



Co-funded by
the European Union

Γενετικές ασθένειες: προκλήσεις και λύσεις



BIOS4YOU
AR 2.0

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

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"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."





ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	3
Εξερευνώ	3
1. Γενετικές Ασθένειες: Προκλήσεις και Λύσεις	3
1.1 Τι είναι οι γενετικές ασθένειες;	3
1.2 Τύποι Γενετικών Μεταλλάξεων	4
1.3 Κοινές Γενετικές Ασθένειες	4
1.4 Διαγνωστικές Προκλήσεις	5
1.5 Προκλήσεις Θεραπείας	5
1.6 Αναδυόμενες Λύσεις	5
1.7 Γιατί έχουν σημασία η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και η τρισδιάστατη μοντελοποίηση	5
Ερωτήσεις αναστοχασμού	6
Εκτελώ	6
2. Λύσεις εμπνευσμένες από τη βιολογία για γενετικές ασθένειες	6
2.1 Βιο-έμπνευση στην γενετική επιδιόρθωση και ρύθμιση	6
2.2 Πρακτική εφαρμογή μέσω μάθησης που υποστηρίζεται από επαυξημένη πραγματικότητα (AR)	7
2.3 Προτεινόμενες ασκήσεις και δραστηριότητες που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα (AR)	7
2.4 Παγκόσμια έμπνευση και συνάφεια με τον πραγματικό κόσμο	8
Επαυξάνω	8
3. Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) για Βαθύτερη Μάθηση και Συμμετοχή	8
3.1 Πώς η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) εμβαθύνει την κατανόηση των γενετικών ασθενειών	9
3.2 Κάνοντας σύνθετες έννοιες προσβάσιμες και ελκυστικές	9
3.3 Παράδειγμα χρήσιμου εργαλείου AR	9
3.4 Πρακτικές προτάσεις για την ενσωμάτωση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) στην μαθησιακή εμπειρία	9
Σύναψη	10
Αναφορές	13





Πηγή: Εικόνα που δημιουργήθηκε από τεχνητή νοημοσύνη

Γενικό θέμα της μαθησιακής διαδρομής	Βιοτεχνολογία.Βιομηχανική Παραγωγή και Συνθετική Βιολογία
Συγκεκριμένη ονομασία της μαθησιακής μονάδας	Γενετικές Ασθένειες: Προκλήσεις και Λύσεις
Ηλικία των χρηστών-στόχων	14-18 ετών
Απαιτήσεις για τον εκπαιδευόμενο	• Βασική κατανόηση βιολογικών εννοιών (κύτταρα, DNA, γονίδια) • Βασικές ψηφιακές δεξιότητες (χρήση υπολογιστή, tablet ή smartphone) • Ικανότητα εργασίας ατομικά και συνεργατικά • Πρόσβαση στο διαδίκτυο και σε συσκευές συμβατές με AR • Δεν απαιτούνται προηγούμενες γνώσεις γενετικής, βιοτεχνολογίας, βιοπαραγωγής ή δημιουργίας περιεχομένου AR





Περιγραφή της μαθησιακής μονάδας	Αυτή η μαθησιακή ενότητα εισάγει τους μαθητές στις γενετικές ασθένειες ως σύνθετες βιολογικές προκλήσεις που προκαλούνται από αλλαγές στο DNA και τη γονιδιακή λειτουργία. Οι μαθητές εξερευνούν τις αιτίες, τους τύπους και τις επιπτώσεις των γενετικών διαταραχών στον πραγματικό κόσμο, καθώς και τις επιστημονικές, τεχνολογικές και ηθικές προκλήσεις που σχετίζονται με τη διάγνωση και τη θεραπεία τους. Μέσω της βιοεμπνευσμένης σκέψης και των προσεγγίσεων της συνθετικής βιολογίας, οι μαθητές ανακαλύπτουν πώς οι φυσικοί μηχανισμοί όπως η επιδιόρθωση του DNA, η γονιδιακή ρύθμιση και η κυτταρική αναγέννηση εμπνέουν σύγχρονες ιατρικές λύσεις, συμπεριλαμβανομένης της γονιδιακής θεραπείας και της επεξεργασίας γονιδίων. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) χρησιμοποιείται ως βασικό εκπαιδευτικό εργαλείο για την απεικόνιση αόρατων μοριακών διεργασιών και για την υποστήριξη της δημιουργίας ενός διαδραστικού κουίζ βασισμένου στην AR, μετατρέποντας την αξιολόγηση σε μια ενεργή, διερευνητική μαθησιακή εμπειρία.
Θέμα: Εμπλεκόμενα μέρη	Βιολογία, Γενετική, Βιοτεχνολογία, Συνθετική Βιολογία, Ψηφιακός Γραμματισμός / Επιστήμη Υπολογιστών, Αγωγή Υγείας, Ηθική
Λέξεις-κλειδιά	Γενετικές ασθένειες, DNA, γονίδια, μεταλλάξεις, βιο-έμπνευση, συνθετική βιολογία, βιοπαραγωγή, γονιδιακή θεραπεία, γονιδιακή επεξεργασία, CRISPR, επιδιόρθωση DNA, βιοτεχνολογία, ανθρώπινη υγεία, Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), ψηφιακή αξιολόγηση
Βασικά προσόντα, δεξιότητες και γνώσεις που μπορούν να αποκτηθούν	Προσόντα / Στάσεις • Ευαισθητοποίηση σχετικά με τη γενετική ποικιλομορφία και τις προκλήσεις για την υγεία • Υπεύθυνη και ηθική σκέψη σχετικά με τις τεχνολογίες γενετικής και συνθετικής βιολογίας • Περιέργεια για τη βιοτεχνολογία και την ιατρική καινοτομία Δεξιότητες • Κριτική σκέψη και επίλυση προβλημάτων • Ανάλυση σχέσεων αιτίας-αποτελέσματος στη γενετική και τη βιοτεχνολογία • Ψηφιακή και οπτική παιδεία μέσω εργαλείων επαυξημένης πραγματικότητας (AR)





