



Co-funded by
the European Union

Τι είναι το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος;



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."

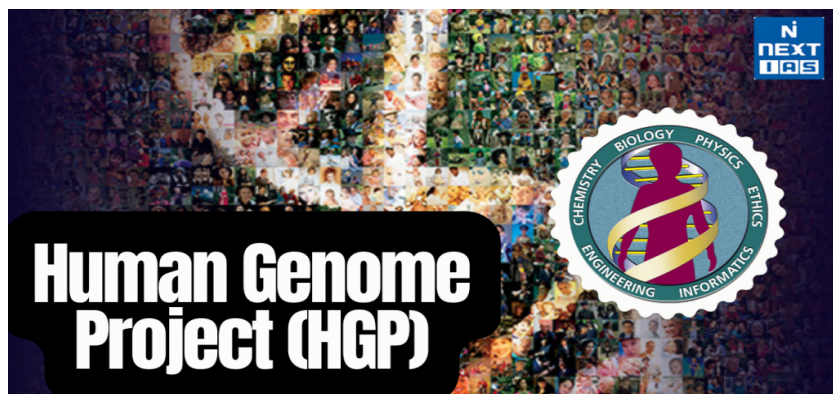




Πίνακας περιεχομένων

Εισαγωγή:	4
1: Εξερευνήστε.....	5
Γιατί να μελετήσουμε το ανθρώπινο γονιδίωμα;	5
Μεγάλοι Στόχοι, Μεγάλη Ομαδική Εργασία	5
Πώς κατάφεραν να προσδιορίσουν την αλληλουχία του DNA;	6
Από πού προήλθε το DNA;	7
Ηθικές Σκέψεις	7
Διαχρονική Κληρονομιά	8
2: Εκτέλεση	9
3: Βελτίωση	11
Στοιχεία AR για το Delightex – Στόχοι και Πηγές Μάθησης	13
Σύναψη:	16
Αναφορές	18





Γενικό θέμα της μαθησιακής διαδρομής	Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος και Γονιδιωματική Ιατρική
Συγκεκριμένη ονομασία της μαθησιακής μονάδας	Τι είναι το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος;
Ηλικία των χρηστών-στόχων	14-18 ετών
Απαιτήσεις για τον εκπαιδευόμενο	Βασική γνώση DNA, γονιδίων και μοριακής βιολογίας· εξοικείωση με την επιστημονική έρευνα· ενδιαφέρον για την ιστορία της επιστήμης και τη βιοϊατρική έρευνα
Περιγραφή της μαθησιακής μονάδας	Αυτή η ενότητα εισάγει τους φοιτητές στο Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος (HGP), μια πρωτοποριακή διεθνή ερευνητική πρωτοβουλία που χαρτογράφησε με επιτυχία το ανθρώπινο γονιδίωμα. Οι μαθητές θα εξερευνήσουν τους στόχους του, τις τεχνολογίες, τους κύριους συντελεστές του και τις κοινωνικές και ηθικές επιπτώσεις. Μέσω διαδραστικού περιεχομένου, συμπεριλαμβανομένων εμπειριών AR και ιστορικών μελετών περιπτώσεων, οι μαθητές θα κατανοήσουν την επιστημονική σημασία και τη διαχρονική κληρονομιά του HGP.
Θέμα: Εμπλεκόμενα μέρη	Καθηγητές φυσικών επιστημών, εκπαιδευτικοί βιολογίας, συντονιστές ΤΠΕ/AR, φοιτητές, προαιρετικοί προσκεκλημένοι από τον τομέα της βιοϊατρικής ή της γονιδιωματικής έρευνας





Λέξεις-κλειδιά	Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος, Αλληλούχηση DNA, γονιδιωματική, βιοτεχνολογία, διεθνής συνεργασία, ηθική στην έρευνα, κοινοχρησία δεδομένων, βιοϊατρική καινοτομία
Βασικά προσόντα, δεξιότητες και γνώσεις που μπορούν να αποκτηθούν	Κατανόηση των επιτευγμάτων του Προγράμματος Ανθρώπινου Γονιδιώματος και του τρόπου διεξαγωγής του Ενημέρωση για τη συνεργατική παγκόσμια επιστήμη και τα επιστημονικά ορόσημα Ευαισθητοποίηση σχετικά με την ηθική των δεδομένων, την ιδιωτικότητα και τη γονιδιωματική Εξοικείωση με τεχνολογίες αλληλούχησης γονιδιώματος (π.χ. αλληλούχηση Sanger) Ανάπτυξη ψηφιακού γραμματισμού μέσω εργαλείων επαυξημένης πραγματικότητας (AR) Κριτικός στοχασμός σχετικά με τον κοινωνικό αντίκτυπο της γονιδιωματικής γνώσης
Χρησιμοποιήθηκαν πόροι και διδακτικά βοηθήματα	Αρχείο και ενημερωτικά δελτία του NHGRI Human Genome Project Οπτικές χρονογραμμές, φωτογραφίες από το Φωτογραφικό Αρχείο NHGRI Εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας (π.χ. MoleculAR ή GenomeAR) Διαδραστικά φύλλα εργασίας, παρουσιάσεις και κουίζ Ομαδικές δραστηριότητες που προσομοιώνουν τον σχεδιασμό HGP ή την επιτροπή δεοντολογίας
Κριτήρια αξιολόγησης και αξιολόγηση	Κατανόηση των σημαντικότερων ορόσημων του HGP Ικανότητα περιγραφής μεθόδων και αποτελεσμάτων αλληλούχησης Κριτικές απαντήσεις σε ηθικά ερωτήματα Συμμετοχή σε ενότητες μάθησης AR Ομαδική εργασία και συμμετοχή στην τάξη





Co-funded by
the European Union

Εισαγωγή:

Το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος (HGP) ήταν ένα από τα σημαντικότερα επιστημονικά έργα του 20ού αιώνα. Πραγματοποιήθηκε μεταξύ 1990 και 2003 και είχε

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."





