

First Page



Co-funded by
the European Union

Cos'è il Progetto Genoma Umano?



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."



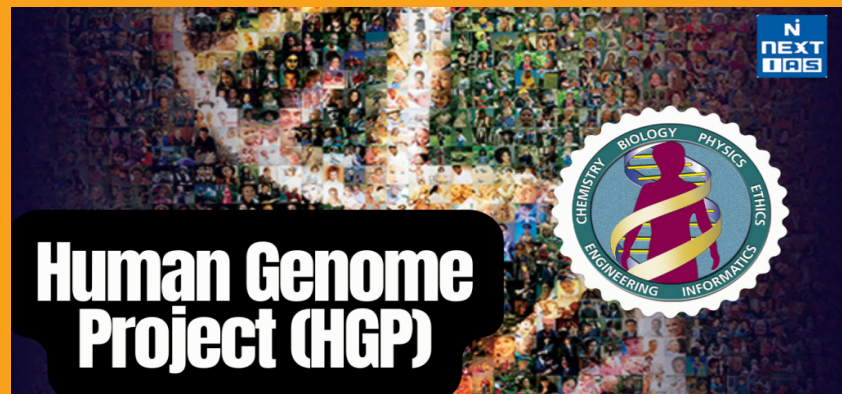
Body



Sommario

Introduzione:	4
1: Esplora	5
Perché studiare il genoma umano?	5
Grandi obiettivi, grande lavoro di squadra	5
Come hanno sequenziato il DNA?	6
Da dove proviene il DNA?	7
Considerazioni etiche	7
Eredità duratura	8
2: Eseguire	9
3: Migliorare	11
Elementi AR per Delightex – Obiettivi e fonti di apprendimento	13
Conclusione:	16
Riferimenti	18





Argomento generale del percorso di apprendimento	Progetto Genoma Umano e Medicina Genomica
Nome specifico dell'unità di apprendimento	Cos'è il Progetto Genoma Umano?
Età degli utenti target	14-18 anni
Requisiti per lo studente	Conoscenza di base del DNA, dei geni e della biologia molecolare; familiarità con la ricerca scientifica; interesse per la storia della scienza e la ricerca biomedica
Descrizione dell'unità di apprendimento	Questa unità introduce gli studenti al Progetto Genoma Umano (HGP), un'innovativa iniziativa di ricerca internazionale che ha mappato con successo il genoma umano. Gli studenti ne esploreranno gli obiettivi, le tecnologie, i principali contributori e le implicazioni sociali ed etiche. Attraverso contenuti interattivi, tra cui esperienze di realtà aumentata e casi di studio storici, gli studenti comprenderanno il significato scientifico e l'eredità duratura dell'HGP.
Oggetto: Parti coinvolte	Insegnanti di scienze, educatori di biologia, facilitatori ICT/AR, studenti, ospiti facoltativi provenienti dal campo della ricerca biomedica o genomica
Parole chiave	Progetto Genoma Umano, sequenziamento del DNA, genomica, biotecnologia, collaborazione





	internazionale, etica nella ricerca, condivisione dei dati, innovazione biomedica
Qualifiche chiave, competenze e conoscenze che possono essere acquisite	Comprensione di ciò che il Progetto Genoma Umano ha realizzato e di come è stato condotto Approfondimenti sulla scienza collaborativa globale e sulle pietre miliari scientifiche Consapevolezza dell'etica dei dati, della privacy e della genomica Familiarità con le tecnologie di sequenziamento del genoma (ad esempio, sequenziamento Sanger) Sviluppo dell'alfabetizzazione digitale attraverso strumenti di realtà aumentata Riflessione critica sull'impatto sociale della conoscenza genomica
Risorse e supporti didattici utilizzati	Archivio e schede informative del Progetto Genoma Umano NHGRI Cronologie visive, foto dall'archivio fotografico NHGRI App di realtà aumentata (ad esempio MoleculAR o GenomeAR) Schede di lavoro interattive, presentazioni e quiz Attività di gruppo che simulano la pianificazione HGP o il comitato etico
Criteri di valutazione e valutazione	Comprensione delle principali tappe dell'HGP Capacità di descrivere metodi e risultati di sequenziamento Risposte critiche alle questioni etiche Coinvolgimento nei moduli di apprendimento AR Lavoro di gruppo e partecipazione in classe