	- Δεξιότητες συνεργασίας, επικοινωνίας και δημιουργίας περιεχομένου Γνώση - Κατανόηση της γενετικής βάσης των ασθενειών - Αναγνώριση διαφορετικών τύπων γενετικών μεταλλάξεων - Επίγνωση των διαγνωστικών και θεραπευτικών προκλήσεων - Κατανόηση λύσεων εμπνευσμένων από τη βιοϊατρική και συνθετική βιολογία - Κατανόηση του ρόλου της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) στην εκπαίδευση και την αξιολόγηση της βιοτεχνολογίας
Χρησιμοποιήθηκαν πόροι και διδακτικά βοηθήματα	- Εκπαιδευτικά κείμενα και επιστημονικά άρθρα σχετικά με τη γενετική, τη βιοτεχνολογία και τη συνθετική βιολογία - Μελέτες περιπτώσεων γενετικών ασθενειών και ιατρικών βιοτεχνολογιών - Ηλεκτρονικές εκπαιδευτικές πλατφόρμες και βάσεις δεδομένων - Εργαλεία και εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας (Delightex) - Συσκευές συμβατές με AR (smartphones, tablets, υπολογιστές) - Τρισδιάστατα μοντέλα DNA, γονιδίων, πρωτεϊνών και κυττάρων
Κριτήρια αξιολόγησης και αξιολόγηση	- Ενεργή συμμετοχή σε συζητήσεις και δραστηριότητες που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα (AR) - Ολοκλήρωση ασκήσεων που υποστηρίζονται από AR και σχετίζονται με γενετικούς μηχανισμούς - Επιστημονική ακρίβεια και σαφήνεια του κοιζ AR που δημιουργήθηκε από μαθητές - Ικανότητα εξήγησης γενετικών ασθενειών, προκλήσεων και λύσεων - Στοχασμός πάνω στις ηθικές, κοινωνικές και τεχνολογικές επιπτώσεις της βιοτεχνολογίας και της συνθετικής βιολογίας

Εισαγωγή

Οι γενετικές ασθένειες είναι παθήσεις που προκαλούνται από αλλαγές ή σφάλματα στο DNA μας, τον βιολογικό κώδικα που φέρει οδηγίες για την κατασκευή και τη συντήρηση του ανθρώπινου σώματος. Ορισμένες γενετικές ασθένειες κληρονομούνται από τους γονείς, ενώ άλλες εμφανίζονται λόγω αυθόρμητων μεταλλάξεων ή περιβαλλοντικών επιρροών. Αυτές οι





παθήσεις μπορούν να επηρεάσουν τον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσονται τα όργανα, τον τρόπο λειτουργίας των κυττάρων και τον τρόπο με τον οποίο το σώμα ανταποκρίνεται στο περιβάλλον του, δημιουργώντας συχνά δια βίου προκλήσεις για την υγεία.

Σε αυτήν την μαθησιακή ενότητα, οι μαθητές θα εξερευνήσουν τις αιτίες και τις συνέπειες των γενετικών ασθενειών, καθώς και τις επιστημονικές και τεχνολογικές προκλήσεις που εμπλέκονται στην κατανόηση, τη διάγνωση και τη θεραπεία τους. Συνδέοντας τη βιολογία με τη βία εμπνευσμένη σκέψη και τις σύγχρονες τεχνολογίες, οι μαθητές θα ανακαλύψουν πώς η ίδια η φύση προσφέρει ενδείξεις για την αποκατάσταση γενετικών βλαβών και πώς καινοτομίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η ανάλυση γονιδίων και η εξατομικευμένη ιατρική συμβάλλουν σε νέες λύσεις. Μέσω αυτής της εξερεύνησης, οι μαθητές θα αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με το πώς η γενετική διαμορφώνει την ανθρώπινη υγεία και πώς η επιστήμη λειτουργεί για να μετατρέψει τις βιολογικές προκλήσεις σε ευκαιρίες βελτίωσης.

Εξερευνώ

1. Γενετικές Ασθένειες: Προκλήσεις και Λύσεις

Σε αυτήν την ενότητα, οι μαθητές αναπτύσσουν βασικές γνώσεις σχετικά με τις γενετικές ασθένειες, τις αιτίες τους και τις προκλήσεις που ενέχει η διάγνωση και η θεραπεία τους. Αυτή η ενότητα εισάγει βασικές έννοιες από τη γενετική, τη μοριακή βιολογία και τη βιοτεχνολογία, προετοιμάζοντας τους μαθητές για μεταγενέστερες δραστηριότητες όπως η οπτικοποίηση AR, η μοντελοποίηση και οι ηθικές συζητήσεις σχετικά με τις αναδυόμενες ιατρικές λύσεις.

1.1 Τι είναι οι γενετικές ασθένειες;

Μια γενετική ασθένεια είναι μια πάθηση που προκαλείται από αλλαγές στο DNA, είτε μέσω μεταλλάξεων σε μεμονωμένα γονίδια είτε μέσω ανωμαλιών στα χρωμοσώματα. Σε αντίθεση με τις μολυσματικές ασθένειες, οι γενετικές διαταραχές δεν προκαλούνται από βακτήρια ή ιούς. Αντίθετα, κληρονομούνται από τους γονείς ή προκύπτουν αυθόρμητα κατά τη διάρκεια της κυτταρικής διαίρεσης ή της πρώιμης ανάπτυξης. Εκτιμάται ότι οι γενετικές ασθένειες επηρεάζουν περίπου...**1 στους 25 ανθρώπους παγκοσμίως**.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των γενετικών ασθενειών περιλαμβάνουν:

- Προκαλούνται από αλλαγές στην αλληλουχία του DNA (όπως σημειακές μεταλλάξεις, παρεμβολές ή διαγραφές) ή από αλλαγές στον αριθμό ή τη δομή των χρωμοσωμάτων.
- Μπορούν να είναι **μονογενής**, που αφορά ένα μόνο γονίδιο, ή **πολυγενής**, που περιλαμβάνει πολλαπλά γονίδια και περιβαλλοντικούς παράγοντες.
- Η σοβαρότητά τους ποικίλλει σημαντικά, από ήπιες παθήσεις όπως η αχρωματοψία έως απειλητικές για τη ζωή διαταραχές.





Ένα γνωστό παράδειγμα είναι **δρεπανοκυτταρική αναιμία**, όπου μια μόνο αλλαγή νουκλεοτιδίου στο γονίδιο HBB μεταβάλλει τη δομή της αιμοσφαιρίνης, προκαλώντας την άκαμπτη και δρεπανοειδή μορφή των ερυθρών αιμοσφαιρίων.