ως στόχο τη χαρτογράφηση και την αλληλούχιση ολόκληρου του ανθρώπινου γονιδιώματος — όλου του DNA που περιέχει πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο δομής και λειτουργίας του ανθρώπινου σώματος. Επιστήμονες από πολλές χώρες, συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένων Πολιτειών, του Ηνωμένου Βασιλείου, της Γαλλίας, της Γερμανίας, της Ιαπωνίας και της Κίνας, συνεργάστηκαν σε αυτό το μεγάλο διεθνές έργο. Η συνεργασία τους έθεσε τα θεμέλια για τη σύγχρονη γονιδιωματική και άλλαξε τον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες μελετούν την ανθρώπινη βιολογία (Εθνικό Ινστιτούτο Έρευνας Ανθρώπινου Γονιδιώματος [NHGRI], 2024).

Το Πρόγραμμα του Ανθρώπινου Γονιδιώματος βελτίωσε σημαντικά την επιστημονική κατανόηση της κληρονομικότητας, των γενετικών ασθενειών και της ανθρώπινης ποικιλομορφίας. Επίσης, μεταμόρφωσε τον τρόπο με τον οποίο διεξάγεται η επιστημονική έρευνα προωθώντας την ανοιχτή ανταλλαγή δεδομένων και τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών επιστημονικών κλάδων (Collins, Morgan, & Patrinos, 2003). Αυτές οι αρχές παραμένουν απαραίτητες στη σύγχρονη γονιδιωματική έρευνα και τη βιοϊατρική καινοτομία.

Σε αυτήν την μαθησιακή ενότητα, οι μαθητές εξερευνούν τι ήταν το Πρόγραμμα του Ανθρώπινου Γονιδιώματος, γιατί ήταν σημαντικό και πώς οι επιστήμονες αποκωδικοποίησαν με επιτυχία το ανθρώπινο DNA. Εξετάζουν επίσης ηθικές προκλήσεις που σχετίζονται με την έρευνα του γονιδιώματος, όπως το γενετικό απόρρητο και η υπεύθυνη χρήση γενετικών δεδομένων (Green & Guyer, 2015). Χρησιμοποιώντας εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας (AR), οι μαθητές αλληλεπιδρούν με μοντέλα DNA και διαδικασίες αλληλούχισης, γεγονός που τους βοηθά να κατανοήσουν καλύτερα τις επιστημονικές μεθόδους και τις ανακαλύψεις που προέκυψαν από το Πρόγραμμα του Ανθρώπινου Γονιδιώματος.





1: Εξερευνήστε

Γιατί να μελετήσουμε το ανθρώπινο γονιδίωμα;

Κάθε ζωντανός οργανισμός έχει ένα γονιδίωμα — ένα πλήρες σύνολο οδηγιών DNA. Το ανθρώπινο γονιδίωμα μπορεί να συγκριθεί με ένα πολύ μεγάλο βιβλίο οδηγιών που εξηγεί πώς είναι κατασκευασμένο το σώμα μας και πώς λειτουργεί. Υποδεικνύει στα κύτταρα πώς να αναπτύσσονται, να αναπτύσσονται και να αντιδρούν στο περιβάλλον. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, οι επιστήμονες είχαν ήδη προηγμένα μικροσκόπια και γονιδιακά εργαλεία, αλλά δεν είχαν διαβάσει ποτέ ολόκληρο το ανθρώπινο γονιδίωμα ως μία πλήρη αλληλουχία. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος (HGP) ήταν τόσο σημαντικό — ο κύριος στόχος του ήταν να αλληλουχήσει όλο το ανθρώπινο DNA για πρώτη φορά (NHGRI, 2024).

Μελετώντας το ανθρώπινο γονιδίωμα, οι επιστήμονες μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα γιατί ορισμένοι άνθρωποι αναπτύσσουν ασθένειες όπως ο καρκίνος, ο διαβήτης ή κληρονομικές γενετικές διαταραχές. Αυτή η γνώση βοηθά επίσης τους ερευνητές να βελτιώσουν τις θεραπείες και να αναπτύξουν νέα φάρμακα. Επιπλέον, η έρευνα του γονιδιώματος βοηθά στην εξήγηση της ανθρώπινης εξέλιξης και γιατί κάθε άτομο είναι γενετικά μοναδικό (Green & Guyer, 2015).

Μεγάλοι Στόχοι, Μεγάλη Ομαδική Εργασία

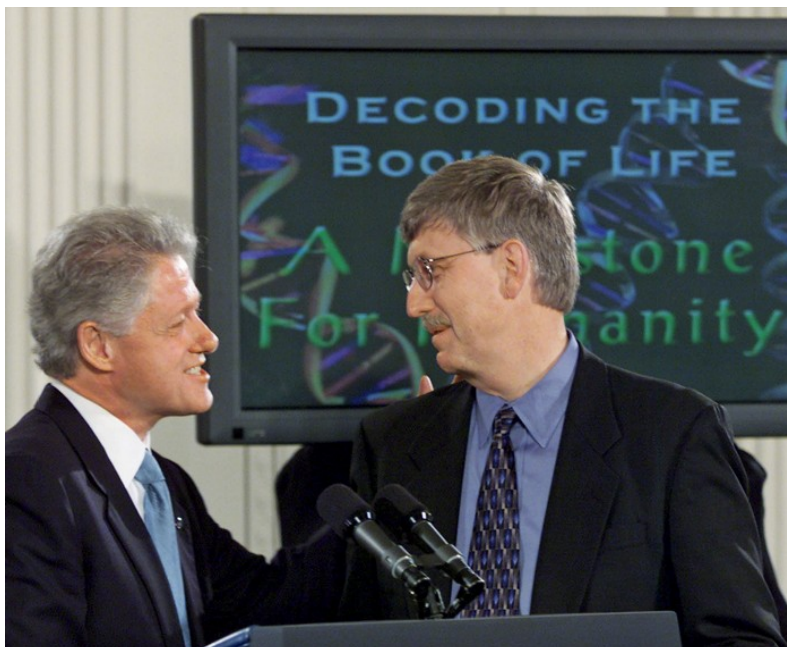
Το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος ξεκίνησε επίσημα το 1990 και είχε πέντε κύριους στόχους:

- Προσδιορίστε όλα τα γονίδια στο ανθρώπινο DNA
- Προσδιορίστε την αλληλουχία περίπου 3 δισεκατομμυρίων ζευγών βάσεων DNA
- Αποθήκευση γενετικών πληροφοριών σε δημόσιες βάσεις δεδομένων
- Βελτίωση εργαλείων για την ανάλυση γενετικών δεδομένων
- Αντιμετώπιση ηθικών, νομικών και κοινωνικών ζητημάτων (ELSI) που σχετίζονται με την έρευνα γονιδιώματος (Collins et al., 2003)





Το έργο ήταν μια παγκόσμια συνεργασία. Επιστήμονες από τις Ηνωμένες Πολιτείες, το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Γαλλία, τη Γερμανία, την Ιαπωνία και την Κίνα συνεργάστηκαν. Συμμετείχαν περισσότερα από 20 ερευνητικά ιδρύματα, σχηματίζοντας τη Διεθνή Κοινοπραξία Αλληλούχισης του Ανθρώπινου Γονιδιώματος. Αυτή η συνεργασία μεγάλης κλίμακας έδειξε πώς η διεθνής ομαδική εργασία μπορεί να επιταχύνει την επιστημονική πρόοδο.



