



Co-funded by
the European Union

Οι κίνδυνοι της γονιδιακής επεξεργασίας: Τι θα μπορούσε να πάει στραβά;



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."



CEIPES Eduact



Πίνακας περιεχομένων

Εισαγωγή:	4
1: Εξερευνήστε.....	5
Πώς λειτουργεί η επεξεργασία γονιδίων	5
Ηθικά ζητήματα	7
Ο Ρόλος της Εκπαίδευσης και του Δημόσιου Διαλόγου	8
2: Εκτέλεση	9
3: Βελτίωση	10
Σύναψη:	12
Αναφορές.....	14





Γενικό θέμα της μαθησιακής διαδρομής	Γενετική Μηχανική και Τεχνολογία CRISPR
Συγκεκριμένη ονομασία της μαθησιακής μονάδας	Οι κίνδυνοι της γονιδιακής επεξεργασίας: Τι θα μπορούσε να πάει στραβά;
Ηλικία των χρηστών-στόχων	14-18 ετών
Απαιτήσεις για τον εκπαιδευόμενο	Βασικές γνώσεις γενετικής και βιολογίας, κατανόηση επιστημονικών διεργασιών και ενδιαφέρον για ηθικά ζητήματα που σχετίζονται με τις σύγχρονες τεχνολογίες.
Περιγραφή της μαθησιακής μονάδας	Αυτή η μαθησιακή ενότητα διερευνά τους κινδύνους και τις ηθικές προκλήσεις της επεξεργασίας γονιδίων, με έμφαση στην τεχνολογία CRISPR. Οι μαθητές διερευνούν πώς οι γενετικές τροποποιήσεις μπορούν να επηρεάσουν τους ανθρώπους, τα οικοσυστήματα και τις μελλοντικές γενιές. Μέσω ανάγνωσης, συζήτησης, μελετών περίπτωσης και δραστηριοτήτων Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR), οι μαθητές εξετάζουν τις ακούσιες συνέπειες της επεξεργασίας γονιδίων και αναλογίζονται την επιστημονική ευθύνη. Η ενότητα ενθαρρύνει την κριτική σκέψη, την ηθική επίγνωση και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με τις αναδυόμενες βιοτεχνολογίες.
Θέμα: Εμπλεκόμενα μέρη	Καθηγητές βιολογίας, εκπαιδευτικοί δεοντολογίας, μαθητές, προσωπικό υποστήριξης τεχνολογίας επαυξημένης πραγματικότητας (AR)
Λέξεις-κλειδιά	CRISPR, επεξεργασία γονιδίων, βιοτεχνολογία, βιοηθική, γονιδίωμα, μετάλλαξη, γενετική





	μηχανική, ακούσιες συνέπειες, Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) στην εκπαίδευση
Βασικά προσόντα, δεξιότητες και γνώσεις που μπορούν να αποκτηθούν	• Κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του CRISPR και της επεξεργασίας γονιδίων • Επίγνωση των κινδύνων και των ακούσιων συνεπειών της γενετικής τροποποίησης • Ικανότητα εντοπισμού ηθικών ζητημάτων στη βιοτεχνολογία • Κριτική σκέψη για την επιστήμη και την κοινωνία • Χρήση εργαλείων AR για την εξερεύνηση σύνθετων βιολογικών διεργασιών • Δεξιότητες επικοινωνίας, συνεργασίας και συζήτησης
Χρησιμοποιήθηκαν πόροι και διδακτικά βοηθήματα	• Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας (π.χ. Human Genome AR, ARGV – Augmented Reality Gene View) • Εκπαιδευτικά βίντεο που εξηγούν την τεχνολογία CRISPR • Μελέτες περιπτώσεων σχετικά με την επεξεργασία γονιδίων σε ανθρώπους και οικοσυστήματα • Φύλλα εργασίας, ημερολόγια αναστοχασμού και χάρτες ηθικών αποφάσεων • Ομαδικές συζητήσεις και δραστηριότητες διαλόγου
Κριτήρια αξιολόγησης και αξιολόγηση	Ενεργός συμμετοχή σε συζητήσεις και προσομοιώσεις. Ολοκλήρωση διαδραστικών δραστηριοτήτων βασισμένων σε επαυξημένη πραγματικότητα (AR). Ομαδικές παρουσιάσεις σχετικά με κινδύνους και ηθικά ζητήματα. Κουίζ σχετικά με επιστημονικές έννοιες και ηθικά ζητήματα.