1.2 Τύποι Γενετικών Μεταλλάξεων

Οι γενετικές μεταλλάξεις διαφέρουν σε κλίμακα και αντίκτυπο, αλλά όλες μπορούν να διαταράξουν τον τρόπο παραγωγής ή λειτουργίας των πρωτεϊνών.

Τύπος μετάλλαξης	Περιγραφή	Παράδειγμα ασθένειας
Σημειακή μετάλλαξη	Αλλαγή ενός νουκλεοτιδίου	Δρεπανοκυτταρική αναιμία (GAG→GTG)
Εισαγωγή/Διαγραφή	Προσθήκη/αφαίρεση νουκλεοτιδίων	Κυστική ίνωση (3bp ΔF508)
Επανάληψη τρινουκλεοτιδίων	Επέκταση CAG	Νόσος του Χάντινγκτον
Χρωμοσωμικό	Ανευπλοειδία, μετατόπιση	Σύνδρομο Down (τρισωμία 21)

Αυτές οι μεταλλάξεις μπορεί να οδηγήσουν σε πρωτεΐνες που είναι μη λειτουργικές, μερικώς λειτουργικές ή επιβλαβείς για τα κύτταρα.

1.3 Κοινές Γενετικές Ασθένειες

Οι γενετικές ασθένειες μπορούν να ομαδοποιηθούν με βάση τον τρόπο εμφάνισής τους:

- **Μονογενείς (Μεντελικές) ασθένειες** προκαλούνται από μεταλλάξεις σε ένα μόνο γονίδιο. Παραδείγματα περιλαμβάνουν την κυστική ίνωση, τη μυϊκή δυστροφία Duchenne και την αιμορροφιλία A.
- **Πολυπαραγοντικές γενετικές ασθένειες** προκύπτουν από αλληλεπιδράσεις μεταξύ πολλαπλών γονιδίων και περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως ορισμένες μεταβολικές ή νευρολογικές διαταραχές.
- **Χρωμοσωμικές διαταραχές**, όπως το σύνδρομο Down, προκαλούνται από επιπλέον ή ελλείποντα χρωμοσώματα και επηρεάζουν τη συνολική ανάπτυξη.

Η μελέτη αυτών των συνθηκών βοηθά τους επιστήμονες να κατανοήσουν πώς συγκεκριμένες γενετικές αλλαγές οδηγούν σε παρατηρήσιμα βιολογικά αποτελέσματα.

1.4 Διαγνωστικές Προκλήσεις

Η διάγνωση γενετικών ασθενειών είναι συχνά περίπλοκη. Πολλές διαταραχές έχουν παρόμοια συμπτώματα και περισσότερες από 7.000 σπάνιες γενετικές ασθένειες έχουν εντοπιστεί παγκοσμίως. Ορισμένες παθήσεις εμφανίζονται μόνο αργότερα στη ζωή, γεγονός που καθιστά δύσκολη την έγκαιρη διάγνωση. Επιπλέον, πολλοί άνθρωποι είναι υγιείς φορείς γενετικών μεταλλάξεων χωρίς να εμφανίζουν συμπτώματα.





Τα σύγχρονα διαγνωστικά εργαλεία περιλαμβάνουν προγράμματα νεογνικού ελέγχου, αλληλούχιση ολόκληρου του γονιδιώματος και αναδυόμενες τεχνολογίες που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη και αναλύουν γενετικά δεδομένα και φυσικά χαρακτηριστικά για να υποστηρίξουν την έγκαιρη και ακριβέστερη διάγνωση.

1.5 Προκλήσεις Θεραπείας

Οι παραδοσιακές θεραπείες για γενετικές ασθένειες συνήθως επικεντρώνονται στη διαχείριση των συμπτωμάτων παρά στη διόρθωση της υποκείμενης γενετικής αιτίας. Ενώ αυτές οι προσεγγίσεις μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής, έχουν σημαντικούς περιορισμούς:

- Το ίδιο το μεταλλαγμένο γονίδιο παραμένει αμετάβλητο.
- Η βλάβη στους ιστούς και τα όργανα μπορεί να είναι μη αναστρέψιμη.
- Η χορήγηση θεραπειών σε συγκεκριμένα κύτταρα, όπως αυτά που προστατεύονται από βιολογικά φράγματα, παραμένει δύσκολη.

Αυτές οι προκλήσεις υπογραμμίζουν την ανάγκη για νέες θεραπευτικές στρατηγικές.

1.6 Αναδυόμενες Λύσεις

Οι πρόσφατες εξελίξεις στη βιοτεχνολογία προσφέρουν πολλά υποσχόμενες λύσεις για τις γενετικές ασθένειες:

- **Γονιδιακή θεραπεία** χρησιμοποιεί ιικούς φορείς για να μεταφέρει υγιή αντίγραφα γονιδίων σε προσβεβλημένα κύτταρα.
- **Επεξεργασία γονιδίων CRISPR/Cas9** επιτρέπει στους επιστήμονες να τροποποιούν με ακρίβεια το DNA, διορθώνοντας τις μεταλλάξεις στην πηγή τους.
- **Θεραπείες που βασίζονται στο RNA και κυτταρικές θεραπείες** στοχεύουν στην αποκατάσταση της φυσιολογικής παραγωγής πρωτεϊνών ή στην αντικατάσταση των κατεστραμμένων κυττάρων.

Ορισμένες από αυτές τις προσεγγίσεις έχουν ήδη φτάσει σε κλινική χρήση, καταδεικνύοντας πως η βασική γενετική γνώση μπορεί να οδηγήσει σε πραγματικές ιατρικές ανακαλύψεις.

1.7 Γιατί έχουν σημασία η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και η τρισδιάστατη μοντελοποίηση

Γενετικές διεργασίες όπως οι μεταλλάξεις, η αναδίπλωση πρωτεϊνών και η επεξεργασία γονιδίων συμβαίνουν σε μικροσκοπικό επίπεδο και δεν μπορούν να γίνουν άμεσα ορατές. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα και η τρισδιάστατη μοντελοποίηση καθιστούν αυτές τις αόρατες διεργασίες ορατές επιτρέποντας στους μαθητές να εξερευνήσουν:

- Πώς αλλάζει η δομή των πρωτεϊνών λόγω μεταλλάξεων,





- Πώς τα εργαλεία επεξεργασίας γονιδίων τροποποιούν το DNA,
- Πώς οι χρωμοσωμικές ανωμαλίες επηρεάζουν τα κύτταρα.