Σχήμα 2. Ο Πρόεδρος Μπιλ Κλίντον και ο Δρ. Φράνσις Κόλινς στον Λευκό Οίκο το 2000 ανακοινώνοντας το προσχέδιο του ανθρώπινου γονιδιώματος. Πηγή: Αρχείο φωτογραφιών NHGRI.

Πώς κατάφεραν να προσδιορίσουν την αλληλουχία του DNA;

Η αλληλούχιση του DNA μπορεί να συγκριθεί με την ανάγνωση των γραμμάτων ενός πολύ μεγάλου βιβλίου. Κατά τη διάρκεια του Προγράμματος Ανθρώπινου Γονιδιώματος, οι επιστήμονες χρησιμοποίησαν κυρίως μια μέθοδο που ονομάζεται αλληλούχιση Sanger. Αυτή η τεχνική λειτουργεί αντιγράφοντας μικρά θραύσματα DNA πολλές φορές. Προστέθηκαν ειδικές χημικές ουσίες έτσι ώστε κάθε βάση DNA - A, T, C ή G - να παράγει ένα σήμα που θα μπορούσε να ανιχνευθεί με λέιζερ. Στη συνέχεια, οι υπολογιστές





διαβάζουν αυτά τα σήματα και ανακατασκευάζουν την αλληλουχία DNA (Collins et al., 2003).

Παρόλο που η αλληλούχιση Sanger ήταν αργή σε σύγκριση με τις σημερινές μεθόδους, οι επιστήμονες κατάφεραν να αλληλουχήσουν περισσότερο από το 90% του ανθρώπινου γονιδιώματος μέχρι το 2003. Σήμερα, χάρη στις νέες τεχνολογίες, η ίδια εργασία μπορεί να ολοκληρωθεί σε λίγες μόνο ώρες και με πολύ χαμηλότερο κόστος - συχνά κάτω από 1.000 δολάρια ανά γονιδίωμα (T2T Consortium, 2022).

Από πού προήλθε το DNA;

Για να δημιουργήσουν μια «αναφορά» ανθρώπινου γονιδιώματος, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ανώνυμα δείγματα DNA. Το μεγαλύτερο μέρος του DNA προήλθε από εθελοντές που ζούσαν στο Μπάφαλο της Νέας Υόρκης. Περίπου το 70% της τελικής αλληλουχίας προήλθε από έναν δότη, ενώ τα υπόλοιπα δεδομένα προήλθαν από 19 άλλα άτομα. Όλα τα δείγματα ανωνυμοποιήθηκαν για την προστασία του απορρήτου των δοτών και την αποτροπή της κακής χρήσης προσωπικών γενετικών πληροφοριών (NHGRI, 2024).





Σχήμα 3. Διάταξη εργαστηρίου αλληλούχησης DNA κατά την εποχή του Προγράμματος Ανθρώπινου Γονιδιώματος. Πηγή: Αρχείο Φωτογραφιών NHGRI.

Ηθικές Σκέψεις

Από την αρχή, οι επιστήμονες που συμμετείχαν στο Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος κατανόησαν ότι οι πληροφορίες του γονιδιώματος θα μπορούσαν να εγείρουν σοβαρά ηθικά ερωτήματα. Για παράδειγμα, θα μπορούσαν τα γενετικά δεδομένα να χρησιμοποιηθούν για διακρίσεις εις βάρος ατόμων στην εργασία ή στην ασφάλιση υγείας; Θα έπρεπε να επιτρέπονται οι γενετικές εξετάσεις για τα αγέννητα παιδιά;

Για να αντιμετωπίσει αυτές τις ανησυχίες, το HGP δημιούργησε το πρόγραμμα ELSI (Ηθικές, Νομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις) και αφιέρωσε περίπου το 5% του συνολικού προϋπολογισμού του έργου σε ηθική έρευνα. Ήταν ένα από τα πρώτα μεγάλα επιστημονικά έργα που συμπεριέλαβε την ηθική ως βασικό στοιχείο του έργου του (Green & Guyer, 2015).

Διαχρονική Κληρονομιά

Το Πρόγραμμα του Ανθρώπινου Γονιδιώματος δεν τελείωσε το 2003. Τα αποτελέσματά του άνοιξαν την πόρτα στην εξατομικευμένη ιατρική, τις γενετικές εξετάσεις, την έρευνα για τους προγόνους και πολλές σύγχρονες βιοϊατρικές τεχνολογίες. Το έργο προώθησε επίσης την ανοιχτή επιστήμη μέσω πολιτικών όπως οι Αρχές των Βερμούδων, οι οποίες ενθάρρυναν τους επιστήμονες να μοιράζονται γενετικά δεδομένα γρήγορα και ελεύθερα αντί να τα διατηρούν ιδιωτικά μέχρι τη δημοσίευσή τους (Collins et al., 2003).

Το 2022, οι ερευνητές ολοκλήρωσαν την πρώτη πραγματικά ολοκληρωμένη αλληλούχηση ανθρώπινου γονιδιώματος χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνολογίες αλληλούχησης. Αυτό το επίτευγμα συμπλήρωσε περιοχές που δεν μπορούσαν να διαβαστούν κατά τη διάρκεια του αρχικού HGP και κατέδειξε πόσο έχει προχωρήσει η γονιδιωματική επιστήμη από το 2003 (T2T Consortium, 2022).