Introduzione:

Il Progetto Genoma Umano (HGP) è stato uno dei progetti scientifici più importanti del XX secolo. È stato condotto tra il 1990 e il 2003 e mirava a mappare e sequenziare l'intero genoma umano, ovvero tutto il DNA che contiene informazioni su come è strutturato e funziona il corpo umano. Scienziati provenienti da molti paesi, tra cui Stati Uniti, Regno Unito, Francia, Germania, Giappone e Cina, hanno lavorato insieme a questo grande progetto internazionale. La loro cooperazione ha gettato le basi della genomica moderna e ha cambiato il modo in cui gli scienziati studiano la biologia umana (National Human Genome Research Institute [NHGRI], 2024).

Il Progetto Genoma Umano ha migliorato significativamente la comprensione scientifica dell'ereditarietà, delle malattie genetiche e della variabilità umana. Ha inoltre trasformato il modo in cui viene condotta la ricerca scientifica, promuovendo la condivisione di dati aperti e la collaborazione tra diverse discipline scientifiche (Collins, Morgan e Patrinos, 2003). Questi principi rimangono essenziali nella moderna ricerca genomica e nell'innovazione biomedica.

In questa unità didattica, gli studenti esplorano cos'è stato il Progetto Genoma Umano, perché è stato importante e come gli scienziati sono riusciti a decodificare il DNA umano. Esaminano anche le sfide etiche legate alla ricerca sul genoma, come la privacy genetica e l'uso responsabile dei dati genetici (Green & Guyer, 2015). Utilizzando strumenti di realtà aumentata (AR), gli studenti interagiscono con modelli di DNA e processi di sequenziamento, il che li aiuta a comprendere meglio i metodi scientifici e le scoperte emerse dal Progetto Genoma Umano.





1: Esplora

Perché studiare il genoma umano?

Ogni organismo vivente ha un genoma, un insieme completo di istruzioni del DNA. Il genoma umano può essere paragonato a un enorme libro di istruzioni che spiega come sono fatti i nostri corpi e come funzionano. Indica alle cellule come crescere, svilupparsi e reagire all'ambiente.

All'inizio degli anni '90, gli scienziati avevano già microscopi avanzati e strumenti per la diagnosi genetica, ma non avevano mai letto l'intero genoma umano come un'unica sequenza completa. Ecco perché il Progetto Genoma Umano (HGP) era così importante: il suo obiettivo principale era sequenziare per la prima volta tutto il DNA umano (NHGRI, 2024).

Studiando il genoma umano, gli scienziati possono comprendere meglio perché alcune persone sviluppano malattie come il cancro, il diabete o malattie genetiche ereditarie. Questa conoscenza aiuta anche i ricercatori a migliorare i trattamenti e a sviluppare nuovi farmaci. Inoltre, la ricerca sul genoma contribuisce a spiegare l'evoluzione umana e perché ogni persona è geneticamente unica (Green & Guyer, 2015).

Grandi obiettivi, grande lavoro di squadra

Il Progetto Genoma Umano è iniziato ufficialmente nel 1990 e aveva cinque obiettivi principali:

- Identifica tutti i geni nel DNA umano
- Determinare la sequenza di circa 3 miliardi di coppie di basi del DNA
- Conservare le informazioni genetiche in database pubblici
- Migliorare gli strumenti per l'analisi dei dati genetici
- Affrontare le questioni etiche, legali e sociali (ELSI) relative alla ricerca sul genoma (Collins et al., 2003)





Il progetto è stato frutto di una collaborazione globale. Scienziati provenienti da Stati Uniti, Regno Unito, Francia, Germania, Giappone e Cina hanno lavorato insieme. Hanno partecipato più di 20 istituti di ricerca, formando l'International Human Genome Sequencing Consortium. Questa cooperazione su larga scala ha dimostrato come il lavoro di squadra internazionale possa accelerare il progresso scientifico.