Παράδειγμα: Περιστροφή δρεπανοειδούς αιμοσφαιρίνης, προσομοίωση επεξεργασίας (<https://www.delightex.com/edu/lesson-plans>).

Η διαδραστική οπτικοποίηση βοηθά τους μαθητές να συνδέσουν αφηρημένες γενετικές έννοιες με πραγματικές βιολογικές συνέπειες.

Ερωτήσεις αναστοχασμού

- 1- Πώς μπορεί μια αλλαγή σε ένα μόνο νουκλεοτίδιο να οδηγήσει σε μια σοβαρή ασθένεια;
- 2- Γιατί είναι δύσκολη η χορήγηση γονιδιακής θεραπείας στα σωστά κύτταρα;
Ποιες πρόσφατες εξελίξεις στη γενετική θεραπεία θεωρείτε πιο πολλά υποσχόμενες και γιατί;

Εκτελώ

2. Λύσεις εμπνευσμένες από τη βιολογία για γενετικές ασθένειες

Στη φάση Εκτέλεσης, οι μαθητές περνούν από την κατανόηση των γενετικών ασθενειών στην ενεργό εξερεύνηση του πώς η ίδια η φύση εμπνέει λύσεις σε γενετικές προκλήσεις. Οι ζωντανοί οργανισμοί έχουν αναπτύξει ισχυρούς μηχανισμούς για την προστασία, την επιδιόρθωση και τη ρύθμιση των γενετικών τους πληροφοριών. Μελετώντας αυτές τις φυσικές διεργασίες, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα πώς η σύγχρονη βιοτεχνολογία και η ιατρική επιχειρούν να τις μιμηθούν, να τις ενισχύσουν ή να τις προσαρμόσουν για τη θεραπεία γενετικών ασθενειών.

2.1 Βιο-έμπνευση στην γενετική επιδιόρθωση και ρύθμιση

Η φύση προστατεύει συνεχώς το DNA από βλάβες που προκαλούνται από ακτινοβολία, χημικούς παράγοντες και σφάλματα αντιγραφής. Τα κύτταρα δεν είναι παθητικά συστήματα. Παρακολουθούν και επιδιορθώνουν ενεργά το γενετικό τους υλικό μέσω εξαιρετικά αποτελεσματικών μηχανισμών.

Βασικές αρχές εμπνευσμένες από τη βιολογία περιλαμβάνουν:

- **Μηχανισμοί επιδιόρθωσης DNA** Τα κύτταρα χρησιμοποιούν φυσικά συστήματα επιδιόρθωσης για την ανίχνευση και τη διόρθωση μεταλλάξεων, εμπνέοντας σύγχρονες τεχνολογίες επεξεργασίας γονιδίων.





- **Επιλεκτική ενεργοποίηση γονιδίων** Δεν είναι όλα τα γονίδια ενεργά ανά πάσα στιγμή· τα κύτταρα ρυθμίζουν την γονιδιακή έκφραση ανάλογα με το περιβάλλον, την ηλικία και τη λειτουργία τους.
- **Εξειδίκευση και αναγέννηση κυττάρων** Τα βλαστοκύτταρα καταδεικνύουν πώς μπορούν να αντικατασταθούν κατεστραμμένα ή ελαττωματικά κύτταρα, εμπνέοντας την αναγεννητική ιατρική και την κυτταρική θεραπεία.
- **Ανοχή και προσαρμογή σφαλμάτων** Ορισμένοι οργανισμοί ανέχονται τη γενετική ποικιλομορφία και προσαρμόζονται σε αυτήν, προσφέροντας πληροφορίες για την ανθεκτικότητα και τη μακροπρόθεσμη επιβίωση.

Αυτές οι φυσικές στρατηγικές αποτελούν τη γέφυρα μεταξύ των βιολογικών συστημάτων και των τεχνολογικών λύσεων για τις γενετικές ασθένειες.

2.2 Πρακτική εφαρμογή μέσω μάθησης που υποστηρίζεται από επαυξημένη πραγματικότητα (AR)

Πολλές γενετικές διεργασίες συμβαίνουν σε μοριακό επίπεδο και δεν μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) επιτρέπει στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με δυναμικές τρισδιάστατες αναπαραστάσεις DNA, γονιδίων, πρωτεϊνών και κυττάρων, μετατρέποντας αφηρημένες έννοιες σε απτές μαθησιακές εμπειρίες.

Μια εφαρμογή AR μπορεί να υποστηρίξει αυτήν την ενότητα επιτρέποντας στους μαθητές να:

- Οπτικοποιήστε τη δομή του DNA και εντοπίστε συγκεκριμένα γονίδια που επηρεάζονται από μεταλλάξεις.
- Παρατηρήστε πώς οι μεταλλάξεις αλλοιώνουν το σχήμα και τη λειτουργία των πρωτεϊνών.
- Προσομοιώστε φυσικές διαδικασίες επιδιόρθωσης DNA και συγκρίνετέ τις με τεχνικές επεξεργασίας γονιδίων.
- Εξερευνήστε πώς τα διορθωμένα γονίδια αποκαθιστούν την κανονική κυτταρική λειτουργία.

Τα εργαλεία AR παρέχουν αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο, εναλλαγή, κλιμάκωση και βήμα προς βήμα εξερεύνηση, υποστηρίζοντας τη μάθηση που βασίζεται στην έρευνα και τη βιωματική μάθηση.

2.3 Προτεινόμενες ασκήσεις και δραστηριότητες που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα (AR)

- **Άσκηση 1: Επισκευή DNA – Μαθαίνοντας από τη Φύση**
Οι μαθητές εξερευνούν ένα μοντέλο επαυξημένης πραγματικότητας (AR) για τη βλάβη του DNA που προκαλείται από μια μετάλλαξη. Ενεργοποιούν φυσικές οδούς επιδιόρθωσης του DNA και παρατηρούν πώς τα κύτταρα ανιχνεύουν και διορθώνουν





σφάλματα. Στη συνέχεια, οι μαθητές συγκρίνουν τους φυσικούς μηχανισμούς επιδιόρθωσης με γονιδιακές θεραπείες που έχουν σχεδιαστεί από τον άνθρωπο, εντοπίζοντας ομοιότητες και διαφορές.