2: Εκτέλεση

Σε αυτή τη φάση, οι μαθητές εφαρμόζουν τις γνώσεις τους σχετικά με το Πρόγραμμα του Ανθρώπινου Γονιδιώματος μέσω διαδραστικών και πρακτικών μαθησιακών δραστηριοτήτων που έχουν σχεδιαστεί για χρήση στο Delightex. Η έμφαση δίνεται στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα γονιδιωματικά δεδομένα εξερευνώνται, εξηγούνται και χρησιμοποιούνται σε πραγματικά επιστημονικά και κοινωνικά πλαίσια, χωρίς να απαιτείται από τους μαθητές να εκτελούν πολύπλοκες εργαστηριακές εργασίες.

Χρησιμοποιώντας το Delightex, οι μαθητές εξερευνούν τρισδιάστατα μοντέλα DNA και χρωμοσωμάτων τοποθετούνται απευθείας στη μαθησιακή σκηνή. Αυτά τα οπτικά μοντέλα βοηθούν τους μαθητές να δουν καθαρά τη δομή διπλής έλικας του DNA, το ζεύγος βάσεων και την οργάνωση των χρωμοσωμάτων. Περιστρέφοντας και εστιάζοντας στα μοντέλα, οι μαθητές ενισχύουν την κατανόησή τους για τη δομή του γονιδιώματος και συνδέουν τις αφηρημένες γνώσεις των σχολικών βιβλίων με οπτικές





αναπαραστάσεις (NHGRI, 2024).

Ως οπτικό υποστηρικτικό υλικό, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να παραπέμπουν σε σύντομα βίντεο κινουμένων σχεδίων όπως το «DNA Structure and Function» της Khan Academy, το οποίο εξηγεί τα συστατικά του DNA με σαφή και κατάλληλο για την ηλικία τρόπο.είναι: <https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/dna-and-rna-structure/v/dna-structure-and-function>

Για να κατανοήσουν καλύτερα πώς το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος αλληλούχησε το DNA, οι μαθητές παρακολουθούν σύντομα επεξηγηματικά βίντεο ενσωματωμένα ή συνδεδεμένα στο Delightex. Αυτά τα βίντεο εισάγουν τη βασική ιδέα της αλληλούχισης Sanger και δείχνουν πώς οι επιστήμονες διαβάζουν και συναρμολογούν θραύσματα DNA.να τα αφήσετε σε ένα πλήρες γονιδίωμα. Ένα προτεινόμενο παράδειγμα είναι το εκπαιδευτικό βίντεο του NHGRI με τίτλο «Πώς προσδιορίστηκε η αλληλούχιση του ανθρώπινου γονιδιώματος», το οποίο εξηγεί τη διαδικασία με απλά λόγια.όρους και το συνδέει άμεσα με το HGP (NHGRI, 2024): <https://www.genome.gov/education/educational-resources>

Αφού παρακολουθήσουν το βίντεο, οι μαθητές απαντούν σε ερωτήσεις αναστοχασμού στο Delightex, όπως γιατί το DNA έπρεπε να αναλυθεί σε μικρά κομμάτια και πώς οι υπολογιστές βοήθησαν τους επιστήμονες να συναρμολογήσουν ολόκληρο το γονιδίωμα. Αυτό βοηθά τους μαθητές να επεξεργάζονται ενεργά τις πληροφορίες αντί να παρακολουθούν παθητικά το περιεχόμενο (Collins et al., 2003).

Στη συνέχεια, οι μαθητές εξερευνούν την πρακτική χρήση των δεδομένων γονιδιώματος μέσω διαδραστικών παραδειγμάτων γονιδίων. Στις σκηνές Delightex, οι εικόνες χρωμοσωμάτων περιλαμβάνουν επισημασμένες περιοχές γονιδίων, όπως t.το γονίδιο BRCA1, το οποίο συνδέεται με τον κίνδυνο καρκίνου του μαστού. Επιλέγοντας αυτούς τους δείκτες, οι μαθητές διαβάζουν σύντομες εξηγήσεις σχετικά με τη λειτουργία των γονιδίων και πώς οι γενετικές μεταλλάξεις μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη ασθενειών. Αυτή η δραστηριότητα συνδέει το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος με τη σύγχρονη γονιδιωματική ιατρική και δείχνει πώς τα δεδομένα του γονιδιώματος υποστηρίζουν την ιατρική έρευνα (Green & Guyer, 2015). Ένας προαιρετικός υποστηρικτικός πόρος είναι η σελίδα του NHGRI με τίτλο «Τι είναι το





BRCA;»γραμμένο για το ευρύ κοινό:

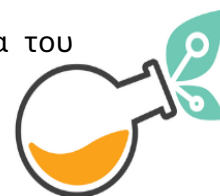
<https://www.genome.gov/genetics-glossary/BRCA>

Η ηθική σκέψη αποτελεί σημαντικό μέρος της φάσης Εκτέλεσης. Στους μαθητές παρουσιάζονται σύντομες καταστάσεις βασισμένες σε σενάρια που σχετίζονται με τη χρήση γονιδιωματικών δεδομένων, όπως γενετικές εξετάσεις, προστασία προσωπικών δεδομένων ή πρόσβαση σε ιατρικές πληροφορίες. Αυτά τα σενάρια εμφανίζονται ως πίνακες πληροφοριών στο Delightex και ζητούν από τους μαθητές να εξετάσουν ερωτήματα όπως ποιος θα πρέπει να έχει πρόσβαση σε γενετικά δεδομένα και πώς η κακή χρήση θα μπορούσε να οδηγήσει σε διακρίσεις. Κάθε σενάριο συνδέεται με το πρόγραμμα Ηθικών, Νομικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων (ELSI) του Προγράμματος Ανθρώπινου Γονιδιώματος, το οποίο αφιέρωσε μέρος του προϋπολογισμού του στη μελέτη αυτών των ζητημάτων (Green & Guyer, 2015). Για περισσότερες πληροφορίες, οι μαθητές μπορούν να εξερευνήσουν τη σελίδα επισκόπησης του NHGRI ELSI:

<https://www.genome.gov/about-genomics/policy-issues/ELSI>

Για να τονιστεί η σημασία της συνεργασίας στην επιστήμη μεγάλης κλίμακας, οι μαθητές συμμετέχουν σε μια καθοδηγούμενη συζήτηση βασισμένη σε ρόλους, εμπνευσμένη από το αρχικό Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος. Οι μαθητές αναλαμβάνουν απλοποιημένους ρόλους, όπως επιστήμονας, διαχειριστής δεδομένων ή ηθικολόγος, και συζητούν προκλήσεις που σχετίζονται με τη διεθνή συνεργασία και την κοινή χρήση δεδομένων. Αυτό αντικατοπτρίζει τον τρόπο με τον οποίο επιστήμονες από διαφορετικές χώρες συνεργάστηκαν και ακολούθησαν τις αρχές των ανοιχτών δεδομένων, όπως οι Αρχές των Βερμούδων, οι οποίες προώθησαν την ταχεία κοινή χρήση δεδομένων (Collins et al., 2003).