Εισαγωγή:

Η επεξεργασία γονιδίων είναι μια ισχυρή επιστημονική τεχνολογία που επιτρέπει στους επιστήμονες να αλλάζουν το DNA. Ένα από τα πιο γνωστά εργαλεία επεξεργασίας γονιδίων είναι το CRISPR-Cas9, το οποίο λειτουργεί σαν μοριακό ψαλίδι και μπορεί να κόψει το DNA σε ένα συγκεκριμένο σημείο (Doudna & Sternberg, 2017). Οι επιστήμονες μπορούν στη συνέχεια να αφαιρέσουν, να αλλάξουν ή να προσθέσουν γενετικό υλικό.

Η επεξεργασία γονιδίων προσφέρει πολλά πιθανά οφέλη. Μπορεί να βοηθήσει στη θεραπεία γενετικών ασθενειών, στη βελτίωση των καλλιεργειών και στην υποστήριξη της επιστημονικής έρευνας (Lander, 2015). Ωστόσο, αυτή η τεχνολογία εγείρει επίσης σοβαρά ερωτήματα. Τι θα γίνει αν η επεξεργασία γονιδίων προκαλέσει απροσδόκητες αλλαγές; Τι θα γίνει αν αυτές οι αλλαγές επηρεάσουν τις μελλοντικές γενιές ή ολόκληρα οικοσυστήματα;

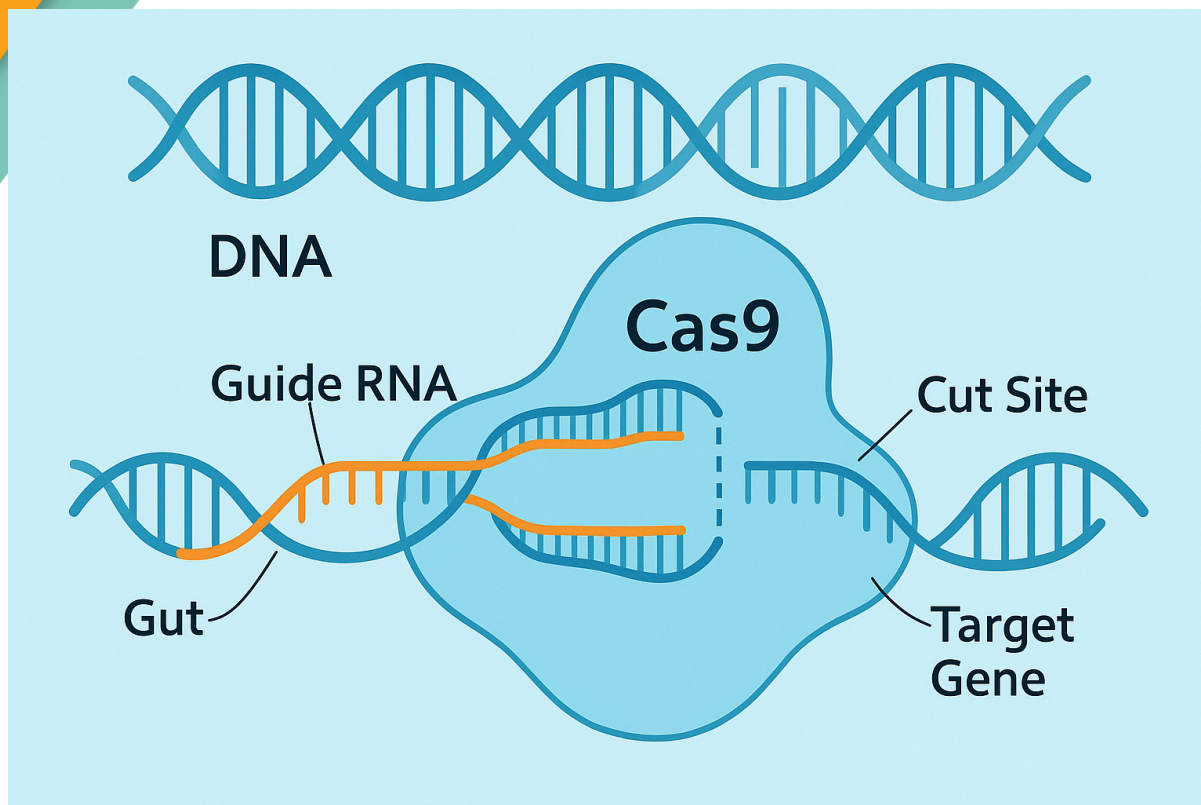
Η γονιδιακή επεξεργασία έχει μεγάλες δυνατότητες, αλλά ενέχει και κινδύνους. Αυτή η ενότητα βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τόσο την επιστήμη πίσω από τη γονιδιακή επεξεργασία όσο και τους πιθανούς κινδύνους που συνδέονται με τη χρήση της.