- **Άσκηση 2: Δομή και Λειτουργία Πρωτεΐνης**

Χρησιμοποιώντας την επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), οι μαθητές χειρίζονται τρισδιάστατα μοντέλα πρωτεϊνών για να συγκρίνουν υγιείς και μεταλλαγμένες πρωτεΐνες. Περιστρέφοντας και εστιάζοντας σε μοριακές δομές, οι μαθητές παρατηρούν πώς οι μικρές γενετικές αλλαγές μπορούν να οδηγήσουν σε μεγάλες λειτουργικές συνέπειες, όπως η λανθασμένη αναδίπλωση πρωτεϊνών.

- **Άσκηση 3: Προσομοίωση Επεξεργασίας Γονιδίων**

Οι μαθητές προσομοιώνουν μια διαδικασία επεξεργασίας γονιδίων εμπνευσμένη από τη φυσική επιδιόρθωση του DNA. Επιλέγουν ένα ελαττωματικό γονίδιο, εφαρμόζουν ένα εικονικό «εργαλείο επιδιόρθωσης» και παρατηρούν τις επιπτώσεις πριν και μετά στην γονιδιακή έκφραση και τη συμπεριφορά των κυττάρων. Αυτή η άσκηση δίνει έμφαση στην ακρίβεια, τα όρια και τις ηθικές παραμέτρους.

- **Άσκηση 4: Από το κύτταρο στον οργανισμό**

Οι μαθητές παρακολουθούν τις επιδράσεις ενός διορθωμένου γονιδίου από ένα μόνο κύτταρο σε επίπεδο ιστού και οργάνου. Η οπτικοποίηση AR δείχνει πώς η αποκατάσταση ενός γονιδίου μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργία των οργάνων, βοηθώντας τους μαθητές να συνδέσουν τα μοριακά συμβάντα με τα πραγματικά αποτελέσματα υγείας.

- **Άσκηση 5: Σχεδιασμός ενός Κουίζ AR: Γενετικές Ασθένειες – Προκλήσεις και Λύσεις**

Σε αυτήν την άσκηση, οι μαθητές **σχεδιάστε και δημιουργήστε ένα διαδραστικό κουίζ βασισμένο σε AR** επικεντρώθηκε στις γενετικές ασθένειες, τις αιτίες τους, τις προκλήσεις και τις πιθανές λύσεις. Χρησιμοποιώντας **Delightex**, οι μαθητές δημιουργούν ένα τεστ που συνδυάζει επιστημονικά ερωτήματα με τρισδιάστατες απεικονίσεις DNA, γονιδίων, πρωτεϊνών και κυττάρων.

Οι μαθητές αναπτύσσουν σενάρια κουίζ, γράφουν ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ή ερωτήσεις που βασίζονται σε αποφάσεις και συνδέουν κάθε ερώτηση με μοντέλα AR που καταδεικνύουν γενετικές μεταλλάξεις, λανθασμένη αναδίπλωση πρωτεϊνών και αποτελέσματα επεξεργασίας γονιδίων. Το κουίζ περιλαμβάνει ένα **σύστημα πόντων και ζωών**, όπου οι σωστές απαντήσεις κερδίζουν πόντους και οι λανθασμένες επιλογές μειώνουν ζωές, παρέχοντας άμεση ανατροφοδότηση και ενθαρρύνοντας την προσεκτική συλλογιστική.

Οι μαθητές αναπτύσσουν σενάρια κουίζ, γράφουν ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ή ερωτήσεις που βασίζονται σε αποφάσεις και συνδέουν κάθε ερώτηση με μοντέλα AR που καταδεικνύουν γενετικές μεταλλάξεις, λανθασμένη αναδίπλωση πρωτεϊνών και αποτελέσματα επεξεργασίας γονιδίων. Το κουίζ περιλαμβάνει ένα **σύστημα πόντων και ζωών**, όπου οι σωστές απαντήσεις κερδίζουν πόντους και οι λανθασμένες επιλογές





μειώνουν ζώες, παρέχοντας άμεση ανατροφοδότηση και ενθαρρύνοντας την προσεκτική συλλογιστική.

2.4 Παγκόσμια έμπνευση και συνάφεια με τον πραγματικό κόσμο

Παρόμοιες δραστηριότητες που υποστηρίζονται από την επαυξημένη πραγματικότητα (AR) χρησιμοποιούνται παγκοσμίως στην εκπαίδευση γενετικής για να βοηθήσουν τους μαθητές:

- Κατανοήστε πολύπλοκες μοριακές διεργασίες μέσω οπτικοποίησης.
- Αναπτύξτε δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων δοκιμάζοντας διαφορετικές στρατηγικές παρέμβασης.
- Συμμετέχετε σε συλλογική δράση συζητώντας τα αποτελέσματα και τις επιλογές σχεδιασμού.
- Σκεφτείτε τις ηθικές και κοινωνικές επιπτώσεις των γενετικών τεχνολογιών.

Συνδυάζοντας αρχές εμπνευσμένες από τη βιολογία με πρακτικές δραστηριότητες βασισμένες στην επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), οι μαθητές βιώνουν τη γενετική όχι ως αφηρημένη θεωρία, αλλά ως έναν εξελισσόμενο τομέα όπου οι φυσικοί μηχανισμοί εμπνέουν καινοτόμες ιατρικές λύσεις.

Επαυξάνω

3. Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) για Βαθύτερη Μάθηση και Συμμετοχή

Οι γενετικές ασθένειες περιλαμβάνουν πολύπλοκες και αόρατες βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν σε μοριακό και κυτταρικό επίπεδο. Έννοιες όπως οι μεταλλάξεις του DNA, η λανθασμένη αναδίπλωση πρωτεϊνών, η γονιδιακή ρύθμιση και η επεξεργασία γονιδίων είναι δύσκολο να κατανοηθούν πλήρως από τους μαθητές χρησιμοποιώντας μόνο παραδοσιακά εγχειρίδια ή στατικές εικόνες. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) ενισχύει σημαντικά τη μαθησιακή διαδικασία μετατρέποντας αυτές τις αφηρημένες διαδικασίες σε διαδραστικές, οπτικές και βιωματικές μαθησιακές εμπειρίες.

