοσυμβατότητας, ανάμεσα σε υποτιθέμενους δότες και δέκτες οργάνων, οι μαθητές ενδέχεται να κατανοήσουν και να συσχετίσουν όρους όπως συμβατότητα ή απόρριψη μοσχεύματος.</p>

	συνέπεια την εμφάνιση ασθενειών.(1.3.3)			
13.	Ο κύκλος του άνθρακα (2.3.1).	άμεση	Οι βιογεωχημικοί κύκλοι που λαμβάνουν χώρα σε ένα οικοσύστημα είναι άμεσα συνδεδεμένοι με τη φύση του οικοσυστήματος, εννοώντας τους αβιοτικούς και τους βιοτικούς παράγοντες καθώς και τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους.	Με τη συστηματική αναπαράσταση των κύκλων και διάφορων φυσικών φαινομένων οι μαθητές ενδέχεται να αποκτήσουν μια σφαιρική αντίληψη για το ότι αυτές οι διαδικασίες που αναφέρονται μεμονωμένες στο σχολικό βιβλίο, εξελίσσονται παράλληλα, και δεν πραγματοποιούνται ανεξάρτητα η μία από την άλλη.
14.	Ο κύκλος του αζώτου (2.3.2)	άμεση		
15.	Ο κύκλος του νερού (2.3.3)	άμεση		
16.	Το φαινόμενο του θερμοκηπίου. (2.4.4)	άμεση		
17.	Οι πιο τοξικοί όμως ρυπαντές στη βιόσφαιρα ... καθώς πηγαίνουμε σε ανώτερα τροφικά επίπεδα. (2.4.4)	άμεση	Βιοσυσσώρευση είναι η συγκέντρωση τοξικών χημικών ουσιών στους ιστούς των οργανισμών καθώς προχωρούμε κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας.	Μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης ενδέχεται να τονιστεί η αύξηση της συγκέντρωσης τοξικών χημικών ουσιών, κατά μήκος μιας τροφικής πυραμίδας, για την κατανόηση του φαινομένου της βιοσυσσώρευσης. Επίσης με 3d εικόνες, ενδέχεται να απεικονίζεται ο τρόπος μεταφοράς του DDT ή άλλων μη βιοδιασπώμενων ουσιών, στους κορυφαίους καταναλωτές, μέσω των τροφικών αλυσίδων.
18.	Η πρώτη έννοια με την οποία χρειάζεται να ασχοληθούμε είναι η έννοια του πληθυσμού πριν από 240 εκατομμύρια χρόνια. (3.1.1)	άμεση	Στο ίδιο είδος ανήκει το σύνολο των διαφορετικών πληθυσμών που έχουν τη δυνατότητα να αναπαράγονται μεταξύ τους και να δίνουν γόνιμους απογόνους, σύμφωνα με το μειξιολογικό κριτήριο. Σύμφωνα με το τυπολογικό κριτήριο, 2 οργανισμοί ανήκουν στο ίδιο είδος, όταν έχουν κοινά μορφολογικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά. Τα είδη που μοιάζουν μεταξύ τους περισσότερο από ό,τι άλλα συνιστούν ένα γένος, τα γένη που μοιάζουν περισσότερο μεταξύ τους από ό,τι άλλα συνιστούν μια οικογένεια, οι οικογένειες μια τάξη, οι τάξεις μια κλάση, οι κλάσεις ένα φύλο.	Οι μαθητές αντλώντας πληροφορίες που λαμβάνουν κατά τη μελέτη μιας βιντεοπαρουσίασης για τον ορισμό των ειδών όπου θα περιλαμβάνονται και διαδραστικές εικόνες από διαφορετικά είδη του πλανήτη, ενδέχεται να αντιληφθούν ευκολότερα τα κριτήρια κατάταξης των ειδών.
19.	✓ Η θεωρία της φυσικής επιλογής μπορεί να συνοψιστεί ... ονομάστηκε από τον Κάρολο Δαρβίνο φυσική επιλογή . (3.1.3)	άμεση	Με τον όρο φυσική επιλογή εννοούμε τη διαδικασία με την οποία οι οργανισμοί που είναι περισσότερο προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον τους επιβιώνουν και αναπαράγονται περισσότερο από τους λιγότερο. Η δράση της	Μέσω τρισδιάστατης απεικόνισης ενδέχεται να γίνει ευκολότερα αντιληπτή η ικανότητα των οργανισμών να επιβιώνουν ανάλογα με τα αλληλόμορφα τους γονίδια. Μια εικονική αναπαράσταση