Καθ' όλη τη φάση Εκτέλεσης, οι μαθητές λαμβάνουν ανατροφοδότηση μέσω σύντομων κουίζ, εργασιών αναστοχασμού και συζητήσεων υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού. Αυτές οι δραστηριότητες βοηθούν στην εδραίωση της κατανόησης και στη σύνδεση της επιστημονικής γνώσης με την ηθική και κοινωνική ευθύνη. Μέχρι το τέλος αυτής της φάσης, οι μαθητές έχουν ασχοληθεί ενεργά με πραγματικά παραδείγματα, τεχνολογίες και προκλήσεις που συνδέονται με το Πρόγραμμα του





Ανθρώπινου Γονιδιώματος, προετοιμάζοντάς τους για βαθύτερη αναστοχασμό και βελτίωση στην επόμενη ενότητα.

3: Βελτίωση

Σε αυτή τη φάση, η μάθηση εμβαθύνεται και επεκτείνεται μέσω της αναστοχασμού, της οπτικής ενίσχυσης και των ουσιαστικών συνδέσεων με την επιστήμη του πραγματικού κόσμου. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) παίζει βασικό ρόλο βοηθώντας τους μαθητές να μεταβούν από τη βασική κατανόηση στην κριτική σκέψη και την προσωπική ερμηνεία της γονιδιωματικής γνώσης.

Χρησιμοποιώντας το Delightex, οι μαθητές επανεξετάζουν βασικές ιδέες από το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος μέσω διαδραστικών τρισδιάστατων μοντέλων και σύντομων μέσων ενημέρωσης. Για παράδειγμα, τα μοντέλα DNA και χρωμοσωμάτων εξερευνώνται ξανά, αλλά αυτή τη φορά με έμφαση στη λειτουργία και την εφαρμογή, όχι μόνο στη δομή. Οι μαθητές μπορούν να εναλλάσσουν και να εξετάζουν τα χρωμοσώματα, ενώ παράλληλα αναλογίζονται πώς η χαρτογράφηση του γονιδιώματος κατέστησε δυνατή την αναγνώριση γονιδίων που συνδέονται με ασθένειες και χαρακτηριστικά (NHGRI, 2024). Αυτή η επαναλαμβανόμενη αλληλεπίδραση υποστηρίζει τη μακροπρόθεσμη διατήρηση και την εννοιολογική σαφήνεια.

Για την ενίσχυση της κατανόησης, οι μαθητές ασχολούνται με σύντομα, υψηλής ποιότητας επεξηγηματικά βίντεο που συνδέονται μέσα στο περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας (AR). Ένα αποτελεσματικό παράδειγμα είναι το βίντεο «The Human Genome Project Explained» από το TED-Ed, το οποίο συνοψίζει τους στόχους, τις προκλήσεις και τα αποτελέσματα του έργου με έναν οπτικά ελκυστικό τρόπο κατάλληλο για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης:

<https://ed.ted.com/lessons/the-human-genome-project-tania-simoncelli>

Αφού παρακολουθήσουν, οι μαθητές απαντούν σε ερωτήσεις αναστοχασμού, όπως το πώς η γνώση του γονιδιώματος έχει αλλάξει την ιατρική και το κατά πόσον παρόμοια μεγάλης κλίμακας έργα θα πρέπει να χρηματοδοτηθούν στο μέλλον (Collins et al., 2003).





Οι εργασίες AR που σχετίζονται με το γονιδίωμα βοηθούν επίσης τους μαθητές να συνδέσουν το επιστημονικό περιεχόμενο με τη σύγχρονη ιατρική. Για παράδειγμα, οι μαθητές εξερευνούν επισημασμένα γονίδια που συνδέονται με παθήσεις και συζητούν πώς η αλληλούχιση του γονιδιώματος υποστηρίζει την έγκαιρη διάγνωση και την εξατομικευμένη θεραπεία. Αυτό συνδέει άμεσα το Πρόγραμμα του Ανθρώπινου Γονιδιώματος με την γονιδιωματική ιατρική, βοηθώντας τους μαθητές να δουν τη σημασία του πέρα από την ιστορία (Green & Guyer, 2015). Ως εμπλουτισμό, οι μαθητές μπορούν να εξερευνήσουν τη σελίδα του NHGRI «Γονιδιωματική και Ιατρική», το οποίο εξηγεί πραγματικές εφαρμογές σε προσιτή γλώσσα:

<https://www.genome.gov/health/genomics-and-medicine>

Τα στοιχεία παιχνιδοποιημένης μάθησης ενισχύουν περαιτέρω το κίνητρο. Στο Delightex, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να σχεδιάσουν σύντομες «αποστολές γονιδιώματος» όπου οι μαθητές συλλέγουν πληροφορίες, ξεκλειδώνουν περιεχόμενο ή ολοκληρώνουν προκλήσεις όπως ο εντοπισμός του σωστού ρόλου των βάσεων δεδομένων γονιδιώματος ή η αντιστοίχιση τεχνολογιών αλληλούχισης με τον σκοπό τους. Αυτές οι δραστηριότητες υποστηρίζουν την ενεργητική μάθηση, διατηρώντας παράλληλα διαχειρίσιμο το γνωστικό φορτίο για τους μαθητές B1–B2.

