



Co-funded by
the European Union

Malattie genetiche: sfide e soluzioni



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."





CONTENUTI

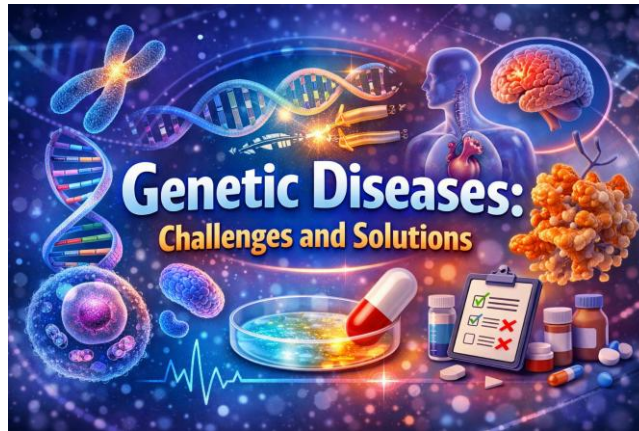
Introduzione	4
Esplorare	4
1. Malattie genetiche: sfide e soluzioni	4
1.1 Cosa sono le malattie genetiche?	5
1.2 Tipi di mutazioni genetiche	5
1.3 Malattie genetiche più comuni	5
1.4 Sfide diagnostiche	6
1.5 Limiti per la terapia	6
1.6 Soluzioni emergenti	6
1.7 Perché l'AR e la modellazione 3D sono importanti.....	7
Eseguire.....	7
2. Soluzioni bio-ispirate alle malattie genetiche	7
2.1 La bio-ispirazione nella riparazione e regolazione genetica	8
2.2 Applicazione pratica attraverso l'apprendimento supportato dall'AR	8
2.3 Esercizi e attività suggeriti basati sulla AR.....	9
2.4 Ispirazione e rilevanza nel mondo reale.....	10
Potenziare.....	10
3. AR per un apprendimento e un coinvolgimento più profondi	10
3.1 Come l'AR favorisce la comprensione delle malattie genetiche	10
3.2 Rendere accessibili e coinvolgenti concetti complessi	11
3.3 Esempio di uno strumento AR utile (Deligtex).....	11





3.4 Suggerimenti pratici per integrare l'AR nell'esperienza di apprendimento	11
Conclusioni	12
Riferimenti.....	15





Fonte: Immagine generata con l'AI





Argomento generale del percorso di apprendimento	Biotechnologie. Biomanifattura e biologia sintetica
Nome specifico dell'unità di apprendimento	Malattie genetiche: sfide e soluzioni
Età degli utenti target	14-18 anni
Requisiti necessari per gli studenti	• Comprensione di base dei concetti di biologia (cellule, DNA, geni). • Competenze digitali di base (utilizzo di computer, tablet o smartphone). • Capacità di lavorare individualmente e in modo collaborativo. • Accesso a Internet e a dispositivi compatibili con la tecnologia AR. • Non è richiesta alcuna conoscenza preliminare di genetica, biotecnologia, biomanifattura o creazione di contenuti AR.
Descrizione dell'unità di apprendimento	Questa unità didattica introduce gli studenti alle malattie genetiche come sfide biologiche complesse causate da cambiamenti nel DNA e nella funzione dei geni. Gli studenti esplorano le cause, i tipi e l'impatto reale delle malattie genetiche, nonché le sfide scientifiche, tecnologiche ed etiche legate alla loro diagnosi e al loro trattamento. Attraverso il ragionamento bio-ispirato e gli approcci della biologia sintetica, gli studenti scoprono come i meccanismi naturali come la riparazione del DNA, la regolazione dei geni e la rigenerazione cellulare ispirino le moderne soluzioni cliniche, tra cui la terapia genica e l'editing genetico. La Realtà Aumentata (AR) è utilizzata come strumento didattico principale per visualizzare processi molecolari invisibili e per supportare la creazione di un quiz interattivo basato su AR, trasformando la valutazione in un'esperienza di apprendimento attiva e basata sull'indagine.