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Μερικές χρήσιμες αποσαφηνίσεις στη θεωρία της φυσικής επιλογής. (3.1.4) ✓ Η φυσική επιλογή εν δράσει. (3.1.5) ✓ Όπως σε κάθε βιολογικό είδος με μεγάλη εξάπλωση, ... δε θα ήταν ευνοϊκό για την προσαρμογή των πληθυσμών. (3.4.7) 		<p>φυσικής επιλογής είναι τοπικά και χρονικά προσδιορισμένη. Σε κάθε γενιά τα αλληλόμορφα που προάγουν την επιβίωση και την αναπαραγωγή, αυξάνονται σταδιακά από γενιά σε γενιά και ο πληθυσμός γίνεται βαθμιαία ικανότερος να επιζήσει και να αναπαραχθεί στο περιβάλλον. Χάρη στις μεταλλάξεις δημιουργούνται νέα γονίδια που καθορίζουν την εμφάνιση νέων χαρακτηριστικών, και μπορεί αυτά να προσφέρουν αυξημένες δυνατότητες επιβίωσης στο άτομο που την υπέστη.</p> <p>Σε περίπτωση που ένας πληθυσμός χωριστεί λόγω κάποιου γεωγραφικού φραγμού, και οι ομάδες αυτές αναπυχθούν ξεχωριστά, τότε τα άτομα θα υφίστανται διαφορετικά τη δράση της φυσικής επιλογής. Αυτό σταδιακά οδηγεί σε διαφοροποιήσεις, οι οποίες θα έχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικά γονίδια, διαφορετικά χαρακτηριστικά και τελικά θα προκύψουν διαφορετικά είδη.</p>	<p>ειδών που μπορούν να προστατευτούν από τους θηρευτές τους ή να τραφούν ευκολότερα, σε σχέση με άλλα είδη ενδέχεται να βοηθήσει τους μαθητές να εμβαθύνουν στη Θεωρία του Δαρβίνου περί Φυσικής Επιλογής. Με σχηματικές 3d απεικονίσεις και επεξηγηματικά κείμενα, ενδέχεται να παρουσιάζεται η έννοια της ειδογένεσης ευκολότερα στους μαθητές.</p>
20.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Οι παράγοντες που διαμορφώνουν τη φυσική πορεία. (3.2.1) ✓ Εικόνα 3.11: Απλό μοντέλο ειδογένεσης. 	άμεση		
21.	<p>Η ανακάλυψη των αντιβιοτικών έφερε επανάσταση στην αντιμετώπιση των βακτηριακών λοιμώξεων. Παρ' όλα αυτά η αλόγιστη χρήση τους έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία στελεχών βακτηρίων που είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά. (1.2.2)</p>	έμμεση		
22.	<ul style="list-style-type: none"> • Τα απολιθώματα που υπήρχαν διαθέσιμα ... τις συνήθειες και τον τρόπο ζωής τους. (3.4) • Το 1924 ο Βρετανός ανθρωπολόγος Ρέυμοντ Νταρτ ... φαίνεται πως ήταν παμφάγοι. (3.4.5) • Εικόνα 3.22: β) σύγκριση λεκάνης και (κρανίου) μεγέθους εγκεφάλου ανάμεσα στη «Λούσυ», το χιμπαντζή και τον άνθρωπο. • Εικόνα 3.24: Κρανίο του Homo habilis. • Εικόνα 3.25: Homo erectus. • Εικόνα 3.26: Κρανίο του Ανθρώπου του Νεάντερταλ. • Εικόνα 3.28: Κρανίο Homo sapiens. 	άμεση	<p>Τα διαθέσιμα απολιθώματα αλλά και αποτυπώματα βοήθησαν στην αποκάλυψη της εξέλιξης τόσο του ανθρώπινου είδους όσο και άλλων ειδών γενικότερα. Είναι εμφανές ότι κατά μήκος της εξελικτικής γραμμής ενός είδους, υπάρχουν αρκετές διαφορές που αφορούν τη σωματοδομή και κατ' επέκταση τις ικανότητες και λειτουργίες του σε σχέση με τα προγονικά του είδη.</p>	<p>Με τη σύγκριση απολιθωμάτων διαφορετικών οργανισμών, που έχουν ζήσει σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, οι μαθητές ενδέχεται να μπορούν να παρατηρήσουν και να μελετήσουν σκελετικές και δομικές διαφορές ανάμεσα στα είδη και να τις συσχετίσουν με τις ιδιότητες και λειτουργίες (μετακίνηση, διατροφή, περιβάλλον διαβίωσης, αναπαραγωγή κλπ) που θα μπορούσε να επιτελέσει το κάθε είδος.</p>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΣΧΕΔΙΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Τάξη: Β' Λυκείου

Ενότητα διδασκαλίας: Κεφάλαιο 4 – Γενετική, Υποενότητα 4.4 Γονιδιακές μεταλλάξεις-Χρωμοσωμικές ανωμαλίες.

Προβλεπόμενος διδακτικός χρόνος: 2 διδακτικές ώρες (90 min).

1. Διδακτικοί στόχοι

1.1 Γνωστικοί στόχοι

Μετά το πέρας του μαθήματος, οι μαθήτριες και οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- Να αναφέρουν ότι η μετάλλαξη στο γονίδιο *BRCA1* μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του μαστού.
- Να συσχετίζουν την τρισδιάστατη δομή μιας πρωτεΐνης με τη λειτουργία της.
- Να συσχετίζουν την αλλαγή στην τρισδιάστατη δομή των πρωτεϊνών, και επομένως την αλλαγή στη λειτουργία τους, με τις μεταλλάξεις.

1.2 Συναισθηματικοί στόχοι:

Μετά το πέρας του μαθήματος, οι μαθητές και οι μαθήτριες αναμένεται:

- Να αντιμετωπίζουν με ψύχραιμο τρόπο τις έννοιες μετάλλαξη και γενετική ασθένεια.
- Να απορρίπτουν το στίγμα της γενετικής ασθένειας που συχνά αποδίδεται από την κοινωνία στους ανθρώπους που φέρουν εμφανή γενετική διαφοροποίηση.