Σε αυτή τη φάση ενισχύεται επίσης ο ηθικός στοχασμός. Οι μαθητές επανεξετάζουν ηθικά ζητήματα που έχουν εισαχθεί νωρίτερα, όπως το γενετικό απόρρητο ή η πρόσβαση σε δεδομένα γονιδιώματος, και τα συνδέουν με σύγχρονες συζητήσεις. Οι ομάδες επαυξημένης πραγματικότητας (AR) μπορούν να περιλαμβάνουν σύντομα παραδείγματα περιπτώσεων και καθοδηγητικές ερωτήσεις που συνδέονται με το πρόγραμμα ELSI του Προγράμματος Ανθρώπινου Γονιδιώματος, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να διαμορφώσουν και να δικαιολογήσουν τις δικές τους απόψεις (Green & Guyer, 2015). Ένας επιπλέον πόρος αναφοράς είναι η επισκόπηση του NHGRI ELSI: <https://www.genome.gov/about-genomics/policy-issues/ELSI>

Για να επιδείξουν τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν σύντομες εξηγήσεις χρησιμοποιώντας στιγμιότυπα οθόνης από σκηνές επαυξημένης πραγματικότητας (AR) ή να ηχογραφήσουν σύντομες βιντεοσκοπημένες αναστοχαστικές





εικόνες που περιγράφουν τι έμαθαν σχετικά με την αλληλούχηση του γονιδιώματος ή την ηθική ευθύνη. Αυτά τα αποτελέσματα βοηθούν στον συνδυασμό της επιστημονικής κατανόησης, του ψηφιακού γραμματισμού και των επικοινωνιακών δεξιοτήτων.

Συνολικά, η φάση Enhance υποστηρίζει την βαθύτερη κατανόηση, τον αναστοχασμό και τη μεταφορά γνώσης. Συνδυάζοντας την εξερεύνηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR), αξιόπιστους επιστημονικούς πόρους και καθοδηγούμενο αναστοχασμό, οι μαθητές ενισχύουν την ικανότητά τους να κατανοούν τη γονιδιωματική ως επιστημονικό και κοινωνικό πεδίο. Αυτό τους προετοιμάζει για μελλοντική μάθηση στη βιολογία, την ιατρική και τη βιοτεχνολογία, ενθαρρύνοντας παράλληλα την ενημερωμένη και υπεύθυνη σκέψη σχετικά με τα γενετικά δεδομένα.





Στοιχεία AR για το Delightex – Στόχοι και Πηγές Μάθησης

Στοιχείο AR (Delightex)	Στόχος μάθησης	Πηγή / σύνδεσμος
Τρισδιάστατο μοντέλο διπλής έλικας DNA	Κατανόηση της βασικής δομής του DNA και του ζευγαρώματος βάσεων (A–T, C–G)	Ακαδημία Χαν.Δομή και λειτουργία του DNA. https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/dna-and-rna-structure
τρισδιάστατο μοντέλο χρωμοσωμάτων	Κατανοήστε πώς οργανώνεται το DNA σε χρωμοσώματα και πώς δομείται το γονιδίωμα	Εθνικό Ινστιτούτο Έρευνας Ανθρώπινου Γονιδιώματος (NHGRI).Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος. https://www.genome.gov/human-genome-project
Διαδραστικός χάρτης γονιδιώματος (πάνελ AR)	Προσδιορίστε γονίδια στα χρωμοσώματα και κατανοήστε την ιδέα ενός γονιδιώματος αναφοράς	Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας (NHGRI).Βασικά στοιχεία του γονιδιώματος. https://www.genome.gov/genetics-glossary/Genome
Σύντομο επεξηγηματικό βίντεο (ενσωματωμένος σύνδεσμος)	Κατανοήστε τους στόχους, το χρονοδιάγραμμα και τη σημασία του Έργου του Ανθρώπινου Γονιδιώματος	TED-Επιμ.Το Έργο του Ανθρώπινου Γονιδιώματος. https://ed.ted.com/lessons/the-human-genome-project-tania-simoncelli





Στοιχείο AR (Delightex)

Στόχος μάθησης

Πηγή / σύνδεσμος

Τρισδιάστατο μοντέλο διπλής έλικας DNA	Κατανόηση της βασικής δομής του DNA και του ζευγαρώματος βάσεων (A–T, C–G)	Ακαδημία Χαν.Δομή και λειτουργία του DNA. https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/dna-and-rna-structure
τρισδιάστατο μοντέλο χρωμοσωμάτων	Κατανοήστε πώς οργανώνεται το DNA σε χρωμοσώματα και πώς δομείται το γονιδίωμα	Εθνικό Ινστιτούτο Έρευνας Ανθρώπινου Γονιδιώματος (NHGRI).Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος. https://www.genome.gov/human-genome-project
Παράδειγμα γονιδίου (π.χ. BRCA1)	Σύνδεση της αλληλούχησης του γονιδιώματος με τον κίνδυνο ασθενειών και τη γονιδιωματική ιατρική	Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας (NHGRI).Γονίδια BRCA. https://www.genome.gov/genetics-glossary/BRCA
Επιτροπή σεναρίων δεοντολογίας (ELSI)	Στοχασμός σε ηθικά, νομικά και κοινωνικά ζητήματα που αφορούν τα γονιδιωματικά δεδομένα (ιδιωτικότητα, διακρίσεις)	Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας (NHGRI).Ηθικές, Νομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις (ELSI). https://www.genome.gov/about-genomics/policy-issues/ELSI





Στοιχείο AR (Delightex)

Στόχος μάθησης

Πηγή / σύνδεσμος

Τρισδιάστατο
μοντέλο διπλής
έλικας DNA

Κατανόηση της βασικής
δομής του DNA και του
ζευγαρώματος βάσεων (A–
T, C–G)

Ακαδημία Χαν.Δομή και λειτουργία του
DNA.

<https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/dna-and-rna-structure>

τρειςδιάστατο
μοντέλο
χρωμοσωμάτων

Κατανοήστε πώς
οργανώνεται το DNA σε
χρωμοσώματα και πώς
δομείται το γονιδίωμα

Εθνικό Ινστιτούτο Έρευνας Ανθρώπινου
Γονιδιώματος (NHGRI).Πρόγραμμα
Ανθρώπινου Γονιδιώματος.