Argomenti e destinatari	Biologia, genetica, biotecnologia, biologia sintetica, alfabetizzazione digitale/informatica, educazione alla salute, etica
Parole chiave	Malattie genetiche, DNA, geni, mutazioni, bio-ispirazione, biologia sintetica, biomanifattura, terapia genica, editing genetico, CRISPR, riparazione del DNA, biotecnologia, salute umana, Realtà Aumentata (AR), valutazione digitale
Conoscenze, abilità e competenze chiave che possono essere acquisite	Competenze / Mentalità • Consapevolezza della diversità genetica e delle sfide per la salute. • Pensiero responsabile ed etico nei confronti delle tecnologie genetiche e di biologia sintetica. • Curiosità verso le biotecnologie e l'innovazione medica. Abilità • Pensiero critico e risoluzione dei problemi. • Analisi delle relazioni causa-effetto nella genetica e nella biotecnologia. • Alfabetizzazione digitale e visiva attraverso gli strumenti AR. • Capacità di collaborazione, comunicazione e creazione di contenuti. Conoscenze • Comprendere le basi genetiche delle patologie. • Riconoscere i diversi tipi di mutazioni genetiche. • Consapevolezza delle difficoltà diagnostiche e terapeutiche. • Comprendere le soluzioni bioispirate e di biologia sintetica. • Comprendere il ruolo dell'AR nella didattica e nella valutazione delle biotecnologie.
Risorse e supporti didattici utilizzati	• Testi didattici e articoli scientifici su genetica, biotecnologia e biologia sintetica. • Casi di studio di malattie genetiche e biotecnologie mediche. • Piattaforme didattiche e database online. • Strumenti e applicazioni di Realtà Aumentata (Delightex). • Dispositivi compatibili con l'AR (smartphone, tablet, computer).





	• Modelli 3D di DNA, geni, proteine e cellule.
Criteri di giudizio e valutazione	• Partecipazione attiva alle discussioni e alle attività basate sull'AR. • Completamento degli esercizi supportati dall'AR relativi ai meccanismi genetici. • Accuratezza scientifica e chiarezza del quiz creato dagli studenti con la Realtà Aumentata. • Capacità di spiegare le malattie genetiche, le sfide e le soluzioni. • Riflessione sulle implicazioni etiche, sociali e tecnologiche delle biotecnologie e della biologia sintetica.

Introduzione

Le malattie genetiche sono patologie causate da alterazioni o anomalie del nostro DNA, il codice biologico che contiene le istruzioni per la formazione e il mantenimento del corpo umano. Alcune malattie genetiche sono ereditate dai genitori, mentre altre compaiono a causa di mutazioni spontanee o di influenze ambientali. Queste patologie possono influenzare lo sviluppo degli organi, il funzionamento delle cellule e la risposta del corpo all'ambiente, creando spesso problemi di salute per tutta la vita.

In questa unità didattica, gli studenti esploreranno le cause e le conseguenze delle malattie genetiche, nonché le sfide scientifiche e tecnologiche legate alla loro comprensione, diagnosi e trattamento. Attraverso il collegamento della biologia con il pensiero bio-ispirato e le moderne tecnologie, gli studenti scopriranno come la natura stessa possa offrire indizi per correggere i difetti genetici e come innovazioni quali l'intelligenza artificiale, l'analisi genetica e la medicina personalizzata contribuiscano a nuove soluzioni. Grazie a questa esplorazione, gli studenti potranno capire quanto la genetica plasmi la salute umana e in che modo la scienza stia lavorando per trasformare le sfide biologiche in opportunità di miglioramento.

Esplorare

1. Malattie genetiche: sfide e soluzioni

In questa sezione, gli studenti acquisiscono le conoscenze fondamentali sulle malattie genetiche, le loro cause e le sfide legate alla diagnosi e al trattamento. Questa sezione introduce i principali concetti di genetica, biologia molecolare e biotecnologia, preparando gli studenti alle attività





successive, come la visualizzazione con AR, la creazione di modelli e le discussioni etiche sulle soluzioni mediche emergenti.