1: Εξερευνήστε

Πώς λειτουργεί η επεξεργασία γονιδίων

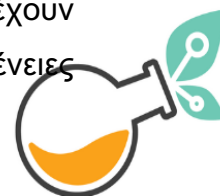


Σχήμα 1. Ένα απλοποιημένο διάγραμμα της επεξεργασίας μιας αλυσίδας DNA μέσα σε ένα ανθρώπινο κύτταρο από το CRISPR-Cas9.

Η επεξεργασία γονιδίων είναι μια σύγχρονη βιοτεχνολογική μέθοδος που επιτρέπει στους επιστήμονες να αλλάζουν το DNA. Ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία για την επεξεργασία γονιδίων είναι το CRISPR-Cas9. Αυτή η τεχνολογία προσαρμόστηκε από ένα φυσικό αμυντικό σύστημα που βρίσκεται στα βακτήρια (Doudna & Sternberg, 2017).

Το CRISPR-Cas9 λειτουργεί σαν μοριακό ψαλίδι. Κόβει το DNA σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Μετά την κοπή, οι επιστήμονες μπορούν να αφαιρέσουν, να αντικαταστήσουν ή να προσθέσουν γενετικό υλικό. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να αλλάξουν γενετικά χαρακτηριστικά σε φυτά, ζώα ή ανθρώπους.

Η γονιδιακή επεξεργασία έχει πολλά πιθανά οφέλη. Οι επιστήμονες έχουν χρησιμοποιήσει το CRISPR για να μελετήσουν θεραπείες για γενετικές ασθένειες





όπως η δρεπανοκυτταρική αναιμία και η μυϊκή δυστροφία (Lander, 2015). Στη γεωργία, η γονιδιακή επεξεργασία μπορεί να βοηθήσει τις καλλιέργειες να γίνουν πιο ανθεκτικές στα παράσιτα, την ξηρασία ή τις ασθένειες. Ορισμένοι ερευνητές έχουν επίσης προτείνει τη χρήση γονιδιακής επεξεργασίας για τη μείωση των πληθυσμών κουνουπιών που μεταδίδουν ασθένειες όπως η ελονοσία.

Ωστόσο, η επεξεργασία γονιδίων ενέχει και σοβαρούς κινδύνους. Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι οι επιπτώσεις εκτός στόχου, όταν το CRISPR κόβει το λάθος μέρος του DNA. Αυτό μπορεί να προκαλέσει ακούσιες γενετικές αλλαγές που μπορεί να είναι επιβλαβείς (UNESCO, 2021). Αυτές οι επιπτώσεις ενδέχεται να μην εμφανιστούν αμέσως και θα μπορούσαν ακόμη και να μεταβιβαστούν σε μελλοντικές γενιές εάν τα έμβρυα υποστούν επεξεργασία.

Ένας άλλος κίνδυνος συνδέεται με τον τρόπο που τα γονίδια αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ένα μόνο γονίδιο συχνά έχει πολλές λειτουργίες. Η επεξεργασία ενός γονιδίου για την επίλυση ενός προβλήματος μπορεί να επηρεάσει κατά λάθος άλλες σημαντικές διεργασίες στο σώμα, οδηγώντας σε απρόβλεπτες συνέπειες.

Μία από τις πιο αμφιλεγόμενες περιπτώσεις συνέβη το 2018, όταν ένας επιστήμονας στην Κίνα ανακοίνωσε τη γέννηση γενετικά τροποποιημένων μωρών. Τα έμβρυα τροποποιήθηκαν ώστε να καταστούν ανθεκτικά στον ιό HIV. Αυτό προκάλεσε έντονη διεθνή κριτική επειδή οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία ήταν άγνωστες και τα μωρά δεν μπορούσαν να δώσουν ενημερωμένη συγκατάθεση (Cyranoski, 2019). Η επιστημονική κοινότητα χαρακτήρισε το πείραμα ως ανήθικο και ανεύθυνο.