3.1 Πώς η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) εμβαθύνει την κατανόηση των γενετικών ασθενειών





Η επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) επιτρέπει στους μαθητές να οπτικοποιήσουν γενετικούς μηχανισμούς που δεν μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα. Αλληλεπιδρώντας με τρισδιάστατα μοντέλα DNA, γονιδίων, χρωμοσωμάτων και πρωτεϊνών, οι μαθητές μπορούν να εξερευνήσουν πώς οι μικρές γενετικές αλλαγές οδηγούν σε σημαντικές βιολογικές συνέπειες. Αυτή η χωρική και δυναμική οπτικοποίηση βοηθά τους μαθητές:

- Κατανόηση των σχέσεων αιτίας-αποτελέσματος μεταξύ μεταλλάξεων και συμπτωμάτων ασθενειών
- Σύνδεση συμβάντων σε μοριακό επίπεδο με αποτελέσματα σε κυτταρικό, ιστικό και οργανικό επίπεδο
- Κατανοήστε βήμα προς βήμα πολύπλοκες διαδικασίες όπως η επεξεργασία γονιδίων και η επιδιόρθωση DNA

Αντί να απομνημονεύουν ορισμούς, οι μαθητές εξερευνούν ενεργά πώς αναπτύσσονται οι γενετικές ασθένειες και πώς οι σύγχρονες λύσεις επιχειρούν να τις αντιμετωπίσουν.

3.2 Κάνοντας σύνθετες έννοιες προσβάσιμες και ελκυστικές

Η επαυξημένη γνωστική ικανότητα μειώνει την γνωστική υπερφόρτωση αναλύοντας πολύπλοκες γενετικές διεργασίες σε διαχειρίσιμα οπτικά στάδια. Οι μαθητές μπορούν να περιστρέφουν, να κάνουν ζουμ και να απομονώνουν συγκεκριμένες δομές, επιτρέποντάς τους να εστιάζουν σε μία έννοια κάθε φορά. Αυτή η προσέγγιση υποστηρίζει ποικίλα στυλ μάθησης και καθιστά τα θέματα προηγμένης βιοτεχνολογίας προσβάσιμα σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Η εμπλοκή αυξάνεται περαιτέρω μέσω της αλληλεπίδρασης και της εξερεύνησης. Οι εργασίες που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα ενθαρρύνουν την περιέργεια, τον πειραματισμό και τη συζήτηση, μετατρέποντας τους μαθητές σε ενεργούς συμμετέχοντες και όχι σε παθητικούς αποδέκτες πληροφοριών.

3.3 Παράδειγμα χρήσιμου εργαλείου AR (Deligtex)

Το **Deligtex** είναι ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό εργαλείο για την εκπαίδευση στη γενετική. Δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές όχι μόνο να εξερευνήσουν περιεχόμενο επαυξημένης πραγματικότητας (AR) αλλά και να δημιουργήσουν το δικό τους διαδραστικό εκπαιδευτικό υλικό. Μέσω του Deligtex, οι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν τεστ, προσομοιώσεις και οπτικές εξηγήσεις γενετικών ασθενειών που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα (AR), ενισχύοντας την κατανόηση μέσω της δημιουργίας και της αναστοχασμού.

3.4 Πρακτικές προτάσεις για την ενσωμάτωση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) στην μαθησιακή εμπειρία





Για την ενίσχυση της σύνδεσης των μαθητών με το θέμα και την υποστήριξη της αποτελεσματικής οικοδόμησης γνώσης, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ) μπορεί να ενσωματωθεί με τους ακόλουθους τρόπους:

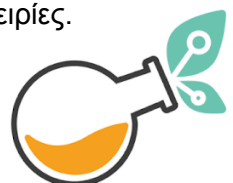
- **Μάθηση βασισμένη στην εξερεύνηση** Χρησιμοποιήστε την Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) για να εισαγάγετε γενετικές μεταλλάξεις και να απεικονίσετε τις επιπτώσεις τους πριν από τις επίσημες εξηγήσεις.
- **Προσομοίωση και πειραματισμός** Επιτρέψτε στους μαθητές να δοκιμάσουν διαφορετικά σενάρια επεξεργασίας ή επιδιόρθωσης γονιδίων και να παρατηρήσουν τα αποτελέσματα σε ένα περιβάλλον χωρίς κινδύνους.
- **Αξιολόγηση βάσει AR** Αντικαταστήστε ή συμπληρώστε τα παραδοσιακά τεστ με κουίζ που βασίζονται σε επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) ή τεστ επαυξημένης πραγματικότητας (AR) που δημιουργούνται από μαθητές και αξιολογούν την κατανόηση μέσω εφαρμογής.
- **Συνεργατική μάθηση** Ενθαρρύνετε τους μαθητές να εργάζονται σε ομάδες για να σχεδιάζουν, να δοκιμάζουν και να βελτιώνουν σενάρια μάθησης που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα (AR), ενισχύοντας την επικοινωνία και τη μάθηση από ομοτίμους.
- **Στοχασμός και ηθική** Χρησιμοποιήστε σενάρια AR ως σημείο εκκίνησης για συζητήσεις σχετικά με ηθικές, κοινωνικές και τεχνολογικές προκλήσεις που σχετίζονται με γενετικές παρεμβάσεις.

Ενσωματώνοντας την Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ) στην εκπαίδευση στη γενετική, η μάθηση γίνεται πιο ουσιαστική, αξέχαστη και παρακινητική. Η ΕΠ υποστηρίζει την βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση, ενισχύει την εμπλοκή και δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να συνδέουν τη βιολογική θεωρία με τις ιατρικές προκλήσεις του πραγματικού κόσμου. Σε αυτήν την ενότητα, η ΕΠ λειτουργεί όχι μόνο ως εργαλείο οπτικοποίησης αλλά και ως γέφυρα μεταξύ της βιολογίας, της τεχνολογίας και της υπεύθυνης καινοτομίας.

Σύναψη

Αυτή η μαθησιακή ενότητα διερεύνησε τις γενετικές ασθένειες ως σύνθετες βιολογικές προκλήσεις που προκαλούνται από αλλαγές στο DNA και τη γονιδιακή λειτουργία. Οι μαθητές ανέπτυξαν μια θεμελιώδη κατανόηση του πώς προκύπτουν οι γενετικές μεταλλάξεις, γιατί είναι δύσκολο να διαγνωστούν και να αντιμετωπιστούν και πώς η ίδια η φύση προσφέρει έμπνευση για την επιδιόρθωση και τη ρύθμιση των γενετικών πληροφοριών. Εξετάζοντας βιοεμπνευσμένους μηχανισμούς όπως η επιδιόρθωση του DNA, η γονιδιακή ρύθμιση και η κυτταρική αναγέννηση, οι μαθητές συνέδεσαν τη βιολογική θεωρία με τις ιατρικές προκλήσεις του πραγματικού κόσμου.