1.1 Cosa sono le malattie genetiche?

Una malattia genetica è una patologia causata da alterazioni del DNA, attraverso mutazioni in singoli geni o anomalie nei cromosomi. A differenza delle malattie infettive, le malattie genetiche non sono causate da batteri o virus, ma sono ereditate dai genitori o insorgono spontaneamente durante la divisione cellulare o lo sviluppo iniziale. Si stima che le malattie genetiche colpiscano circa **1 persona su 25 in tutto il mondo**.

Le caratteristiche principali delle malattie genetiche includono:

- Sono causate da alterazioni della sequenza del DNA (come mutazioni puntiformi, inserzioni o delezioni) o da alterazioni del numero o della struttura dei cromosomi.
- Possono essere **monogeniche**, che coinvolgono un singolo gene, o **multifattoriali**, che coinvolgono più geni e fattori ambientali.
- La loro gravità varia notevolmente, da condizioni lievi come il daltonismo a disturbi potenzialmente mortali.

Un esempio ben noto è l'anemia falciforme, in cui un singolo cambiamento nucleotidico nel gene HBB altera la struttura dell'emoglobina, causando la rigidità e la forma a falce dei globuli rossi.

1.2 Tipi di mutazioni genetiche

Le mutazioni genetiche differiscono per portata e impatto, ma tutte possono alterare la produzione o il funzionamento delle proteine.

Tipo di mutazione	Descrizione	Esempio
Mutazione puntiforme	Cambiamento di un singolo nucleotide	Cellula falciforme (GAG→GTG)
Inserzione/Delezione	Aggiunta/rimozione di nucleotidi	Fibrosi cistica (3bp ΔF508)
Ripetizione trinucleotidica	Espansione CAG	Malattia di Huntington
Cromosomica	Aneuploidia, traslocazione	Sindrome di Down (trisomia 21)

Queste mutazioni possono dare origine a proteine non funzionali, parzialmente funzionanti o dannose per le cellule.

1.3 Malattie genetiche più comuni

Genetic diseases can be grouped based on how they arise:





- Le **malattie monogeniche (mendeliane)** sono causate da mutazioni in un singolo gene. Ne sono un esempio la fibrosi cistica, la distrofia muscolare di Duchenne e l'emofilia A.
- Le **malattie genetiche multifattoriali** derivano da interazioni tra più geni e fattori ambientali, come alcuni disturbi metabolici o neurologici.
- Le **malattie cromosomiche**, come la sindrome di Down, sono causate da cromosomi in più o in meno e influiscono sullo sviluppo generale.

Lo studio di queste condizioni aiuta gli scienziati a capire come specifiche alterazioni genetiche portino a effetti biologici osservabili.

1.4 Sfide diagnostiche

La diagnosi delle malattie genetiche è spesso complessa. Molti disturbi hanno sintomi simili e in tutto il mondo sono state identificate più di 7.000 patologie genetiche rare. Alcune condizioni si manifestano solo più tardi nella vita, rendendo difficile la diagnosi precoce. Inoltre, molte persone sono portatrici sane di mutazioni genetiche senza manifestare sintomi.

I moderni strumenti diagnostici includono i programmi di screening neonatale, il sequenziamento dell'intero genoma e le tecnologie emergenti basate sull'intelligenza artificiale che analizzano i dati genetici e le caratteristiche fisiche per supportare diagnosi più precoci e accurate.

1.5 Limiti per la terapia

Le terapie tradizionali per le malattie genetiche si concentrano solitamente sulla gestione dei sintomi piuttosto che sulla correzione della causa genetica sottostante. Sebbene questi approcci possano migliorare la qualità della vita, presentano importanti limiti:

- Il gene mutato rimane invariato.
- I danni ai tessuti e agli organi possono essere irreversibili.
- La somministrazione di terapie a determinate cellule, come quelle protette da barriere biologiche, rimane difficile.

Queste sfide evidenziano la necessità di nuove strategie terapeutiche.

1.6 Soluzioni emergenti

I recenti progressi della biotecnologia offrono soluzioni promettenti per le malattie genetiche:

- La **terapia genica** utilizza vettori virali per fornire copie sane di geni alle cellule alterate.