Εκτός από τους επιστημονικούς κινδύνους, η επεξεργασία γονιδίων εγείρει ηθικά και κοινωνικά ερωτήματα. Θα έχουν όλοι ίση πρόσβαση σε αυτήν την τεχνολογία ή μόνο οι πλούσιοι άνθρωποι; Θα μπορούσε η γενετική βελτίωση να αυξήσει την ανισότητα ή τις διακρίσεις; Αυτές οι ανησυχίες δείχνουν γιατί η επεξεργασία γονιδίων πρέπει να ελέγχεται και να συζητείται προσεκτικά από την κοινωνία.

Ηθικά ζητήματα





Ethical Questions in Genetic Engineering

Informed
consent



Unintended
effects



Long-term
responsibility



UNESCO, 2021

Σχήμα 2. Τα ηθικά ζητήματα στη γενετική μηχανική περιλαμβάνουν την ενημερωμένη συναίνεση, τις ακούσιες επιπτώσεις και τη μακροπρόθεσμη ευθύνη (UNESCO, 2021).

Εκτός από τους βιολογικούς κινδύνους, η επεξεργασία γονιδίων εγείρει επίσης σοβαρά ηθικά ζητήματα. Ένα σημαντικό ερώτημα είναι η δίκαιη πρόσβαση. Θα είναι η γονιδιακή επεξεργασία διαθέσιμη σε όλους ή μόνο σε πλούσιους ανθρώπους; Εάν μόνο ορισμένες ομάδες μπορούν να αντέξουν οικονομικά γενετικές θεραπείες ή βελτιώσεις, αυτό θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα γενετικό ταξικό χάσμα στην κοινωνία.

Μια άλλη ανησυχία είναι η ιδέα των σχεδιασμένων μωρών. Ενώ η επεξεργασία γονιδίων θα μπορούσε να βοηθήσει στην πρόληψη σοβαρών γενετικών ασθενειών, ορισμένοι ανησυχούν ότι οι γονείς μπορεί να θέλουν να επιλέξουν χαρακτηριστικά όπως η εμφάνιση, η νοημοσύνη ή η σωματική δύναμη. Αυτό θα μπορούσε να αυξήσει τις διακρίσεις και να ασκήσει πίεση στην κοινωνία να εκτιμήσει ορισμένα γενετικά χαρακτηριστικά περισσότερο από άλλα.

Υπάρχουν επίσης σημαντικά ερωτήματα σχετικά με τους κανόνες και την ευθύνη. Θα πρέπει να επιτρέπεται στους επιστήμονες να επεξεργάζονται ανθρώπινα έμβρυα; Ποιος θα πρέπει να αποφασίζει ποια είδη επεξεργασίας γονιδίων είναι αποδεκτά; Οι





κυβερνήσεις, οι επιστήμονες και οι διεθνείς οργανισμοί διαδραματίζουν όλοι ρόλο, αλλά σαφείς νόμοι και ηθικές κατευθυντήριες γραμμές βρίσκονται ακόμη σε εξέλιξη.

Επειδή οι επιπτώσεις της γονιδιακής επεξεργασίας μπορούν να διαρκέσουν για γενιές, οι επιστήμονες πρέπει να σκεφτούν τη μακροπρόθεσμη ευθύνη. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται σήμερα θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα μελλοντικά παιδιά, τα οικοσυστήματα και τις κοινωνίες. Για αυτόν τον λόγο, η εκπαίδευση και η δημόσια συζήτηση είναι απαραίτητες για να βοηθήσουν τους ανθρώπους να κατανοήσουν τόσο τα οφέλη όσο και τους κινδύνους της γονιδιακής επεξεργασίας (UNESCO, 2021).

Ο Ρόλος της Εκπαίδευσης και του Δημόσιου Διαλόγου

Για τους νέους σήμερα, είναι σημαντικό να κατανοήσουν πώς λειτουργεί η γονιδιακή επεξεργασία — όχι μόνο την επιστήμη πίσω από αυτήν, αλλά και τα ηθικά ζητήματα που εγείρει. Η γονιδιακή επεξεργασία μπορεί να επηρεάσει πολλά μέρη του μέλλοντός σας: την τροφή που τρώτε, τα φάρμακα που χρησιμοποιείτε και τον τρόπο με τον οποίο η κοινωνία σκέφτεται την υγεία, τη δικαιοσύνη και την υπευθυνότητα.

Τα σχολεία, τα μουσεία και τα ψηφιακά εργαλεία μπορούν να βοηθήσουν στην ευκολότερη κατανόηση αυτών των σύνθετων ιδεών. Οι τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας (AR) είναι ιδιαίτερα χρήσιμες επειδή επιτρέπουν στους μαθητές να βλέπουν αυτό που κανονικά παραμένει αόρατο. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας (AR) μπορεί να δείξει πώς επεξεργάζεται το DNA μέσα σε ένα κύτταρο ή πώς η αλλαγή ενός γονιδίου μπορεί να επηρεάσει ολόκληρο τον οργανισμό.