1.3 Ψυχοκινητικοί στόχοι:

Οι μαθητές και οι μαθήτριες αναμένεται να είναι σε θέση:

- Να χειρίζονται αυτόνομα το λογισμικό Cn3D.
- Να χρησιμοποιούν το Cn3D για να δουν σύνθετα βιολογικά μόρια σε τρισδιάστατη μορφή.
- Να χειρίζονται τις τρισδιάστατες εικόνες με πολλούς τρόπους για να κατανοήσουν καλύτερα τη μοριακή δομή.

Από παραπάνω στόχους, οι γνωστικοί και οι ψυχοκινητικοί θα επιχειρηθεί να εκπληρωθούν με τη χρήση του λογισμικού Cn3D.

2. Θεμελιώδεις έννοιες που πρέπει να αναδειχθούν

- Οι επιπτώσεις των μεταλλάξεων στη δομή μιας πρωτεΐνης.
- Η συσχέτιση δομής και λειτουργίας των πρωτεϊνών.

3. Προαπαιτούμενες Γνώσεις και Δεξιότητες

- Η κατανόηση του Κεντρικού Δόγματος της Βιολογίας.
- Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το DNA, τα χρωμοσώματα, τα γονίδια και οι πρωτεΐνες σχετίζονται μεταξύ τους.
- Η διαδικασία της πρωτεϊνικής σύνθεσης (μεταγραφή και μετάφραση).
- Βασική δομή αμινοξέων.
- Βασική δομή πρωτεϊνών (συγκεκριμένα τις διάφορες μορφές δευτεροταγούς πρωτεϊνικής δομής όπως α-έλικες και β-φύλλα)
- Κάθε αμινοξύ έχει διαφορετική ομάδα R (επίσης γνωστή ως πλευρική αλυσίδα). Κάθε ομάδα R έχει διαφορετικές χημικές ιδιότητες. Η χημεία της ομάδας R-αμινοξέων είναι σημαντική για το σχήμα και τη λειτουργία της πρωτεΐνης.

4. Παρανοήσεις/αντιστάσεις – Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών

- Το γεγονός πως οι πρωτεΐνες συντίθενται ως αποτέλεσμα της αντιγραφής και της μετάφρασης του Γενετικού κώδικα.
- Οι μαθητές συσχετίζουν τις πρωτεΐνες, κυρίως, με τη διατροφή και την τροφή αλλά αδυνατούν να συσχετίσουν τα αμινοξέα που παράγονται από την διάσπαση των πρωτεϊνών της τροφής, ως τις μονάδες που παράγουν τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες κατά την πρωτεϊνοσύνθεση.
- Οι μαθητές, γενικά, είναι καλύτερα εξοικειωμένοι με τις δομές διαφόρων μορίων και σχηματισμών της Γενετικής, αλλά έχουν άγνοια για τον ρόλο που πραγματικά παίζουν στη ζωή ενός οργανισμού. Έχουν γενικά έλλειψη μιας ολιστικής άποψης για έννοιες της Γενετικής και για το σχηματισμό των πρωτεϊνών στο κυτταρόπλασμα, ενώ έχουν μια αμυδρή ιδέα για το τι συμβαίνει στην πραγματικότητα.
- Τα γονίδια είναι μεγαλύτερα από τα χρωμοσώματα.
- Αδυναμία κατανόησης πως ένα γονίδιο μπορεί να καθορίσει ένα χαρακτηριστικό.
- Αδυναμία σύνδεσης του γονιδίου με κάποιο συγκεκριμένο προϊόν (πρωτεΐνη).
- Αδυναμία κατανόησης της έννοιας και προέλευσης της ποικιλομορφίας.
- Αδυναμία διαχωρισμού και προσδιορισμού των πηγών προέλευσης της ποικιλομορφίας (γενετικές ή/και περιβαλλοντικές).
- Αδυναμία ότι τα αλληλόμορφα αποτελούν διαφορετικές μορφές ενός γονιδίου.
- Αδυναμία κατανόησης του «Γιατί τα γονίδια είναι σημαντικά;» (Athanasiou et. al. 2004, Lewis & Wood-Robinson 2000, Lewis, et al. 2000α; Κουμπάρου, Κυριακούδη & Αθανασίου, 2011).

5. Σύνδεση με άλλες Επιστήμες

Πληροφορική: Τρόπος που λειτουργεί ο υπολογιστής και το λογισμικό.

6. Προστιθέμενη αξία από τη χρήση του παραπάνω λογισμικού

Η χρήση του παραπάνω λογισμικού προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Τα εργαλεία βιοπληροφορικής, όπως το Cn3D, βοηθούν τους επιστήμονες να απεικονίζουν τις πρωτεΐνες και οι μαθητές θα γνωρίσουν τον κλάδο της υπολογιστικής βιολογίας.
- Οι μαθητές θα αποκτήσουν τεχνικές γνώσεις όσον αφορά το λογισμικό Cn3D, αλλά θα κατανοήσουν επίσης και τον τρόπο που η αλλαγή δομής των βιολογικών μακρομορίων επηρεάζει τη λειτουργία τους.