- **L'editing genetico CRISPR/Cas9** consente agli scienziati di modificare con precisione il DNA, correggendo le mutazioni alla fonte.
- **Le terapie a base di RNA** e le terapie cellulari mirano a ripristinare la normale produzione di proteine o a sostituire le cellule danneggiate.

Alcuni di questi approcci hanno già trovato applicazione clinica, dimostrando come le conoscenze genetiche di base possano portare a vere e proprie scoperte mediche.

1.7 Perché l'AR e la modellazione 3D sono importanti

I processi genetici come le mutazioni, il folding proteico e l'editing genetico avvengono a livello microscopico e non possono essere visti a occhio nudo. La Realtà Aumentata e la modellazione 3D rendono visibili questi processi invisibili, permettendo agli studenti di esplorare:

- il modo in cui la struttura delle proteine cambia a causa delle mutazioni,
- il modo in cui gli strumenti di editing genetico modificano il DNA,
- il modo in cui le anomalie cromosomiche influenzano le cellule.

Esempio: osservare l'emoglobina a forma di falce, simulare l'editing genetico (<https://www.delightex.com/edu/lesson-plans>).

La visualizzazione interattiva aiuta gli studenti a collegare i concetti genetici astratti con le conseguenze biologiche reali.

Domande di riflessione

- 1- Come può una singola alterazione nucleotidica portare a una grave patologia?
- 2- Perché è difficile somministrare la terapia genica alle cellule corrette?
- 3- Quali sono i recenti sviluppi della terapia genica che più promettenti e perché?

Eeguire

2. Soluzioni bio-ispirate alle malattie genetiche

In the Execute phase, students move from understanding genetic diseases to actively exploring. In questa fase, gli studenti passano dalla comprensione delle malattie genetiche all'esplorazione attiva di come la natura stessa ispiri soluzioni alle sfide genetiche. Gli organismi viventi hanno sviluppato meccanismi efficaci per proteggere, riparare e regolare le loro informazioni genetiche.





Studiando questi processi naturali, gli studenti possono comprendere meglio come la biotecnologia e la medicina moderne tentino di imitarli, rafforzarli o adattarli per trattare le malattie genetiche.

2.1 La bio-ispirazione nella riparazione e regolazione genetica

La natura tutela continuamente il DNA dai danni causati da radiazioni, agenti chimici ed errori di replicazione. Le cellule non sono sistemi passivi, ma monitorano e riparano attivamente il loro materiale genetico attraverso meccanismi altamente efficienti.

I principi chiave bio-ispirati includono:

- **Meccanismi di riparazione del DNA:** le cellule utilizzano sistemi di riparazione naturali per individuare e correggere le mutazioni, ispirando le moderne tecnologie di editing genetico.
- **Attivazione genetica selettiva:** non tutti i geni sono sempre attivi; le cellule regolano l'espressione genica in base all'ambiente, all'età e alla funzione.
- **Specializzazione e rigenerazione cellulare:** le cellule staminali dimostrano come le cellule danneggiate possano essere sostituite, ispirando la medicina rigenerativa e la terapia cellulare.
- **Tolleranza agli errori e adattamento:** alcuni organismi tollerano le variazioni genetiche e vi si adattano, offrendo spunti per la resilienza e la sopravvivenza a lungo termine.

Queste strategie naturali costituiscono il ponte concettuale tra i sistemi biologici e le soluzioni tecnologiche per le malattie genetiche.

2.2 Applicazione pratica attraverso l'apprendimento supportato dall'AR

Molti processi genetici avvengono a livello molecolare e non possono essere osservati direttamente. La Realtà Aumentata (AR) permette agli studenti di interagire con rappresentazioni dinamiche in 3D di DNA, geni, proteine e cellule, trasformando concetti astratti in esperienze di apprendimento tangibili.

Un'applicazione AR può essere di supporto a questa unità consentendo agli studenti di:

- Visualizzare la struttura del DNA e localizzare geni con mutazioni.
- Osservare come le mutazioni alterano la forma e la funzione delle proteine..
- Simulare i processi naturali di riparazione del DNA e confrontarli con le tecniche di editing genetico.