Όταν οι μαθητές μαθαίνουν μέσω διαδραστικών εργαλείων, η επιστήμη γίνεται πιο πραγματική και ουσιαστική. Η εκπαίδευση και η ανοιχτή συζήτηση βοηθούν τους νέους να γίνουν ενημερωμένοι πολίτες που μπορούν να συμμετέχουν σε σημαντικές αποφάσεις σχετικά με τις νέες τεχνολογίες και τον αντίκτυπό τους στην κοινωνία (UNESCO, 2021).





2: Εκτέλεση

Σε αυτή τη φάση, οι μαθητές εφαρμόζουν όσα έχουν μάθει σχετικά με την επεξεργασία γονιδίων συμμετέχοντας σε πρακτικές, τεχνολογικά βασισμένες δραστηριότητες. Εργαλεία Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) όπως το ARGV (Augmented Reality Gene View) και το Human Genome AR χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν τους μαθητές να εξερευνήσουν τις γενετικές διεργασίες με οπτικό και διαδραστικό τρόπο.

Οι μαθητές ξεκινούν με εργασίες που βασίζονται σε σενάρια, όπου αναλύουν φανταστικές αλλά ρεαλιστικές καταστάσεις που αφορούν την επεξεργασία γονιδίων. Για παράδειγμα, μπορούν να εξετάσουν το ενδεχόμενο επεξεργασίας του DNA ενός ανθρώπινου εμβρύου για την πρόληψη μιας γενετικής ασθένειας, την αλλαγή των καλλιεργειών για να επιβιώσουν από την κλιματική αλλαγή ή την τροποποίηση των ζωικών πληθυσμών για τη μείωση της εξάπλωσης ασθενειών. Με το ARGV, οι μαθητές μπορούν να δουν αλληλουχίες γονιδίων, να προσομοιώσουν τη διαδικασία CRISPR-Cas9 και να διερευνήσουν πιθανά αποτελέσματα γενετικών αλλαγών. Αυτό τους βοηθά να συνδέσουν τις επιστημονικές μεθόδους με τη λήψη ηθικών αποφάσεων.

Μια βασική δραστηριότητα στην τάξη είναι ένα παιχνίδι ρόλων σε επιτροπή βιοηθικής. Κάθε μαθητής αναλαμβάνει έναν ρόλο, όπως επιστήμονας, ηθικολόγος, υπεύθυνος χάραξης πολιτικής ή ασθενής. Δουλεύοντας σε ομάδες, οι μαθητές συζητούν μελέτες περίπτωσης CRISPR και αποφασίζουν εάν πρέπει να επιτραπεί μια ενέργεια επεξεργασίας γονιδίων. Τα εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) υποστηρίζουν αυτές τις συζητήσεις δείχνοντας ποια γονίδια επηρεάζονται και ποιες συνέπειες μπορεί να έχουν διαφορετικές αποφάσεις. Αυτή η δραστηριότητα αναπτύσσει δεξιότητες επικοινωνίας, συνεργασίας και κριτικής σκέψης.

Μια άλλη ομαδική εργασία είναι η δημιουργία ενός «Διαβατηρίου Ηθικού Αντίκτυπου» για ένα φανταστικό έργο επεξεργασίας γονιδίων. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες για να περιγράψουν τα οφέλη, τους κινδύνους και τις κοινωνικές συνέπειες της προτεινόμενης γενετικής παρέμβασης. Τα γραφικά AR βοηθούν τους μαθητές να εξηγήσουν με σαφήνεια τις ιδέες τους και να κάνουν τις παρουσιάσεις τους πιο ελκυστικές για τους συμμαθητές τους.

Καθ' όλη τη διάρκεια της ενότητας, οι προσομοιώσεις AR συνδυάζονται με φύλλα εργασίας αναστοχασμού. Οι μαθητές καταγράφουν τις παρατηρήσεις, τις προβλέψεις και τις ηθικές ανησυχίες τους, ενώ αλληλεπιδρούν με μοντέλα DNA. Αυτό ενθαρρύνει την βαθύτερη κατανόηση και βοηθά τους μαθητές να σκεφτούν κριτικά τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της επεξεργασίας γονιδίων στους ανθρώπους, τα οικοσυστήματα και τις μελλοντικές γενιές.εμείς.