7. Απαιτούμενα Υλικά και Μέσα

1 υπολογιστής ανά 2 μαθητές

1 φύλλο εργασίας ανά 2 μαθητές

8. Αξιολόγηση της επίτευξης των διδακτικών στόχων

Ενδιάμεση Αξιολόγηση: Παρατηρούμε διακριτικά τις προσπάθειες των μαθητών, σε όλη τη διάρκεια του μαθήματος, και συζητάμε τα όποια προβλήματα παρουσιάζονται κατά την έκβαση της διδασκαλίας.

Τελική αξιολόγηση: Αξιολόγηση των φύλλων εργασίας.

9. Δυσκολίες - περιορισμοί του προγράμματος

- Για να μπορέσουν οι μαθητές να πραγματοποιούν τις διάφορες δραστηριότητες μαζί με τον εκπαιδευτικό, θα πρέπει να υπάρχει παροχή ίντερνετ, ώστε να εγκαταστήσουν το λογισμικό.
- Το πρόγραμμα είναι στην αγγλική γλώσσα.
- Το λογισμικό Cn3D δεν είναι συμβατό με το λειτουργικό σύστημα linux, που χρησιμοποιείται σε πολλά δημόσια σχολεία.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

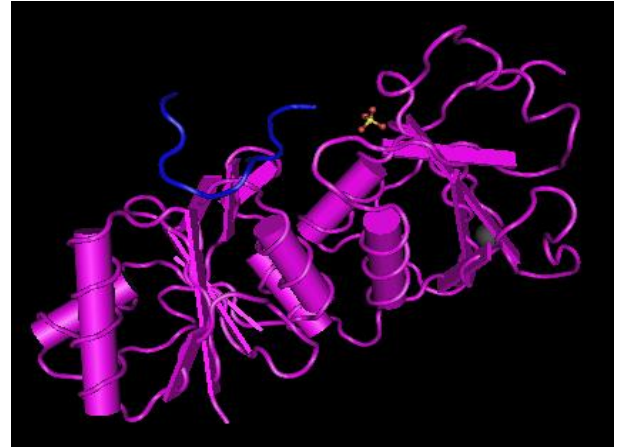
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Cn3D

Τμήμα: ____ Ομάδα: _____ Ημερομηνία: _____

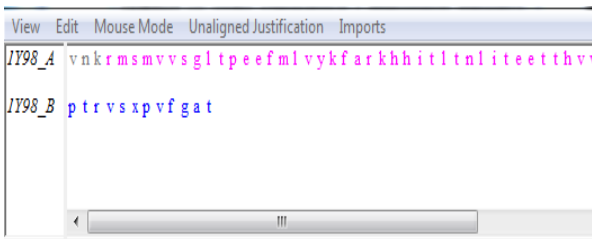
1^η Δραστηριότητα: Άνοιγμα Αρχείου.

Ανοίξτε από το φάκελο με τίτλο «**Βιολογία**» που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σας το αρχείο με όνομα BRCA1, για να εμφανιστεί, με τη βοήθεια του προγράμματος Cn3D, η τρισδιάστατη απεικόνιση ενός πρωτεϊνικού μορίου που παράγεται από το γονίδιο BRCT1 (breast cancer carboxy-terminal). Πρόκειται για μία πρωτεΐνη που έχει επιδιορθωτικό ρόλο καθώς επισκευάζει μόρια DNA που έχουν υποστεί βλάβη. Επειδή η ανθρώπινη πρωτεΐνη BRCA1 αποτελείται από 1863 αμινοξέα είναι δύσκολο να κρυσταλλογραφηθεί ολόκληρη, και για αυτό το λόγο θα παρατηρήσουμε μόνο ένα τμήμα της που περιλαμβάνει τα τελευταία 210 αμινοξέα της. Με το άνοιγμα του προγράμματος εμφανίζονται δύο παράθυρα, το **παράθυρο δομής (επάνω)** και το **παράθυρο αλληλουχίας (κάτω)** με τίτλο «**Sequence / Alignment Viewer**».



Παράθυρο δομής

Η πρωτεΐνη BRCA1 εμφανίζεται σε μαύρο φόντο, με ροζ χρώμα στο παράθυρο δομής, ενώ με μπλε χρώμα εμφανίζεται μία άλλη πρωτεΐνη, η CtIP, με την οποία η BRCA1 ενώνεται, ώστε να γίνει βιολογικά λειτουργική.



Παράθυρο αλληλουχίας

Στο παράθυρο αλληλουχίας εμφανίζεται η αλληλουχία των αμινοξέων της BRCA1 με ροζ χρώμα, ενώ με μπλε χρώμα εμφανίζεται η αλληλουχία των αμινοξέων της CtIP, με συμβολισμό ενός γράμματος των αμινοξέων.

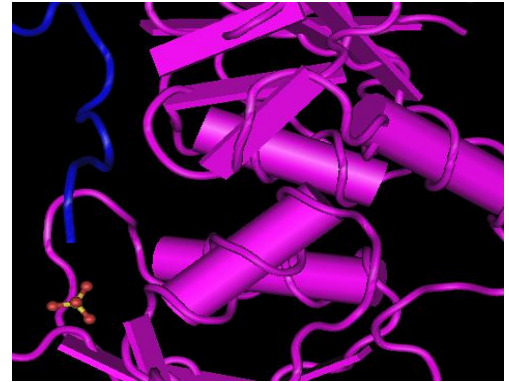
2^η Δραστηριότητα: Περιστροφή.