- Esplorare come i geni corretti ripristinano la normale funzione cellulare.

Gli strumenti AR consentono l'interazione in tempo reale, la visualizzazione 3D, il ridimensionamento e l'esplorazione passo dopo passo, supportando l'apprendimento esperienziale e basato sull'indagine.

2.3 Esercizi e attività suggeriti basati sulla AR

- **Esercizio 1: Riparazione del DNA - Imparare dalla natura**

Gli studenti esplorano con l'AR un esempio di alterazione del DNA causata da una mutazione. Attivano le vie naturali di riparazione del DNA e osservano come le cellule individuano e correggono gli errori. Gli studenti confrontano poi i meccanismi di riparazione naturale con le terapie geniche sviluppate dall'uomo, identificando somiglianze e differenze.

- **Esercizio 2: Struttura e funzione delle proteine**

Utilizzando la tecnologia AR, gli studenti possono interagire con modelli di proteine in 3D per confrontare proteine sane e mutate. Ruotando e zoomando sulle strutture molecolari, gli studenti osservano come piccoli cambiamenti genetici possano portare a grandi conseguenze funzionali, come il misfolding delle proteine.

- **Esercizio 3: Simulazione di editing genetico**

Gli studenti simulano un processo di editing genetico ispirato alla riparazione naturale del DNA. Selezionano un gene difettoso, applicano uno "strumento di riparazione" virtuale e osservano gli effetti prima e dopo sull'espressione genica e sul comportamento delle cellule. Questo esercizio sottolinea la precisione, i limiti e le riflessioni etiche.

- **Esercizio 4: Dalla cellula all'organismo**

Gli studenti seguono gli effetti di un gene corretto dalla singola cellula a livello di tessuto e di organo. La visualizzazione AR mostra come il ripristino di un gene possa migliorare la funzione di un organo, aiutando gli studenti a collegare gli eventi molecolari con i risultati della salute nel mondo reale.

- **Esercizio 5: Progettazione di un quiz AR: Malattie genetiche - sfide e soluzioni**

In questo esercizio, gli studenti **progettano e costruiscono un quiz interattivo basato sulla tecnologia AR** e incentrato sulle malattie genetiche, le loro cause, le sfide e le possibili soluzioni. Utilizzando **Delightex**, gli studenti creano un test che combina domande scientifiche con visualizzazioni 3D di DNA, geni, proteine e cellule.

Gli studenti sviluppano uno scenario per il test, scrivono domande a scelta multipla o basate su decisioni e collegano ogni domanda a modelli AR che dimostrano le mutazioni genetiche, il misfolding delle proteine e i risultati dell'editing genetico. Il quiz include un





sistema di punti e vite, in cui le risposte corrette fanno guadagnare punti e le scelte sbagliate riducono le vite, fornendo un feedback immediato e incoraggiando un ragionamento attento.

2.4 Ispirazione e rilevanza nel mondo reale

Queste attività supportate dall'AR sono utilizzate in tutto il mondo nell'insegnamento della genetica per aiutare gli studenti a:

- Comprendere processi molecolari complessi attraverso la visualizzazione.
- Sviluppare la capacità di risoluzione dei problemi testando diverse strategie di intervento.
- Impegnarsi in modo collaborativo discutendo i risultati e le scelte progettuali.
- Riflettere sulle implicazioni etiche e sociali delle tecnologie genetiche.

Combinando principi bio-ispirati con attività pratiche basate su AR, gli studenti sperimentano la genetica non come una teoria astratta, ma come un campo in evoluzione in cui i meccanismi naturali ispirano soluzioni cliniche innovative.

Potenziare

3. AR per un apprendimento e un coinvolgimento più profondi

Le malattie genetiche coinvolgono processi biologici complessi e invisibili che avvengono a livello molecolare e cellulare. Concetti come le mutazioni del DNA, il misfolding delle proteine, la regolazione genica e l'editing genetico sono difficili da comprendere appieno per gli studenti che utilizzano libri di testo tradizionali o immagini statiche. La Realtà Aumentata (AR) migliora significativamente il processo di apprendimento trasformando questi processi astratti in esperienze di apprendimento interattive, visive ed esperienziali.