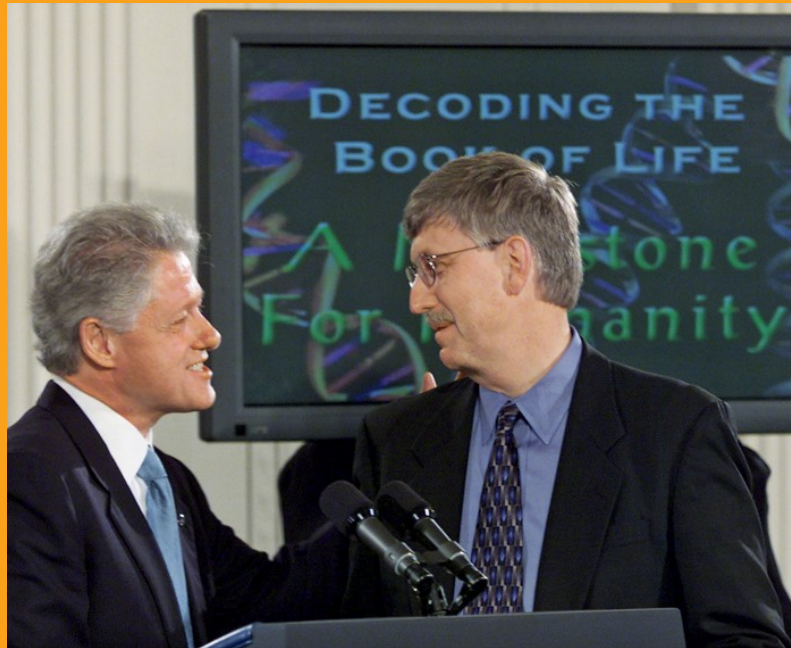


Figura 2. Il presidente Bill Clinton e il dottor Francis Collins alla Casa Bianca nel 2000 mentre annunciano la bozza del genoma umano. Fonte: Archivio fotografico NHGRI.

Come hanno sequenziato il DNA?

Il sequenziamento del DNA può essere paragonato alla lettura delle lettere di un libro molto lungo. Durante il Progetto Genoma Umano, gli scienziati utilizzavano principalmente un metodo chiamato sequenziamento Sanger. Questa tecnica funziona copiando piccoli frammenti di DNA più volte. Venivano aggiunte sostanze chimiche speciali in modo che ogni base del DNA – A, T, C o G – producesse un





segnale rilevabile dai laser. I computer leggevano quindi questi segnali e ricostruivano la sequenza del DNA (Collins et al., 2003).

Sebbene il sequenziamento Sanger fosse lento rispetto ai metodi odierni, gli scienziati sono riusciti a sequenziare oltre il 90% del genoma umano entro il 2003. Oggi, grazie alle nuove tecnologie, lo stesso compito può essere completato in poche ore e a un costo molto inferiore, spesso inferiore a 1.000 dollari per genoma (T2T Consortium, 2022).

Da dove proviene il DNA?

Per creare un "riferimento" del genoma umano, i ricercatori hanno utilizzato campioni di DNA anonimi. La maggior parte del DNA proveniva da volontari residenti a Buffalo, New York. Circa il 70% della sequenza finale proveniva da un donatore, mentre i dati rimanenti provenivano da altri 19 individui. Tutti i campioni sono stati resi anonimi per proteggere la privacy dei donatori e prevenire l'uso improprio delle informazioni genetiche personali (NHGRI, 2024).





Figura 3. Configurazione del laboratorio di sequenziamento del DNA all'epoca del Progetto Genoma Umano. Fonte: Archivio fotografico NHGRI.

Considerazioni etiche

Fin dall'inizio, gli scienziati coinvolti nel Progetto Genoma Umano hanno capito che le informazioni sul genoma potevano sollevare seri interrogativi etici. Ad esempio, i dati genetici potevano essere utilizzati per discriminare le persone sul lavoro o nell'assicurazione sanitaria? I test genetici dovrebbero essere consentiti sui nascituri?

Per affrontare queste preoccupazioni, l'HGP ha creato il programma ELSI (Implicazioni Etiche, Legali e Sociali) e ha dedicato circa il 5% del budget totale del progetto alla ricerca etica. Questo è stato uno dei primi grandi progetti scientifici a includere l'etica come componente fondamentale del suo lavoro (Green & Guyer, 2015).