Πατώντας το ποντίκι σε οποιοδήποτε σημείο του κεντρικού παραθύρου και κρατώντας το πατημένο, μετακινήστε τον κέρσορα προς όποια κατεύθυνση επιθυμείτε. Θα βλέπετε τώρα το τρισδιάστατο μόριο της πρωτεΐνης να περιστρέφεται στο χώρο ανάλογα με την κίνηση που ποντικιού σας.



3^η Δραστηριότητα: Μεγέθυνση – Σμίκρυνση – Επαναφορά Αρχικού Μεγέθους.

Επιλέγοντας από το πληκτρολόγιο το γράμμα z μεγεθύνετε το μόριο, επιλέγοντας από το πληκτρολόγιο το γράμμα x μικραίνετε το μόριο. Για να επαναφέρετε το μόριο στο αρχικό του μέγεθος και στην αρχική του θέση επιλέξτε View→Restore.



Εργασία 1: Πατήστε με το ποντίκι πάνω στο κεντρικό παράθυρο. Τι συμβαίνει όταν πατάτε από το πληκτρολόγιο τα γράμματα “n” και “s”, ενώ παρατηρείτε τη δομή της πρωτεΐνης;

n: _____

s: _____

4^η Δραστηριότητα: Επιλογή Μονομερούς.

Από το Κεντρικό Παράθυρο: πατώντας με διπλό κλικ πάνω σε οποιοδήποτε σημείο μίας από τις δύο πολυπεπτιδικές αλυσίδες (τη ροζ και τη μπλε), θα δείτε να «κιτρινίζει» ένα αμινοξύ στο κεντρικό παράθυρο, ταυτόχρονα και στο δευτερεύων παράθυρο. Επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία πολλές φορές μπορείτε να επιλέξετε πολλά αμινοξέα, πάνω στην αλυσίδα. Μπορείτε να απο – επιλέξετε τα αμινοξέα πατώντας ξανά με διπλό κλικ πάνω στην αλυσίδα, στο σημείο που είχατε αρχικά επιλέξει.



Από το Δευτερεύων Παράθυρο: Εναλλακτικά μπορείτε από το δευτερεύων παράθυρο να επιλέγετε

```
View Edit Mouse Mode Unaligned Justification Imports
1Y98_A vnk r m s m v v s g l t p e f m l v k f a r k h h i l t n l i t e e t t h v m k
1Y98_B p t r v s r p v f g a t
```

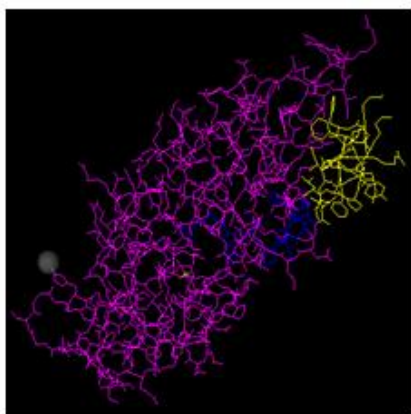
αμινοξέα, κάνοντας κλικ σε ένα γράμμα με το ποντίκι, και, κρατώντας πατημένο το Ctrl μπορείτε να επιλέξετε περισσότερα αμινοξέα. Για να επιλέξετε αμινοξέα στη σειρά κάντε κλικ σε ένα αμινοξύ και με το ποντίκι πατημένο σύρετε το δείκτη του ποντικιού σε όποιο άλλο αμινοξύ θέλετε.

Μπορείτε να απο – επιλέξετε όλα τα αμινοξέα πατώντας με διπλό κλικ σε οποιοδήποτε άλλο σημείο (εκτός των αμινοξέων) μέσα στο δευτερεύων παράθυρο.

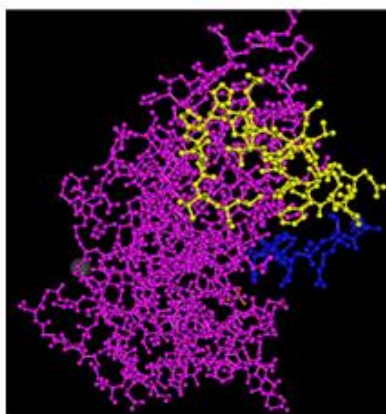
5^η Δραστηριότητα: Εναλλακτική Τρισδιάστατη Μορφή.

Προβάλλετε το μόριο χρησιμοποιώντας διαφορετικά στιλ αναπαράστασης, ακολουθώντας τις παρακάτω διαδρομές εντολών του μενού στο παράθυρο δομής:

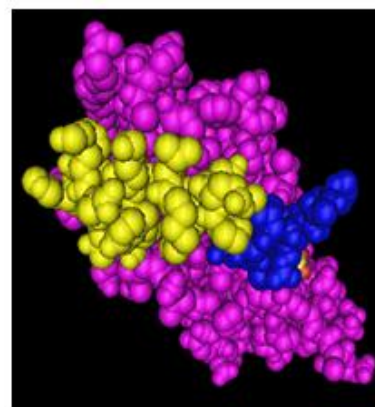
- **Style** → **Rendering Shortcuts** → **Wire**.
- **Style** → **Rendering Shortcuts** → **Ball and Stick**.
- **Style** → **Rendering Shortcuts** → **Space Fill**.