3.1 Come l'AR favorisce la comprensione delle malattie genetiche

L'AR permette agli studenti di visualizzare meccanismi genetici che non possono essere osservati a occhio nudo. Interagendo con modelli 3D di DNA, geni, cromosomi e proteine, gli studenti





possono esplorare come piccoli cambiamenti genetici portino a conseguenze biologiche importanti. Questa visualizzazione spaziale e dinamica aiuta gli studenti a:

- Comprendere le relazioni di causa-effetto tra mutazioni e sintomi.
- Collegare gli eventi a livello molecolare ai risultati a livello di cellule, tessuti e organismi.
- Cogliere processi complessi come l'editing genico e la riparazione del DNA passo dopo passo.

Invece di memorizzare le definizioni, gli studenti esplorano attivamente come si sviluppano le malattie genetiche e come le soluzioni moderne cercano di affrontarle.

3.2 Rendere accessibili e coinvolgenti concetti complessi

L'AR riduce il sovraccarico cognitivo suddividendo i complessi processi genetici in fasi visive gestibili. Gli studenti possono ruotare, zoomare e isolare strutture specifiche, concentrandosi così su un concetto alla volta. Questo approccio supporta diversi stili di apprendimento e rende gli argomenti di biotecnologia avanzata accessibili agli studenti della scuola secondaria.

L'interazione e l'esplorazione aumentano ulteriormente il coinvolgimento. I compiti basati su AR incoraggiano la curiosità, la sperimentazione e la discussione, trasformando gli studenti in partecipanti attivi piuttosto che in destinatari passivi di informazioni.

3.3 Esempio di uno strumento AR utile (Deligtex)

Delightex è uno strumento particolarmente efficace per la didattica della genetica. Consente agli studenti non solo di esplorare i contenuti AR, ma anche di creare i propri materiali didattici interattivi. Attraverso Delightex, gli studenti possono progettare test basati sulla AR, simulazioni e spiegazioni visive di malattie genetiche, rafforzando la comprensione attraverso la creazione e la riflessione.

3.4 Suggerimenti pratici per integrare l'AR nell'esperienza di apprendimento

Per rafforzare il legame degli studenti con l'argomento e sostenere un'efficace acquisizione di conoscenze, l'AR può essere integrata nei seguenti modi:

- **Apprendimento basato sull'esplorazione:** utilizzare l'AR per introdurre le mutazioni genetiche e visualizzarne gli effetti prima delle spiegazioni formali.





- **Simulazione e sperimentazione:** consentire agli studenti di testare diversi scenari di editing genetico o di riparazione e di osservare i risultati in un ambiente privo di rischi.
- **Valutazione basata su AR:** sostituire o integrare i test tradizionali con quiz basati su AR o test AR creati dagli studenti che valutano la comprensione attraverso l'applicazione.
- **Apprendimento collaborativo:** incoraggiare gli studenti a lavorare in gruppo per progettare, testare e migliorare gli scenari di apprendimento basati sulle AR, favorendo la comunicazione e l'apprendimento tra pari.
- **Riflessione ed etica:** utilizzare gli scenari di AR come punto di partenza per discussioni sulle sfide etiche, sociali e tecnologiche legate agli interventi genetici.

Integrando l'AR nella didattica della genetica, l'apprendimento diventa più significativo, memorabile e motivante. L'AR favorisce una comprensione concettuale più profonda, aumenta il coinvolgimento e consente agli studenti di collegare la teoria biologica alle sfide mediche del mondo reale. In questa unità, l'AR non funziona solo come strumento di visualizzazione, ma come ponte tra biologia, tecnologia e innovazione responsabile.

Conclusioni

Questa unità di apprendimento ha esplorato le malattie genetiche come sfide biologiche complesse causate da cambiamenti nel DNA e nella funzione dei geni. Gli studenti hanno sviluppato una comprensione fondamentale di come nascono le mutazioni genetiche, del perché sono difficili da diagnosticare e da trattare e di come la natura stessa offra ispirazione per riparare e controllare le informazioni genetiche. Esaminando i meccanismi bio-ispirati come la riparazione del DNA, la regolazione dei geni e la rigenerazione cellulare, gli studenti hanno collegato la teoria biologica alle sfide cliniche del mondo reale.