Eredità duratura

Il Progetto Genoma Umano non si è concluso nel 2003. I suoi risultati hanno aperto le porte alla medicina personalizzata, ai test genetici, alla ricerca genealogica e a molte moderne tecnologie biomediche. Il progetto ha anche promosso la scienza aperta attraverso politiche come i Principi delle Bermuda, che incoraggiavano gli scienziati a condividere i dati genetici in modo rapido e libero, anziché mantenerli privati fino alla pubblicazione (Collins et al., 2003).

Nel 2022, i ricercatori hanno completato la prima sequenza veramente completa del genoma umano utilizzando tecnologie di sequenziamento avanzate. Questo risultato ha colmato regioni che non potevano essere lette durante l'HGP originale e ha dimostrato i progressi compiuti dalla scienza genomica dal 2003 (T2T Consortium, 2022).





2: Eseguire

In questa fase, gli studenti applicano le loro conoscenze sul Progetto Genoma Umano attraverso attività di apprendimento interattive e pratiche, progettate per l'utilizzo in Delightex. L'obiettivo è comprendere come i dati genomici vengono esplorati, spiegati e utilizzati in contesti scientifici e sociali reali, senza richiedere agli studenti di svolgere complesse attività di laboratorio.

Utilizzando Delightex, gli studenti esplorano modelli tridimensionali di DNA e cromosomi. Vengono inseriti direttamente nella scena didattica. Questi modelli visivi aiutano gli studenti a vedere chiaramente la struttura a doppia elica del DNA, l'appaiamento delle basi e l'organizzazione dei cromosomi. Ruotando e ingrandendo i modelli, gli studenti rafforzano la loro comprensione della struttura del genoma e collegano le conoscenze astratte dei libri di testo con rappresentazioni visive (NHGRI, 2024).

Come supporto visivo, gli insegnanti possono collegarsi a brevi video animati come "Struttura e funzione del DNA" di Khan Academy, che spiega i componenti del DNA in modo chiaro e adatto all'età. È:

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

Per supportare la comprensione di come il Progetto Genoma Umano ha sequenziato il DNA, gli studenti guardano brevi video esplicativi incorporati o collegati a Delightex. Questi video introducono l'idea di base del sequenziamento Sanger e mostrano come gli scienziati leggono i frammenti di DNA e li assemblano. Trasformarli in un genoma completo. Un esempio consigliato è il video educativo NHGRI "Come è stato sequenziato il genoma umano", che spiega il processo in modo





semplicitermini e lo collega direttamente all'HGP (NHGRI, 2024):

<https://www.genome.gov/education/educational-resources>

Dopo aver guardato il video, gli studenti rispondono a spunti di riflessione in Delightex, ad esempio sul perché il DNA abbia dovuto essere sequenziato in piccole porzioni e su come i computer abbiano aiutato gli scienziati ad assemblare l'intero genoma. Questo aiuta gli studenti a elaborare attivamente le informazioni piuttosto che a guardare passivamente i contenuti (Collins et al., 2003).

Gli studenti esplorano quindi l'uso pratico dei dati del genoma attraverso esempi genici interattivi. Nelle scene Delightex, le immagini dei cromosomi includono regioni geniche evidenziate, come il gene BRCA1, collegato al rischio di cancro al seno. Selezionando questi marcatori, gli studenti leggono brevi spiegazioni sulla funzione genica e su come le mutazioni genetiche possano influenzare lo sviluppo della malattia. Questa attività collega il Progetto Genoma Umano alla moderna medicina genomica e mostra come i dati del genoma supportino la ricerca medica (Green & Guyer, 2015).

Una risorsa di supporto facoltativa è la pagina NHGRI "Che cos'è BRCA?", scritto per un pubblico generale:

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

Il pensiero etico è una parte importante della fase di Esecuzione. Agli studenti vengono presentate brevi situazioni basate su scenari relativi all'uso dei dati genomici, come test genetici, privacy dei dati o accesso alle informazioni mediche. Questi scenari appaiono come pannelli informativi in Delightex e chiedono agli studenti di riflettere su domande come chi dovrebbe avere accesso ai dati genetici e come un uso improprio potrebbe portare a discriminazioni. Ogni scenario è collegato al programma Ethical, Legal, and Social Implications (ELSI) del Progetto Genoma Umano, che ha dedicato parte del suo budget allo studio di queste problematiche (Green & Guyer, 2015).