Wire

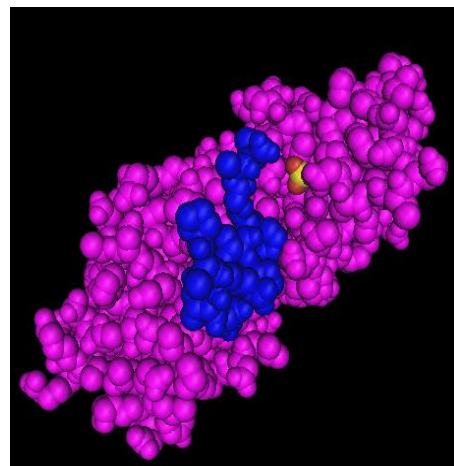


Ball and Stick



Space Fill

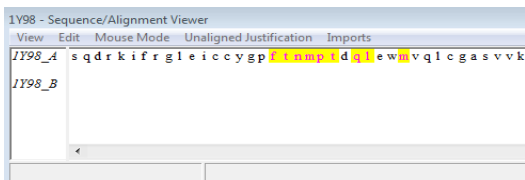
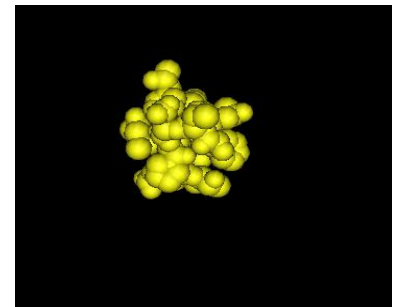
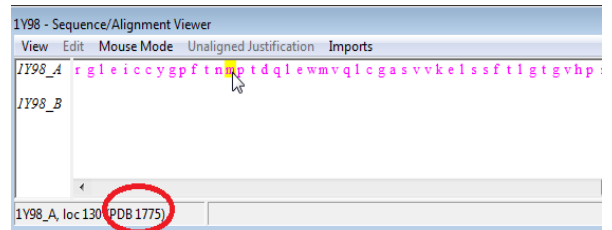
Εργασία 2: Με ροζ χρώμα απεικονίζεται η πρωτεΐνη BRCA1, ενώ με μπλε χρώμα απεικονίζεται ένα μέρος της πρωτεΐνης CtIP, στην οποία συνδέεται η BRCA1 για να επισκευάσει το DNA που εμφανίζει τη βλάβη. Παρατηρήστε το σημείο ένωσης των 2 πρωτεϊνών. Γιατί μπορεί η BRCA1 (ροζ πρωτεΐνη) να συνδέεται με την CtIP (μπλε πρωτεΐνη) στο συγκεκριμένο σημείο; Να απαντήσετε με βάση το σχήμα των 2 πρωτεϊνών.



Εργασία 3: Θα μπορούσε η CtIP (μπλε πρωτεΐνη) να προσδεθεί σε κάποιο άλλο σημείο της BRCA1 (ροζ πρωτεΐνη); Να εξηγήσετε με βάση το σχήμα των 2 πρωτεϊνών.

Εργασία 4:

- i. Πατήστε διπλό κλικ με το ποντίκι σε ένα κενό σημείο του παραθύρου αλληλουχίας, ώστε να βεβαιωθείτε ότι δεν είναι επιλεγμένο κανένα αμινοξύ.
- ii. Όταν το ποντίκι βρίσκεται πάνω σε ένα αμινοξύ, στο κάτω μέρος αριστερά του παραθύρου αλληλουχίας αναγράφεται μέσα σε παρένθεση η θέση στην οποία αυτό βρίσκεται. Βρείτε και επιλέξτε στο δευτερεύον παράθυρο, το αμινοξύ στη θέση 1775, το οποίο είναι μια μεθειονίνη (m).
- iii. Επιλέξτε όλα τα αμινοξέα σε μια ακτίνα 5 Angstroms, με τα οποία αλληλεπιδρά το αμινοξύ μεθειονίνη, ακολουθώντας από το παράθυρο δομής τη διαδρομή στο μενού **“Select → Select By Distance”**. [Σημείωση: Ένα Angstrom, Å, είναι 10⁻¹⁰ μέτρα.]
- iv. Στο πλαίσιο **“Enter a distance cut off”** πληκτρολογήστε τον αριθμό **5**, αν δεν υπάρχει ως προεπιλογή.
- v. Βεβαιωθείτε ότι η επιλογή **«Select protein residues»** είναι επιλεγμένη, και ότι η επιλογή **«Select other molecules only»** δεν είναι επιλεγμένη. Σε περίπτωση που η δεύτερη εντολή είναι επιλεγμένη, να την απο-επιλέξετε.
- vi. Κάντε κλικ στο κουμπί **«OK»**.
- vii. Ακολουθήστε στο κύριο παράθυρο, από το μενού, τη διαδρομή **“Select → Show Selected Residues”**, ώστε να εμφανίζονται μόνο τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από τη μεθειονίνη, τα οποία θα πρέπει να απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα.