Η ενσωμάτωση της Επαυξημένης Πραγματικότητας έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη μετατροπή αφηρημένων γενετικών διεργασιών σε προσβάσιμες και ενδιαφέρουσες μαθησιακές εμπειρίες.





Μέσω διαδραστικών τρισδιάστατων απεικονίσεων και της δημιουργίας τεστ βασισμένων σε επαυξημένη πραγματικότητα (AR), οι μαθητές ξεπέρασαν την παθητική μάθηση και εξερεύνησαν ενεργά, εφάρμοσαν και επικοινωνούσαν τις γνώσεις τους. Αυτή η προσέγγιση ενίσχυσε την εννοιολογική κατανόηση, ενθάρρυνε την κριτική σκέψη και τόνισε τις ηθικές και κοινωνικές διαστάσεις των αναδυόμενων γενετικών τεχνολογιών. Τελικά, η ενότητα καταδεικνύει πώς ο συνδυασμός της βιολογίας, της βιο-έμπνευσης και των αθλητικών ψηφιακών εργαλείων μπορεί να ενδυναμώσει τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τις γενετικές ασθένειες και να οραματιστούν καινοτόμες λύσεις για το μέλλον.

Φάση	Περιγραφή
Εξερευνώ	- Έρευνα και Ανακάλυψη: Οι μαθητές εξερευνούν τις βασικές αρχές της γενετικής, συμπεριλαμβανομένης της δομής του DNA, των γονιδίων, των μεταλλάξεων και των χρωμοσωμικών ανωμαλιών. Διερευνούν πώς προκύπτουν οι γενετικές ασθένειες, την παγκόσμια επικράτησή τους και παραδείγματα από την πραγματική ζωή για να κατανοήσουν τη βιολογική και κοινωνική σημασία του θέματος.
	- Ανάπτυξη Περιεχομένου: Οι εκπαιδευτικοί παρέχουν προσβάσιμο εκπαιδευτικό υλικό, όπως σύντομα κείμενα, οπτικά εφέ, γραφήματα και εισαγωγικά βίντεο που εξηγούν γενετικές ασθένειες, τύπους μεταλλάξεων και βιολογικές συνέπειες. Το περιεχόμενο επικεντρώνεται στην ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης και όχι στις κλινικές λεπτομέρειες.
	- Ανάλυση Αναγκών: Οι προηγούμενες γνώσεις των μαθητών στη γενετική και τη βιοτεχνολογία αξιολογούνται μέσω συζήτησης ή σύντομων διαγνωστικών ερωτήσεων για τον εντοπισμό παρανοήσεων και την προσαρμογή του ρυθμού και του βάθους μάθησης ανάλογα.
Εκτελώ	- Εφαρμογή Προγράμματος Σπουδών: Έννοιες εμπνευσμένες από τη βιολογία, όπως η επιδιόρθωση του DNA, η γονιδιακή ρύθμιση και η κυτταρική αναγέννηση, συνδέονται με σύγχρονες γενετικές λύσεις. Τα μαθήματα καθοδηγούν τους μαθητές από την κατανόηση των φυσικών μηχανισμών έως την εφαρμογή αυτής της γνώσης μέσω πρακτικών εργασιών που υποστηρίζονται από την επαυξημένη Πραγματικότητα (AR).
	- Διαδραστικές Ασκήσεις: Οι μαθητές συμμετέχουν σε δραστηριότητες βασισμένες στην επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) που διερευνούν τη βλάβη του DNA, τη δυσλειτουργία των πρωτεϊνών, την επεξεργασία γονιδίων και τα βιολογικά αποτελέσματα. Μια βασική δραστηριότητα περιλαμβάνει σχεδιασμό και δημιουργία ενός τεστ βασισμένου σε AR στο Delightex , μετατρέποντας την επιστημονική γνώση σε διαδραστικό περιεχόμενο αξιολόγησης.





	- Συλλογή σχολίων: Η αξιολόγηση από ομοτίμους, οι ομαδικές συζητήσεις και τα σχόλια των εκπαιδευτικών χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των ασκήσεων επαυξημένης πραγματικότητας (AR) των μαθητών και των σχεδίων δοκιμών, υποστηρίζοντας τον αναστοχασμό και την επαναληπτική βελτίωση.
Επαυξάνω	- Ενσωμάτωση AR: Η Επαυξημένη Πραγματικότητα χρησιμοποιείται για την απεικόνιση αόρατων γενετικών διεργασιών, όπως μεταλλάξεις, αναδίπλωση πρωτεϊνών και διόρθωση γονιδίων, καθιστώντας τους αφηρημένους βιολογικούς μηχανισμούς απτούς και κατανοητούς.
	- Διαδραστική Μάθηση: Οι μαθητές χειρίζονται ενεργά τρισδιάστατα μοντέλα, προσομοιώνουν βιολογικές διεργασίες και εξερευνούν σχέσεις αιτίας-αποτελέσματος, μετατοπίζοντας τη μάθηση από την παθητική πρόσληψη στην εμπειρική εξερεύνηση.
	Παιχνιδοποιημένο Περιεχόμενο: - Πόντοι και Εμβλήματα Οι μαθητές κερδίζουν πόντους και ψηφιακά badges ολοκληρώνοντας ασκήσεις AR, εντοπίζοντας σωστά μεταλλάξεις και σχεδιάζοντας ακριβείς ερωτήσεις τεστ AR. - Πίνακες κατάταξης: Προαιρετικοί πίνακες κατάταξης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενθάρρυνση του κινήτρου και του φιλικού ανταγωνισμού με βάση την ολοκλήρωση εργασιών ή την απόδοση σε κουίζ. - Αποστολές και Επίπεδα Οι μαθησιακές δραστηριότητες δομούνται ως προοδευτικές αναζητήσεις, που κινούνται από βασικές γενετικές έννοιες σε προηγμένες λύσεις εμπνευσμένες από τη βιολογία και δημιουργία τεστ. - Ανταμοιβές για Εξερεύνηση: Οι επιπλέον πόντοι ή το κρυφό περιεχόμενο ξεκλειδώνονται όταν οι μαθητές εξερευνούν επιπλέον μοντέλα AR ή διερευνούν προηγμένα γενετικά σενάρια. - Συνεργατικές Παιχνιδοποιημένες Εργασίες Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες για να σχεδιάσουν από κοινού ερωτήσεις τεστ AR, να αξιολογήσουν την εργασία ομοτίμων και να λύσουν συλλογικά γενετικές προκλήσεις.
	Αξιολογήσεις που βασίζονται σε AR: Η αξιολόγηση διεξάγεται μέσω κουίζ που βασίζονται σε επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) και τεστ επαυξημένης πραγματικότητας (AR) που δημιουργούνται από τους μαθητές, επιτρέποντας στους μαθητές να επιδείξουν κατανόηση εφαρμόζοντας γνώσεις, οπτικοποιώντας βιολογικές διεργασίες και εξηγώντας γενετικές προκλήσεις και λύσεις σε διαδραστική μορφή.