Per un contesto più ampio, gli studenti possono esplorare la pagina di panoramica NHGRI ELSI:

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





Per sottolineare l'importanza della collaborazione nella scienza su larga scala, gli studenti partecipano a una discussione guidata basata sui ruoli, ispirata al Progetto Genoma Umano originale. Gli studenti assumono ruoli semplificati come scienziato, gestore dei dati o esperto di etica e discutono le sfide legate alla cooperazione internazionale e alla condivisione dei dati. Questo riflette il modo in cui scienziati di diversi paesi hanno collaborato e seguito principi di open data come i Principi delle Bermuda, che promuovevano la rapida condivisione dei dati (Collins et al., 2003).

Durante la fase di Esecuzione, gli studenti ricevono feedback attraverso brevi quiz, attività di riflessione e discussioni guidate dall'insegnante. Queste attività aiutano a consolidare la comprensione e a collegare la conoscenza scientifica con la responsabilità etica e sociale. Al termine di questa fase, gli studenti si sono impegnati attivamente con esempi concreti, tecnologie e sfide legate al Progetto Genoma Umano, preparandoli per una riflessione più approfondita e un approfondimento nella sezione successiva.

3: Migliorare

In questa fase, l'apprendimento viene approfondito e ampliato attraverso la riflessione, il rinforzo visivo e collegamenti significativi con la scienza del mondo reale. La Realtà Aumentata (RA) svolge un ruolo chiave aiutando gli studenti a passare dalla comprensione di base al pensiero critico e all'interpretazione personale della conoscenza genomica.

Utilizzando Delightex, gli studenti rivisitano i concetti chiave del Progetto Genoma Umano attraverso modelli 3D interattivi e brevi risorse multimediali. Ad esempio, vengono nuovamente esplorati i modelli di DNA e cromosomi, ma questa volta concentrandosi su funzione e applicazione, non solo sulla struttura. Gli studenti possono ruotare ed esaminare i cromosomi, riflettendo su come la mappatura del genoma abbia reso possibile l'identificazione di geni legati a malattie e tratti caratteriali (NHGRI, 2024). Questa interazione ripetuta favorisce la memorizzazione a lungo termine e la chiarezza concettuale.





Per rafforzare la comprensione, gli studenti interagiscono con brevi video esplicativi di alta qualità collegati all'ambiente AR. Un esempio efficace è il video "The Human Genome Project Explained" di TED-Ed, che riassume gli obiettivi, le sfide e i risultati del progetto in un modo visivamente coinvolgente, adatto agli studenti delle scuole secondarie:

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

Dopo aver guardato, gli studenti rispondono a domande di riflessione, ad esempio su come la conoscenza del genoma abbia cambiato la medicina e se in futuro progetti simili su larga scala debbano essere finanziati (Collins et al., 2003).

Le attività di realtà aumentata relative al genoma aiutano inoltre gli studenti a collegare i contenuti scientifici alla medicina moderna. Ad esempio, gli studenti esplorano i geni evidenziati e correlati a determinate condizioni di salute e discutono di come il sequenziamento del genoma supporti la diagnosi precoce e il trattamento personalizzato. Ciò collega direttamente il Progetto Genoma Umano alla medicina genomica, aiutando gli studenti a comprenderne la rilevanza al di là della storia (Green & Guyer, 2015).

Come arricchimento, gli studenti possono esplorare la pagina NHGRI "Genomica e Medicina", che spiega le applicazioni reali in un linguaggio accessibile:

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

Gli elementi di apprendimento gamificati aumentano ulteriormente la motivazione. In Delightex, gli insegnanti possono progettare brevi "missioni genomiche" in cui gli studenti raccolgono informazioni, sbloccano contenuti o completano sfide come l'identificazione del ruolo corretto dei database genomici o l'abbinamento delle tecnologie di sequenziamento al loro scopo. Queste attività supportano l'apprendimento attivo, mantenendo al contempo il carico cognitivo gestibile per gli studenti di livello B1-B2.