3: Βελτίωση

Τα εργαλεία Επαυξημένης Πραγματικότητας, όπως το ARGV και το Human Genome AR, ενισχύουν περαιτέρω τη μάθηση μετατρέποντας τις αφηρημένες γενετικές έννοιες σε οπτικές και διαδραστικές εμπειρίες. Αυτές οι τεχνολογίες βοηθούν τους μαθητές να περάσουν από τη θεωρία σε βαθύτερη κατανόηση, καθιστώντας ευκολότερη την ορατότητα και την εξερεύνηση των αόρατων βιολογικών διεργασιών.

Με το ARGV, οι μαθητές μπορούν να κάνουν ζουμ σε τρισδιάστατα μοντέλα χρωμοσωμάτων, να τα περιστρέψουν και να παρατηρήσουν τη διαδικασία βήμα προς βήμα της επεξεργασίας γονιδίων. Αυτή η εμπυθιστική προσέγγιση υποστηρίζει την οπτική και χωρική μάθηση και βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν πώς το CRISPR στοχεύει συγκεκριμένες περιοχές του DNA. Δείχνει επίσης τι μπορεί να συμβεί όταν η επεξεργασία γονιδίων δεν λειτουργεί όπως έχει προγραμματιστεί, για παράδειγμα μέσω μεταλλάξεων εκτός στόχου, όπου αλλάζουν ακούσια μέρη του DNA.

Το Human Genome AR συμπληρώνει αυτήν την εμπειρία επιτρέποντας στους μαθητές να εξερευνήσουν γονίδια που συνδέονται με ορισμένα χαρακτηριστικά ή ασθένειες. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να θέσουν κρίσιμα ερωτήματα, όπως:

- Πρέπει να τροποποιηθεί αυτό το γονίδιο;
- Τι θα μπορούσε να συμβεί εάν αυτό το γονίδιο αφαιρεθεί ή τροποποιηθεί;

Αυτά τα ερωτήματα οδηγούν σε ουσιαστικές βιοηθικές συζητήσεις, όπου οι μαθητές συνεργάζονται, ανταλλάσσουν απόψεις και αναλογίζονται τις κοινωνικές και βιολογικές συνέπειες της γονιδιακής επεξεργασίας. Αυτό ενισχύει τόσο την επιστημονική κατανόηση όσο και τη συνεργατική σκέψη.

Για να αυξήσουν το κίνητρο, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να συμπεριλάβουν στοιχεία παιχνιδοποίησης στις δραστηριότητες AR:

- Οι μαθητές κερδίζουν πόντους ή βραβεία ολοκληρώνοντας εργασίες επεξεργασίας γονιδίων χωρίς να προκαλούν ανεπιθύμητα αποτελέσματα.
- Οι πίνακες κατάταξης ενθαρρύνουν τους μαθητές να βελτιώσουν τόσο την επιστημονική ακρίβεια όσο και την ηθική συλλογιστική.





- Οι αναζητήσεις μπορεί να περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό ασφαλών και ηθικά αποδεκτών λύσεων επεξεργασίας γονιδίων και την εξήγησή τους χρησιμοποιώντας μοντέλα AR.
- Οι ομαδικές προκλήσεις προωθούν τη συνεργασία, τη συζήτηση και την υπεύθυνη λήψη αποφάσεων.

Οι αξιολογήσεις που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα (AR) παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο. Αντί να απαντούν μόνο σε γραπτές ερωτήσεις, οι μαθητές αλληλεπιδρούν με τρισδιάστατα μοντέλα για να δείξουν την κατανόησή τους. Η άμεση ανατροφοδότηση τους βοηθά να μαθαίνουν από τα λάθη, βελτιώνει τη διατήρηση της μνήμης και ενισχύει την αυτοπεποίθησή τους. Η μάθηση γίνεται μια ενεργή διαδικασία ανακάλυψης και όχι παθητική απομνημόνευση.

Ενσωματώνοντας εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) με αυτόν τον τρόπο, οι εκπαιδευτικοί βοηθούν τους μαθητές να συνδέσουν τη βιολογία, την ηθική και την τεχνολογία, δημιουργώντας μια ουσιαστική και συναρπαστική μαθησιακή εμπειρία.