<https://www.genome.gov/human-genome-project>

Αποστολή
Gamified AR
(δημιουργήθηκ
ε από
εκπαιδευτικού
ς)

Αύξηση κινήτρων και
ενίσχυση βασικών εννοιών
HGP μέσω ενεργητικής
μάθησης

Εργασία σχεδιασμένη από εκπαιδευτικό
στο Delightex

Επιτροπή
αναστοχασμού
/
αυτοαξιολόγησ
ης

Ανάπτυξη κριτικής σκέψης
και προσωπικού
στοχασμού σχετικά με τη
γονιδιωματική και την
κοινωνία

Με βάση το περιεχόμενο της ενότητας
και τη συζήτηση στην τάξη





Συμπέρασμα:

Το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος (HGP) ήταν ένα από τα σημαντικότερα επιστημονικά επιτεύγματα της σύγχρονης επιστήμης. Άλλαξε τον τρόπο που κατανοούμε την ανθρώπινη βιολογία και βοήθησε στην ανάπτυξη νέων τομέων όπως η ιατρική ακριβείας, η βιοπληροφορική και οι ηθικοί κανόνες για την κοινοποίηση γενετικών δεδομένων (Collins et al., 2003). Μέσω αυτής της μαθησιακής ενότητας, οι μαθητές εξερεύνησαν όχι μόνο τα κύρια επιστημονικά αποτελέσματα του HGP, αλλά και το ευρύτερο πλαίσιο στο οποίο υλοποιήθηκε το έργο. Αυτό περιελάμβανε την παγκόσμια συνεργασία μεταξύ χωρών, την ταχεία τεχνολογική πρόοδο και τις ηθικές προκλήσεις που συνδέονται με την έρευνα μεγάλης κλίμακας.

Χρησιμοποιώντας εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας όπως το MoleculAR και το Genome AR, οι μαθητές μπόρεσαν να εξερευνήσουν σύνθετες γονιδιωματικές έννοιες με διαδραστικό τρόπο. Αυτά τα εργαλεία βοήθησαν τους μαθητές να οπτικοποιήσουν δομές DNA, να κατανοήσουν τις διαδικασίες αλληλούχησης και να συνδέσουν τη θεωρία με πραγματικά βιοϊατρικά παραδείγματα. Δραστηριότητες που επικεντρώθηκαν σε ηθικά διλήμματα, εξερεύνηση γονιδιώματος και διεθνή συνεργασία επέτρεψαν στους μαθητές να βιώσουν τις επιστημονικές και κοινωνικές προκλήσεις που αντιμετώπισαν κατά τη διάρκεια του Προγράμματος Ανθρώπινου Γονιδιώματος.

Ως αποτέλεσμα, αυτή η ενότητα υποστήριξε την ανάπτυξη του επιστημονικού γραμματισμού, της κριτικής σκέψης, της ηθικής επίγνωσης και των ψηφιακών δεξιοτήτων. Οι μαθητές έμαθαν πώς συλλέγονται, αναλύονται και κοινοποιούνται τα





γονιδιωματικά δεδομένα, καθώς και γιατί αυτές οι πληροφορίες πρέπει να χρησιμοποιούνται υπεύθυνα στη σύγχρονη ιατρική και βιοτεχνολογία (Green & Guyer, 2015). Το Πρόγραμμα του Ανθρώπινου Γονιδιώματος συνεχίζει να επηρεάζει πολλούς τομείς, όπως η υγειονομική περίθαλψη, η γεωργία και η έρευνα για τους προγόνους.

Στο τέλος της ενότητας, οι μαθητές ενθαρρύνονται να αναλογιστούν πώς τρέχοντα θέματα όπως η επεξεργασία γονιδίων, το απόρρητο δεδομένων και η ισότιμη πρόσβαση στις ιατρικές τεχνολογίες συνδέονται με την κληρονομιά του HGP. Η κατανόηση αυτής της σύνδεσης βοηθά τους μαθητές να γίνουν ενημερωμένοι και υπεύθυνοι συμμετέχοντες σε μελλοντικές συζητήσεις για την επιστήμη, την τεχνολογία και την κοινωνία.





Φάση	Περιγραφή
Εξερευνώ	- Έρευνα και Ανακάλυψη: οι μαθητές εξερευνούν το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος χρησιμοποιώντας ενημερωτικά δελτία του NHGRI, σύντομα εκπαιδευτικά βίντεο και οπτικά χρονοδιαγράμματα. Αυτά τα υλικά παρουσιάζουν τους κύριους στόχους, το χρονοδιάγραμμα και την επιστημονική σημασία του HGP.
	- Ανάπτυξη Περιεχομένου: Οι εκπαιδευτικοί καθοδηγούν τις συζητήσεις χρησιμοποιώντας διαδραστικά χρονοδιαγράμματα και ιστορικά παραδείγματα. Εισάγονται ηθικά ερωτήματα σχετικά με την έρευνα γονιδιώματος, την ιδιωτικότητα και τη χρήση δεδομένων για να προετοιμάσουν τους μαθητές για μεταγενέστερη αναστοχασμό.
	- Ανάλυση Αναγκών: Οι προηγούμενες γνώσεις των μαθητών σχετικά με το DNA, τα γονίδια και τη γονιδιωματική αξιολογούνται μέσω σύντομων συζητήσεων ή διαγνωστικών ερωτήσεων. Αυτό βοηθά τους εκπαιδευτικούς να εντοπίσουν κενά στην κατανόηση και να προσαρμόσουν τις εξηγήσεις και τις δραστηριότητες AR ανάλογα.
Εκτελώ	- Εφαρμογή Προγράμματος Σπουδών: Οι μαθητές συμμετέχουν σε καθοδηγούμενα μαθήματα που υποστηρίζονται από ενότητες AR. Χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως το MoleculAR και το Genome AR, εξερευνούν τη δομή του DNA, τις διαδικασίες αλληλούχησης και τις γονιδιωματικές περιοχές που συνδέονται με παραδείγματα από τον πραγματικό κόσμο.
	- Διαδραστικές Ασκήσεις: Οι μαθητές ολοκληρώνουν ένα εικονικό εργαστήριο αλληλούχησης, συμμετέχουν σε συζητήσεις δεοντολογίας και συμμετέχουν σε δραστηριότητες ρόλων που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα (AR). Οι αποστολές κυνηγιού γονιδίων επιτρέπουν στους μαθητές να εντοπίσουν συγκεκριμένα γονίδια και να τα συνδέσουν με χαρακτηριστικά ή ασθένειες, ενισχύοντας βασικές έννοιες από τη φάση Εξερεύνησης.
	- Συλλογή σχολίων: Η κατανόηση υποστηρίζεται μέσω των αναστοχασμών των μαθητών, της ανατροφοδότησης από τους συνομηλίκους κατά τη διάρκεια των ομαδικών εργασιών και της ανατροφοδότησης των εκπαιδευτικών μετά από συζητήσεις και δραστηριότητες AR.
Επαυξάνω	- Ενσωμάτωση AR: Η MoleculAR και η Genome AR χρησιμοποιούνται για την εμπάθυνση της κατανόησης μέσω διαδραστικής τρισδιάστατης εξερεύνησης DNA, πρωτεϊνών και γονιδιωματικών περιοχών. Οι μαθητές μπορούν να περιστρέφουν, να κάνουν ζουμ και να χειρίζονται μοντέλα για να ενισχύσουν την χωρική και εννοιολογική κατανόηση.
	- Διαδραστική Μάθηση: Οι μαθητές εξερευνούν ανεξάρτητα το περιεχόμενο της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) με τον δικό τους ρυθμό, επανεξετάζοντας σύνθετα θέματα όπως η αλληλούχηση, η γονιδιακή λειτουργία και η γονιδιωματική οργάνωση.
	Πόντοι και Εμβλήματα Οι μαθητές κερδίζουν βραβεία για την ολοκλήρωση εργασιών AR, την επίλυση προκλήσεων και τον σωστό εντοπισμό γονιδιωματικών χαρακτηριστικών. Οι πίνακες κατάταξης στην τάξη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση του κινήτρου. Πίνακες κατάταξης Οι οπτικές κατατάξεις δείχνουν την πρόοδο και τα επιτεύγματα με βάση τις ολοκληρωμένες δραστηριότητες και τις προκλήσεις AR.