In questa fase viene rafforzata anche la riflessione etica. Gli studenti riesaminano questioni etiche introdotte in precedenza, come la privacy genetica o l'accesso ai dati del genoma, e le collegano ai dibattiti attuali. I panel di AR possono includere brevi esempi di casi e domande guida collegate al programma ELSI del Progetto





Genoma Umano, incoraggiando gli studenti a formulare e giustificare le proprie opinioni (Green & Guyer, 2015).

Un'ulteriore risorsa di riferimento è la panoramica NHGRI ELSI:

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

Per dimostrare i risultati di apprendimento, gli studenti possono creare brevi spiegazioni utilizzando screenshot tratti da scene di realtà aumentata o registrare brevi riflessioni video che descrivono ciò che hanno appreso sul sequenziamento del genoma o sulla responsabilità etica. Questi output aiutano a combinare comprensione scientifica, alfabetizzazione digitale e capacità comunicative.

Nel complesso, la fase di potenziamento supporta una comprensione più approfondita, la riflessione e il trasferimento delle conoscenze. Combinando l'esplorazione in realtà aumentata, risorse scientifiche affidabili e riflessione guidata, gli studenti rafforzano la loro capacità di comprendere la genomica come campo sia scientifico che sociale. Questo li prepara per l'apprendimento futuro in biologia, medicina e biotecnologia, incoraggiando al contempo un pensiero informato e responsabile sui dati genetici.





Elementi AR per Delightex – Obiettivi e fonti di apprendimento

Elemento AR (Delightex)	Obiettivo di apprendimento	Fonte / collegamento
Modello 3D della doppia elica del DNA	Comprendere la struttura di base del DNA e l'appaiamento delle basi (A–T, C–G)	Khan Academy. <i>Struttura e funzione del DNA.</i> https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/dna-and-rna-structure
Modello cromosomico 3D	Comprendere come il DNA è organizzato in cromosomi e come è strutturato il genoma	Istituto nazionale per la ricerca sul genoma umano (NHGRI). <i>Progetto Genoma Umano.</i> https://www.genome.gov/human-genome-project
Mappa interattiva del genoma (pannello AR)	Identificare i geni sui cromosomi e comprendere il concetto di genoma di riferimento	NHGRI. <i>Nozioni di base sul genoma.</i> https://www.genome.gov/genetics-glossary/Genome
Breve video esplicativo (link incorporato)	Comprendere gli obiettivi, la tempistica e l'importanza del Progetto Genoma Umano	TED-Ed. <i>Il Progetto Genoma Umano.</i> https://ed.ted.com/lessons/the-human-genome-project-tania-simoncelli





Elemento AR (Delightex)	Obiettivo di apprendimento	Fonte / collegamento
Modello 3D della doppia elica del DNA	Comprendere la struttura di base del DNA e l'appaiamento delle basi (A–T, C–G)	Khan Academy. <i>Struttura e funzione del DNA.</i> https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/dna-and-rna-structure
Modello cromosomico 3D	Comprendere come il DNA è organizzato in cromosomi e come è strutturato il genoma	Istituto nazionale per la ricerca sul genoma umano (NHGRI). <i>Progetto Genoma Umano.</i> https://www.genome.gov/human-genome-project
Esempio di gene (ad esempio BRCA1)	Collegare il sequenziamento del genoma al rischio di malattia e alla medicina genomica	NHGRI. <i>geni BRCA.</i> https://www.genome.gov/genetics-glossary/BRCA
Panel di scenario etico (ELSI)	Rifletti sulle questioni etiche, legali e sociali dei dati genomici (privacy, discriminazione)	NHGRI. <i>Implicazioni etiche, legali e sociali (ELSI).</i> https://www.genome.gov/about-genomics/policy-issues/ELSI