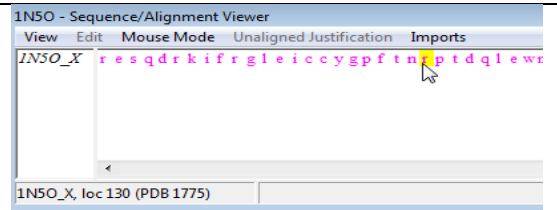


Από το δευτερεύον παράθυρο της πρωτεΐνης, να καταγράψετε όλα τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από το αμινοξύ που έχετε επιλέξει, **μόνο από την πολυπεπτιδική αλυσίδα 1Y98_A** (δίνονται με κίτρινο χρώμα), καθώς επίσης και τη θέση στην πολυπεπτιδική αλυσίδα που βρίσκονται.

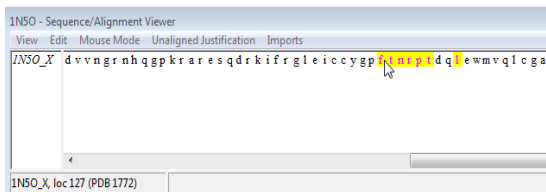
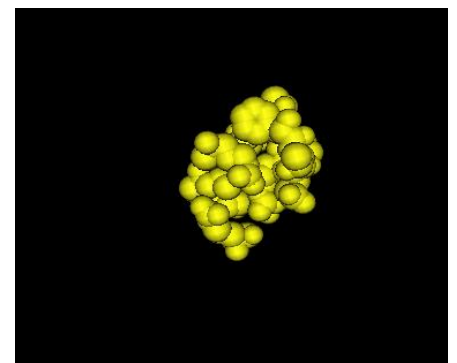
- | | | | | |
|-------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| <u>1.</u> _____ | <u>2.</u> _____ | <u>3.</u> _____ | <u>4.</u> _____ | <u>5.</u> _____ |
| <u>6.</u> m→1775 | <u>7.</u> _____ | <u>8.</u> _____ | <u>9.</u> _____ | <u>10.</u> _____ |
| <u>11.</u> _____ | <u>12.</u> _____ | <u>13.</u> _____ | | |

Εργασία 5:

- i. Χωρίς να κλείσετε το παράθυρο στο οποίο εργαζόσασταν μέχρι τώρα, ανοίξτε από το φάκελο **“Βιολογία”** το αρχείο με όνομα **“BRCA1 – mutated”**. Τώρα εμφανίζεται στο πρωτεύον παράθυρο μία μεταλλαγμένη πρωτεΐνη BRCA1, η οποία στη θέση 1775 έχει το αμινοξύ αργινίνη (συμβολίζεται με το γράμμα **“r”**), αντί για τη μεθειονίνη που βρίσκεται φυσιολογικά στη θέση αυτή.



- ii. Βρείτε το αμινοξύ αυτό στο δευτερεύον παράθυρο, στη θέση 1775 και επιλέξτε το.
- iii. Επιλέξτε όλα τα αμινοξέα σε μια ακτίνα 5 Angstroms, με τα οποία αλληλεπιδρά το αμινοξύ αργινίνη, ακολουθώντας από το παράθυρο δομής τη διαδρομή στο μενού **“Select → Select By Distance”**.
- iv. Στο πλαίσιο **“Enter a distance cut off”** πληκτρολογήστε τον αριθμό **5**, αν δεν υπάρχει ως προεπιλογή.
- v. Βεβαιωθείτε ότι η επιλογή **«Select protein residues»** είναι επιλεγμένη, και ότι η επιλογή **«Select other molecules only»** δεν είναι επιλεγμένη. Σε περίπτωση που η δεύτερη εντολή είναι επιλεγμένη, να την από-επιλέξετε.
- vi. Κάντε κλικ στο κουμπί **«OK»**.
- vii. Ακολουθήστε στο πρωτεύον παράθυρο, από το μενού, τη διαδρομή **“Select → Show Selected Residues”**, ώστε να εμφανίζονται μόνο τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από την αργινίνη, τα οποία θα πρέπει να απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα.
- viii. Ακολουθήστε τη διαδρομή **«Style → Rendering Shortcuts → Space Fill»**.

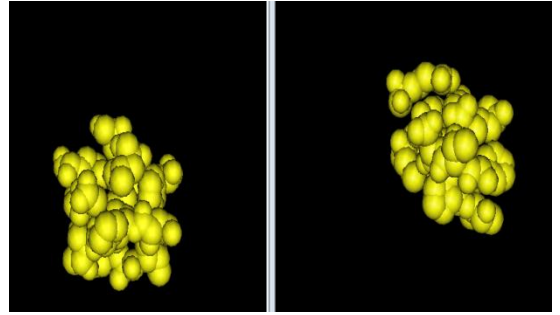


Από το δευτερεύον παράθυρο της πρωτεΐνης, να καταγράψετε όλα τα αμινοξέα που βρίσκονται σε απόσταση 5 Angstroms από το αμινοξύ που έχετε επιλέξει (δίνονται με κίτρινο χρώμα), καθώς επίσης και τη θέση στην πολυπεπτιδική αλυσίδα που βρίσκονται.