Αποστολές και Επίπεδα

Χρησιμοποιείται μάθηση βασισμένη σε αποστολές, όπου οι μαθητές ξεκλειδώνουν νέες γονιδιωματικές εργασίες και προκλήσεις καθώς προχωρούν σε επίπεδα.

Ανταμοιβές για Εξερεύνηση

Πρόσθετο περιεχόμενο ή σύνολα δεδομένων AR ξεκλειδώνονται όταν οι μαθητές ολοκληρώνουν προαιρετικές εργασίες εξερεύνησης ή αναστοχασμού.

Συνεργατικές Παιχνιδοποιημένες Εργασίες

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες σε εργασίες ανάλυσης γονιδιώματος ή σε προσομοιώσεις, ενθαρρύνοντας την επικοινωνία, τη συνεργασία και την κοινή επίλυση προβλημάτων.

Η αξιολόγηση περιλαμβάνει οπτικές παρουσιάσεις με βάση την επαυξημένη πραγματικότητα (AR), ομαδικά έργα με αξιολόγηση από ομοτίμους και αναστοχασμούς πολυμέσων. Αυτές οι μορφές επιτρέπουν στους μαθητές να επιδεικνύουν κατανόηση μέσω εξήγησης, οπτικών στοιχείων και συζήτησης αντί μόνο μέσω απομνημόνευσης.

Αναφορές

1. Collins, F. S., Morgan, M., & Patrinos, A. (2003). Το Πρόγραμμα του Ανθρώπινου Γονιδιώματος: Μαθήματα από τη βιολογία μεγάλης κλίμακας. *Science*, 300(5617), 286–290. <https://doi.org/10.1126/science.1084564>
2. Green, E. D., & Guyer, M. S. (2015). Χαρτογράφηση μιας πορείας για τη γονιδιωματική ιατρική από τα ζεύγη βάσεων έως την κλίνη. *Nature*, 470(7333), 204–213. <https://doi.org/10.1038/nature09764>
3. Εθνικό Ινστιτούτο Έρευνας Ανθρώπινου Γονιδιώματος. (2024). Ενημερωτικό δελτίο για το Πρόγραμμα Ανθρώπινου Γονιδιώματος. <https://www.genome.gov/human-genome-project>
4. Εθνικό Ινστιτούτο Έρευνας Ανθρώπινου Γονιδιώματος. (2024). Πρόγραμμα έρευνας για τις ηθικές, νομικές και κοινωνικές επιπτώσεις (ELSI). <https://www.genome.gov/about-nhgri/what-we-do/elsi-research-program>
5. Κοινοπραξία T2T (Telomere-to-Telomere). (2022). Η πλήρης αλληλουχία ενός ανθρώπινου γονιδιώματος. *Science*, 376(6588), 44–53. <https://doi.org/10.1126/science.abj6987>



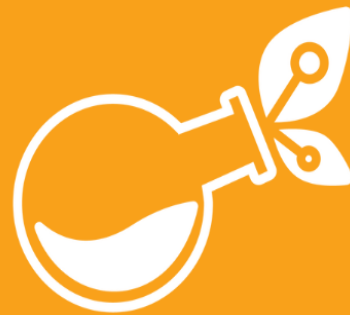


6. Sanger, F., Nicklen, S., & Coulson, A. R. (1977). Αλληλούχιση DNA με αναστολείς τερματισμού αλυσίδας. Πρακτικά της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών, 74(12), 5463–5467. <https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>
7. Αρχείο Φωτογραφιών NHGRI. (χ.η.). Ιστορικές εικόνες του Προγράμματος Ανθρώπινου Γονιδιώματος. Εθνικό Ινστιτούτο Έρευνας Ανθρώπινου Γονιδιώματος. <https://www.genome.gov/about-nhgri/who-we-are/photo-archive>
8. MoleculAR. (χ.η.). MoleculAR: Επαυξημένη πραγματικότητα για τη μοριακή βιολογία. <https://molecularweb.org>
9. Genome AR. (χ.η.). Εκπαιδευτική εφαρμογή Genome AR. <https://genomear.org> (Χρησιμοποιήστε την ακριβή διεύθυνση URL που παρέχεται από το ίδρυμά σας/το κατάστημα εφαρμογών, εάν απαιτείται.)
10. YouTube. (χ.η.). Εξήγηση του Human Genome Project [Βίντεο]. Προτεινόμενη πηγή: Επίσημο κανάλι του Εθνικού Ινστιτούτου Έρευνας Ανθρώπινου Γονιδιώματος. <https://www.youtube.com/@genomegov>
(Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να επιλέγουν βίντεο κατάλληλα για την ηλικία τους για χρήση στην τάξη.)





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.