Elemento AR (Delightex)	Obiettivo di apprendimento	Fonte / collegamento
Modello 3D della doppia elica del DNA	Comprendere la struttura di base del DNA e l'appaiamento delle basi (A–T, C–G)	Khan Academy. <i>Struttura e funzione del DNA.</i> https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/dna-and-rna-structure
Modello cromosomico 3D	Comprendere come il DNA è organizzato in cromosomi e come è strutturato il genoma	Istituto nazionale per la ricerca sul genoma umano (NHGRI). <i>Progetto Genoma Umano.</i> https://www.genome.gov/human-genome-project
Missione AR gamificata (creata dall'insegnante)	Aumentare la motivazione e rafforzare i concetti chiave HGP attraverso l'apprendimento attivo	Compito progettato dall'insegnante in Delightex
Gruppo di riflessione/autovalutazione	Sviluppare il pensiero critico e la riflessione personale sulla genomica e sulla società	In base al contenuto dell'unità e alla discussione in classe





Conclusione:

Il Progetto Genoma Umano (HGP) è stato uno dei più importanti traguardi scientifici della scienza moderna. Ha cambiato il modo in cui comprendiamo la biologia umana e ha contribuito allo sviluppo di nuove aree come la medicina di precisione, la bioinformatica e le regole etiche per la condivisione dei dati genetici (Collins et al., 2003). Attraverso questa unità didattica, gli studenti hanno esplorato non solo i principali risultati scientifici dell'HGP, ma anche il contesto più ampio in cui il progetto è stato realizzato. Questo includeva la cooperazione globale tra paesi, il rapido progresso tecnologico e le sfide etiche legate alla ricerca su larga scala.

Utilizzando strumenti di realtà aumentata come MolecularAR e Genome AR, gli studenti hanno potuto esplorare concetti genomici complessi in modo interattivo. Questi strumenti hanno aiutato gli studenti a visualizzare le strutture del DNA, comprendere i processi di sequenziamento e collegare la teoria con esempi biomedici reali. Le attività incentrate su dilemmi etici, esplorazione del genoma e collaborazione internazionale hanno permesso agli studenti di sperimentare le sfide scientifiche e sociali affrontate durante il Progetto Genoma Umano.

Di conseguenza, questa unità ha supportato lo sviluppo di competenze scientifiche, pensiero critico, consapevolezza etica e competenze digitali. Gli studenti hanno imparato come i dati genomici vengono raccolti, analizzati e condivisi, e perché queste informazioni debbano essere utilizzate in modo responsabile nella medicina e nella biotecnologia moderne (Green & Guyer, 2015). Il Progetto Genoma Umano continua a influenzare molti campi, tra cui l'assistenza sanitaria, l'agricoltura e la ricerca genealogica.





Al termine dell'unità, gli studenti sono incoraggiati a riflettere su come argomenti attuali come l'editing genetico, la privacy dei dati e la parità di accesso alle tecnologie mediche siano collegati all'eredità dell'HGP. Comprendere questa connessione aiuta gli studenti a diventare partecipanti informati e responsabili nelle future discussioni su scienza, tecnologia e società.

Fase	Descrizione
Esplorare	- Ricerca e scoperta: gli studenti esplorano il Progetto Genoma Umano utilizzando schede informative NHGRI, brevi video didattici e cronologie visive. Questi materiali introducono gli obiettivi principali, la cronologia e l'importanza scientifica dell'HGP.
	- Sviluppo dei contenuti: gli insegnanti guidano le discussioni utilizzando cronologie interattive ed esempi storici. Vengono introdotte questioni etiche relative alla ricerca sul genoma, alla privacy e all'uso dei dati per preparare gli studenti a riflessioni successive.
	- Analisi dei bisogni: la conoscenza pregressa degli studenti su DNA, geni e genomica viene valutata attraverso brevi discussioni o domande diagnostiche. Questo aiuta gli insegnanti a individuare eventuali lacune nella comprensione e ad adattare di conseguenza le spiegazioni e le attività di realtà aumentata.
Eseguire	- Implementazione del curriculum: gli studenti partecipano a lezioni guidate supportate da moduli di realtà aumentata. Utilizzando strumenti come MolecularAR e Genome AR, esplorano la struttura del DNA, i processi di sequenziamento e le regioni genomiche collegate a esempi concreti.
	- Esercizi interattivi: gli studenti completano un laboratorio virtuale di sequenziamento, prendono parte a dibattiti etici e si impegnano in attività di gioco di ruolo basate sulla realtà aumentata. Le missioni di ricerca genetica consentono agli studenti di individuare geni specifici e di collegarli a tratti o malattie, rafforzando i concetti chiave della fase di esplorazione.
	- Raccolta di feedback: la comprensione è supportata dalle riflessioni degli studenti, dal feedback dei colleghi durante le attività di gruppo e dal feedback dell'insegnante dopo le discussioni e le attività di realtà aumentata.
	- Integrazione AR: MolecularAR e Genome AR vengono utilizzati per approfondire la comprensione attraverso l'esplorazione 3D interattiva di DNA, proteine e regioni genomiche. Gli studenti possono ruotare, ingrandire e manipolare i modelli per rafforzare la comprensione spaziale e concettuale.
	- Apprendimento interattivo: gli studenti esplorano autonomamente i contenuti AR al proprio ritmo, rivisitando argomenti complessi come il sequenziamento, la funzione genica e l'organizzazione genomica.