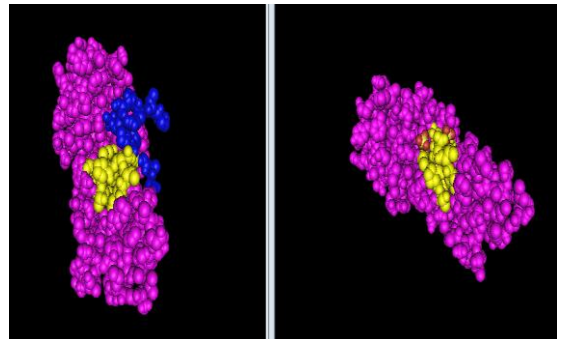
- | | | | | |
|------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| <u>1.</u> _____ | <u>2.</u> _____ | <u>3.</u> _____ | <u>4.</u> _____ | <u>5.</u> _____ |
| <u>6.</u> _____ | <u>7.</u> <u>r→1775</u> | <u>8.</u> _____ | <u>9.</u> _____ | <u>10.</u> _____ |
| <u>11.</u> _____ | <u>12.</u> _____ | | | |

Εργασία 6: Είναι επιλεγμένα ακριβώς τα ίδια αμινοξέα και στις 2 πρωτεΐνες; Αν όχι, ποια είναι η διαφορά τους;

Εργασία 7: Μετακινήστε το παράθυρο δομής της μεταλλαγμένης πρωτεΐνης BRCA1, ώστε να απεικονίζονται στην οθόνη του υπολογιστή σας και τα 2 κύρια παράθυρα (το παράθυρο με την πρωτεΐνη BRCA1 και το παράθυρο με τη μεταλλαγμένη της μορφή) και παρατηρήστε τις δομές των πρωτεϊνών. Το σχήμα τους είναι ακριβώς το ίδιο; Εξηγήστε. [Σημείωση: Η μεθειονίνη είναι μη πολικό αμινοξύ, ενώ η αργινίνη είναι θετικά φορτισμένο αμινοξύ.]



Εργασία 8: Σε κάθε ένα από τα 2 παράθυρα δομής (το παράθυρο με την πρωτεΐνη BRCA1 και το παράθυρο με τη μεταλλαγμένη της μορφή), ακολουθήστε από το μενού τη διαδρομή **“Select → Show Everything”**. Σε ποιο σημείο της πρωτεΐνης BRCA1 (ροζ χρώμα) εμφανίζεται η μετάλλαξη (κίτρινο χρώμα), σε σχέση με την πρωτεΐνη CtIP (μπλε χρώμα); Τι αποτέλεσμα έχει αυτή μετάλλαξη στη μεταλλαγμένη πρωτεΐνη BRCA1, στη σύνδεσή της με την πρωτεΐνη CtIP; Θα μπορεί η μεταλλαγμένη πρωτεΐνη BRCA1 να επιτελέσει το ρόλο της και να επιδιορθώσει το DNA;



Εργασία 9: Καταγράψτε θετικά και αρνητικά στοιχεία από το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσατε και προτείνετε πιθανές βελτιώσεις.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

Πίνακας 6: Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση 9 του φύλλου εργασίας.

Α/Α Φύλλου εργασίας	Απάντηση
1.	<p>Εργασία 9: Καταγράψτε θετικά και αρνητικά στοιχεία από το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσατε και προτείνετε πιθανές βελτιώσεις.</p> <p>Το σενάριο παρήχε ^{χρήσιμες} πληροφορίες σε εμάς τους μαθητές. Υπάρχει η δυνατότητα να εξερευνήσουμε ψηφιακά τις αρχαίες. Ευχαριστούμε δι' αυτή την δυνατότητα.</p>
2.	<p>Εργασία 9: Καταγράψτε θετικά και αρνητικά στοιχεία από το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσατε και προτείνετε πιθανές βελτιώσεις.</p> <p>Το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσαμε ήταν πολύ ευχάριστο και εκπαιδευτικό. Μας έμαθε αρκετά για τη δομή των αρχαίων και τη σημασία της, η οποία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και στην υγεία των ανθρώπων.</p>
3.	<p>Εργασία 9: Καταγράψτε θετικά και αρνητικά στοιχεία από το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσατε και προτείνετε πιθανές βελτιώσεις.</p> <p>Μέσω από το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσατε καταφέραμε να μάθουμε χρήσιμες πληροφορίες για τις αρχαίες αλλά και για τον τρόπο επίτευξης με τον οποίο ήταν μεταλλοί στα αρχαία και ανόργανα. Ήταν ένα ενδιαφέρον που δικαιολογεί τη χρήση.</p>
4.	<p>Εργασία 9: Καταγράψτε θετικά και αρνητικά στοιχεία από το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσατε και προτείνετε πιθανές βελτιώσεις.</p> <p>Πολύ ενημερωτική εφαρμογή δραστηριότητα. Πολύ ενδιαφέρον, κεντρίζει την προσοχή των μαθητών.</p>
5.	<p>Εργασία 9: Καταγράψτε θετικά και αρνητικά στοιχεία από το ψηφιακό σενάριο που υλοποιήσατε και προτείνετε πιθανές βελτιώσεις.</p> <p>Το ψηφιακό σενάριο ήταν αρκετά καινοποιοτικό. Ήταν πολύ ενδιαφέρον και το ψηφιακό σενάριο και ευκολό στην χρήση των</p>

«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.»

Στέλιος-Γιώργος Πατεργιαννάκης