Συμπέρασμα:

Καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της μαθησιακής ενότητας, οι μαθητές ερεύνησαν τόσο τα επιστημονική δύναμη και ηθική ευθύνη της γονιδιακής επεξεργασίας. Έμαθαν για τις βασικές αρχές της Τεχνολογία CRISPR, οι εφαρμογές της στην ιατρική και τη γεωργία, και οι πιθανοί κίνδυνοι που συνδέονται με τη γενετική τροποποίηση, όπως οι ακούσιες μεταλλάξεις και οι μακροπρόθεσμες συνέπειες (Doudna & Sternberg, 2017· UNESCO, 2021). Αυτά τα θέματα αντικατοπτρίζουν άμεσα τις ανησυχίες που παρουσιάστηκαν στην αρχή της ενότητας σχετικά με την ασφάλεια, την ευθύνη και τα απρόβλεπτα αποτελέσματα.

Εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας όπως ARGV και Ανθρώπινο Γονιδιόμα εμπλούτισε την μαθησιακή εμπειρία κάνοντας αόρατες γενετικές διεργασίες, ορατές και πιο εύκολα κατανοητές Αλληλεπιδρώντας με μοντέλα DNA, οι μαθητές μπόρεσαν να συνδέσουν αφηρημένες επιστημονικές έννοιες με παραδείγματα από τον πραγματικό κόσμο και ηθικά ερωτήματα.

Μέσα από προσομοιώσεις, συζητήσεις βασισμένες σε σενάρια και ηθικά παιχνίδια ρόλων, οι μαθητές ανέπτυξαν δεξιότητες κριτικής σκέψης και πιο δυνατός βιοηθική επίγνωση Απέκτησαν μια βαθύτερη κατανόηση του πώς η επεξεργασία γονιδίων μπορεί να επηρεάσει ανθρώπινη υγεία, οικοσυστήματα και μελλοντικές γενιές, ενισχύοντας την ιδέα ότι η επιστημονική πρόοδος πρέπει να καθοδηγείται από προσεκτική σκέψη και τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων (Cyranoski, 2019· UNESCO, 2021).

Συνολικά, αυτή η ενότητα ενθαρρύνει τους μαθητές να σκεφτούν κριτικά τον ρόλο της γενετικής μηχανικής στην κοινωνία. Συνδυάζοντας Βιολογία, ηθική και τεχνολογία AR, προετοιμάζει τους μαθητές να ασχοληθούν μεθοδικά με τις προκλήσεις του πραγματικού κόσμου και να συμμετάσχουν σε συνεχείς συζητήσεις σχετικά με την υπεύθυνη χρήση των τεχνολογιών επεξεργασίας γονιδίων στο μέλλον.