**Migliora
re**





	Punti e distintivi Gli studenti ottengono badge per aver completato attività di realtà aumentata, risolto sfide e identificato correttamente le caratteristiche genomiche. Le classifiche in classe possono essere utilizzate per aumentare la motivazione. Classifiche Le classifiche visive mostrano i progressi e i risultati ottenuti in base alle attività e alle sfide AR completate. Missioni e livelli Si ricorre all'apprendimento basato sulla missione, in cui gli studenti sbloccano nuovi compiti e sfide genomiche man mano che avanzano nei livelli. Ricompense per l'esplorazione Ulteriori contenuti o set di dati AR vengono sbloccati quando gli studenti completano attività di esplorazione o riflessione facoltative. Attività collaborative gamificate Gli studenti lavorano in team su attività di analisi del genoma o simulazioni, incoraggiando la comunicazione, la cooperazione e la risoluzione condivisa dei problemi.
	La valutazione include esercitazioni visive basate sulla realtà aumentata, progetti di gruppo sottoposti a revisione paritaria e riflessioni multimediali. Questi formati consentono agli studenti di dimostrare la comprensione attraverso spiegazioni, prove visive e discussioni, piuttosto che solo tramite la memorizzazione.

Riferimenti

1. Collins, F. S., Morgan, M., e Patrinos, A. (2003). Il Progetto Genoma Umano: Lezioni dalla biologia su larga scala. *Science*, 300(5617), 286–290. <https://doi.org/10.1126/science.1084564>
2. Green, E. D., e Guyer, M. S. (2015). Tracciare un percorso per la medicina genomica dalle coppie di basi al letto del paziente. *Nature*, 470(7333), 204–213. <https://doi.org/10.1038/nature09764>
3. Istituto nazionale di ricerca sul genoma umano. (2024). Scheda informativa del Progetto Genoma Umano. <https://www.genome.gov/human-genome-project>
4. Istituto Nazionale di Ricerca sul Genoma Umano. (2024). Programma di ricerca sulle implicazioni etiche, legali e sociali (ELSI). <https://www.genome.gov/about-nhgri/what-we-do/elsi-research-program>





5. Consorzio T2T (Telomere-to-Telomere). (2022). La sequenza completa del genoma umano. Science, 376(6588), 44–53. <https://doi.org/10.1126/science.abj6987>
6. Sanger, F., Nicklen, S. e Coulson, A. R. (1977). Sequenziamento del DNA con inibitori a catena terminale. Atti della National Academy of Sciences, 74(12), 5463–5467. <https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>
7. Archivio fotografico NHGRI. (n.d.). Immagini storiche del Progetto Genoma Umano. National Human Genome Research Institute. <https://www.genome.gov/about-nhgri/who-we-are/photo-archive>
8. MoleculAR. (n.d.). MoleculAR: Realtà aumentata per la biologia molecolare. <https://molecularweb.org>
9. Genome AR. (n.d.). Applicazione didattica Genome AR. <https://genomear.org> (Se necessario, utilizzare l'URL esatto fornito dal tuo istituto/app store.)
10. YouTube. (n.d.). Spiegazione del Progetto Genoma Umano [Video].

Fonte consigliata: canale ufficiale del National Human Genome Research Institute.

<https://www.youtube.com/@genomegov>

(Gli insegnanti dovrebbero selezionare video adatti all'età degli studenti da utilizzare in classe.)



Last Page



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-00026516

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.