Co-funded by
the European Union

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"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."





Αναφορές

- MedlinePlus Γενετική. *Τι είναι οι γενετικές διαταραχές*; Εθνική Βιβλιοθήκη Ιατρικής των ΗΠΑ. <https://medlineplus.gov/genetics>
- Ντούντνα, Τζ. Α., και Σαρπεντιέ, Ε. (2014). *Το νέο σύνορο της γονιδιωματικής μηχανικής με το CRISPR-Cas9*. *Επιστήμη*, 346(6213). <https://science.sciencemag.org>
- Collins, F. S., & Varmus, H. (2015). *Μια νέα πρωτοβουλία για την ιατρική ακριβείας*. *Ιατρική Επιθεώρηση Νέας Αγγλίας*, 372, 793–795.
- Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας. (2012). *Ένα Πλαίσιο για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες από το Νηπιαγωγείο έως το 12ο έτος*. Ο Τύπος των Εθνικών Ακαδημιών.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή. *Ηθική των γενετικών τεχνολογιών και της επεξεργασίας γονιδιώματος*. <https://ec.europa.eu>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, J. (2018). *Επαυξημένη πραγματικότητα για τη μάθηση STEM: Μια συστηματική ανασκόπηση*. *Υπολογιστές & Εκπαίδευση*, 123, 109–123.
- Ράντου, Ι. (2014). *Επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση: Μια μετα-ανασκόπηση*. *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικής Ψυχολογίας*, 26(2), 153–176.
- Ντελάιτεξ. *Εργαλεία μάθησης και αξιολόγησης AR για την εκπαίδευση*. <https://www.delightex.com/edu>
- Κλινική Κλίβελαντ. (2025). *Γενετικές διαταραχές: Τι είναι, τύποι, συμπτώματα και αιτίες*. <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/21751-genetic-disorders>
- Frangoul, H., Altshuler, D., Cappellini, M. D., Chen, Y. S., Domm, J., Eustace, B. K., Foell, J., de la Fuente, J., He, B., Kasper, R., Kernytsky, A., Lek, M., Mapara, M., Sharmande, M.Y. A., Sheth, S., Steinberg, M. H., Vichinsky, E., ... Corbacioglu, S. (2021). *Επεξεργασία γονιδίου CRISPR-Cas9 για δρεπανοκυτταρική αναιμία και β-θαλασσαιμία*. *Ιατρική Επιθεώρηση Νέας Αγγλίας*, 384(3), 252–260. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2031054>
- Liang, P., Song, F., Xu, J., Zhang, X., Wang, Y., & Huang, J. (2024). *Επεξεργασία γονιδίων CRISPR–Cas9: Θεραπεία γενετικών ασθενειών μέσω της επιδιόρθωσης του γενετικού κώδικα*. *Περιοδικό Νανοβιοτεχνολογίας*, 22(1), Άρθρο 145. <https://doi.org/10.1186/s12951-024-02375-7>
- Russell, S., Bennett, J., Wellman, J. A., Chung, D. C., Yu, Z.-R., Tillman, A., Wittes, J., Pappas, J., Elci, O., Marshall, K. A., Coley, L., Reichert, M., George, L. A., Piazza, C., Venkatesh, A., & Maguire, A. M. (2017). *Αποτελεσματικότητα και ασφάλεια του voretigene neparvovect (AAV2-hRPE65v2) σε ασθενείς με κληρονομική δυστροφία αμφιβληστροειδούς που προκαλείται από RPE65: Μια τυχαίοποιημένη, ελεγχόμενη, ανοιχτή, φάσης 3 δοκιμή*. *Το Lancet*, 390(10097), 849–860. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31868-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31868-8)
- MedlinePlus Genetics. (χ.η.). *Πώς αντιμετωπίζονται ή διαχειρίζονται οι γενετικές παθήσεις*; <https://medlineplus.gov/genetics/understanding/consult/treatment/>





- Εθνικό Κέντρο Βιοτεχνολογικών Πληροφοριών. (2020). *Πρόοδοι στη γονιδιακή θεραπεία με βάση το CRISPR/Cas σε ανθρώπινες γενετικές ασθένειες*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7150498/>

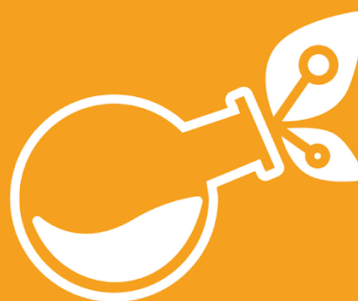
Εργαλεία που βασίζονται στην Τεχνητή Νοημοσύνη (ChatGPT, Perplexity AI και NotebookLM) χρησιμοποιήθηκαν για την υποστήριξη της σύνταξης περιεχομένου, της σύνθεσης έρευνας και της οργάνωσης του πηγαιού υλικού κατά την ανάπτυξη αυτής της μαθησιακής μονάδας:

- Ανοιχτή Τεχνητή Νοημοσύνη. *ChatGPT* (μεγάλο γλωσσικό μοντέλο). <https://chat.openai.com>
- *Τεχνητή Νοημοσύνη για την Αμηχανία* [Βοηθός αναζήτησης και έρευνας με τεχνητή νοημοσύνη]. <https://www.perplexity.ai>
- *Google NotebookLM* [Εργαλείο έρευνας και λήψης σημειώσεων με τεχνητή νοημοσύνη]. <https://notebooklm.google.com>





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: KA220-BW-23-30-126516

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.