Φάση	Περιγραφή
Εξερευνώ	- Οι μαθητές εξερευνούν βασικές έννοιες από DNA, CRISPR-Cas9 και γονιδιακή επεξεργασία μέσω σύντομων βίντεο, infographics και προσαρμοσμένων επιστημονικών αναγνώσεων.
	- Εισαγωγή εκπαιδευτικών αυτών μελέτες περιπτώσεων πραγματικού κόσμου (για παράδειγμα, γενετικά τροποποιημένα μωρά ή πειράματα οικολογικής γονιδιακής επεξεργασίας) για την ανάδειξη δυνατοτήτων κίνδυνοι, οφέλη και ηθικά διλήμματα που σχετίζονται με την επεξεργασία γονιδίων.
	- Οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν τις προηγούμενες γνώσεις και τις παρανοήσεις των μαθητών χρησιμοποιώντας σύντομα κουίζ, δραστηριότητες καταγίγισμού ιδεών ή καθοδηγούμενες συζητήσεις, προκειμένου να προσαρμόσουν τη διδασκαλία στις ανάγκες των μαθητών.
Εκτελώ	- Υλοποίηση Προγράμματος Σπουδών: Οι μαθητές συμμετέχουν σε δομημένα μαθήματα που ενσωματώνουν ARGV και Ανθρώπινο Γονιδίωμα AR να προσομοιώσουν διαδικασίες επεξεργασίας DNA και να διερευνήσουν ηθικά διλήμματα με διαδραστικό τρόπο.
	- Διαδραστικές ασκήσεις: Οι μαθητές συμμετέχουν σε Αναλύσεις περιπτώσεων βασισμένες σε AR, προσομοιώνουν σενάρια επεξεργασίας γονιδίων και συμμετέχουν σε συζητήσεις βιοηθικής σε παιχνίδια ρόλων. Αυτές οι δραστηριότητες βοηθούν τους μαθητές να εφαρμόσουν την επιστημονική γνώση σε πραγματικές καταστάσεις.
	- Συλλογή σχολίων: Ανατροφοδότηση από ομοτίμους κατά τη διάρκεια ομαδικών συζητήσεων και συνεδρίες αναστοχασμού με επικεφαλής εκπαιδευτικούς χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη βαθύτερης ηθικής σκέψης και προσωπικού στοχασμού.
Επαυξάνω	- Ενσωμάτωση AR: Το ARGV και το Human Genome AR είμαστε εμείς για προβολή επεξεργάσιμα μοντέλα γονιδιώματος, κάντε ζουμ σε κλώνους DNA και προσομοιώστε τις επεξεργασίες CRISPR σε ασφαλή μορφή και ελεγχόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα.
	- Διαδραστική Μάθηση: Οι μαθητές ολοκληρώνουν αυτές εργασίες AR με αυτορυθμιζόμενο ρυθμό αυτό βοηθήστε τους να οπτικοποιήσουν τις συνέπειες των γονιδιακών τροποποιήσεων και να εντοπίσουν γενετικά χαρακτηριστικά που ενδέχεται να διατρέχουν κίνδυνο.
	Στοιχεία παιχνιδοποίησης προστίθενται για την αύξηση του κινήτρου και της εμπλοκής: Πόντοι και Διακρίσεις: Βραβεύεται για τον σωστό εντοπισμό μη στοχευμένων επιδράσεων ή για την πρόταση υπεύθυνων χρήσεων της γονιδιακής επεξεργασίας. Πίνακες κατάταξης: Οι μαθητές προχωρούν μέσα από σενάρια, από τη βασική επιδιόρθωση γονιδίων έως τη λήψη σύνθετων βιοηθικών αποφάσεων. Αποστολές και Επίπεδα: Οι μαθητές προχωρούν μέσα από προκλήσεις που απαιτούν επιστημονική ακρίβεια και ηθική συλλογιστική. Ανταμοιβές για Εξερεύνηση: Το πρόσθετο περιεχόμενο AR ξεκλειδώνεται μετά την ολοκλήρωση εργασιών αναστοχασμού ή ομαδικών αναφορών. Συνεργατικές Παιχνιδοποιημένες Εργασίες: Οι ομάδες συνεργάζονται για να αναπτύξουν ισορροπημένες πολιτικές επεξεργασίας γονιδίων, χρησιμοποιώντας εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) ως οπτική υποστήριξη. Αξιολογήσεις που βασίζονται σε AR: Η αξιολόγηση περιλαμβάνει σχολιασμένα στιγμιότυπα οθόνης επαυξημένης πραγματικότητας (AR), σύντομες ηχογραφημένες σκέψεις εντός της εφαρμογής και ψηφιακά χαρτοφυλάκια που συνδυάζουν επιστημονικές εξηγήσεις με ηθική ανάλυση.





Αναφορές

Συρανόσκι, Δ. (2019). *Το σκάνδαλο CRISPR-baby: Τι ακολουθεί για την επεξεργασία ανθρώπινων γονιδίων*. *Φύση*, 566(7745), 440–442. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00673-1>

Doudna, J. A., & Sternberg, S. H. (2017). *Μια ρωγμή στη δημιουργία: Η επεξεργασία γονιδίων και η αδιανόητη δύναμη ελέγχου της εξέλιξης*. Χάουτον Μίφλιν Χάρκορτ.

Lander, E. S. (2015). Ένα θαυμαστό νέο γονιδίωμα. *Το Ιατρικό Περιοδικό της Νέας Αγγλίας*, 373(1), 5–8. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1506446>

UNESCO. (2021). *Ηθική της επεξεργασίας γονιδιώματος*. Εκδόσεις UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371399>

Ανθρώπινο Γονιδίωμα AR. (n.d.). *Εφαρμογή AR για το Ανθρώπινο Γονιδίωμα*. Διαθέσιμο στο App Store και το Google Play.

ARGV – Γονιδιακή Άποψη Επαυξημένης Πραγματικότητας. (χ.η.). *ARGV: Προβολή γονιδίων επαυξημένης πραγματικότητας*. <https://www.argv-ar.com/>

Εν συντομία– Με λίγα λόγια. (2016). *CRISPR εξήγησε: Επεξεργασία γονιδίων και DNA* [Βίντεο]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=MnYppmstxIs>

HHMI BioInteractive. (χ.η.). *Μηχανισμός και εφαρμογές CRISPR-Cas9*. <https://www.biointeractive.org/>





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU

AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.