La Realtà Aumentata ha svolto un ruolo fondamentale nel trasformare i processi genetici astratti in esperienze di apprendimento accessibili e coinvolgenti. Attraverso visualizzazioni interattive in 3D e la creazione di test basati su AR, gli studenti sono andati oltre l'apprendimento passivo per esplorare, applicare e comunicare attivamente le loro conoscenze. Questo approccio ha rafforzato la comprensione concettuale, incoraggiato il pensiero critico e messo in evidenza le dimensioni etiche e sociali delle tecnologie genetiche emergenti. In definitiva, l'unità dimostra come la combinazione di biologia, bio-ispirazione e strumenti digitali immersivi possa consentire agli studenti di comprendere meglio le malattie genetiche e di immaginare soluzioni innovative per il futuro.





Fase	Descrizione
Esplora	Ricerca e scoperta: gli studenti esplorano i principi fondamentali della genetica, tra cui la struttura del DNA, i geni, le mutazioni e le anomalie cromosomiche. Analizzano come nascono le malattie genetiche, la loro incidenza a livello mondiale e gli esempi di vita reale per comprendere la rilevanza biologica e sociale dell'argomento.
	Sviluppo dei contenuti: gli insegnanti forniscono materiali didattici accessibili come brevi testi, immagini, infografiche e video introduttivi che spiegano le malattie genetiche, i tipi di mutazione e le conseguenze biologiche. I contenuti si concentrano sulla comprensione concettuale piuttosto che sui dettagli clinici.
	Analisi dei bisogni: le conoscenze pregresse degli studenti in materia di genetica e biotecnologia vengono valutate attraverso discussioni o brevi domande esplicative per identificare eventuali lacune e adattare di conseguenza il ritmo e l'intensità dell'apprendimento.
Eseguire	- Implementazione del programma: concetti ispirati alla biotecnologia, come la riparazione del DNA, la regolazione genica e la rigenerazione cellulare, sono collegati alle moderne soluzioni genetiche. Le lezioni orientano gli studenti dalla comprensione dei meccanismi naturali all'applicazione di queste conoscenze attraverso attività pratiche supportate dall'AR.
	Esercizi interattivi: gli studenti partecipano ad attività basate sull'AR che esplorano anomalie al DNA, il malfunzionamento delle proteine, l'editing genetico e i risultati biologici. Un'attività chiave prevede la progettazione e la creazione di un test AR su Delightex , trasformando le conoscenze scientifiche in contenuti di valutazione interattivi.
	Raccolta di feedback: la revisione tra pari, le discussioni di gruppo e il feedback dell'insegnante vengono utilizzati per valutare gli esercizi con l'AR e i progetti di test degli studenti, favorendo la riflessione e il miglioramento iterativo.
Potenziare	Integrazione AR: la Realtà Aumentata viene utilizzata per visualizzare processi genetici invisibili, come le mutazioni, il folding proteico e la correzione genica, rendendo tangibili e comprensibili meccanismi biologici astratti.
	Apprendimento interattivo: gli studenti interagiscono attivamente con i modelli 3D, simulano i processi biologici ed esplorano le relazioni causa-effetto, spostando l'apprendimento dalla ricezione passiva all'esplorazione esperienziale.





Contenuti gamificati:

- **Punti e riconoscimenti:** gli studenti guadagnano punti e riconoscimenti digitali completando esercizi di AR, identificando correttamente le mutazioni e elaborando domande accurate per i test con l'AR.
- **Classifiche:** le classifiche (facoltative) possono essere utilizzate per incoraggiare la motivazione e la competizione amichevole in base al completamento delle attività o alle prestazioni nei quiz.
- **Missioni e livelli:** le attività di apprendimento sono strutturate come missioni progressive, che passano dai concetti genetici basilari alle soluzioni bio-ispirate avanzate e alla creazione di test.
- **Premi per l'esplorazione:** punti bonus o contenuti nascosti vengono sbloccati quando gli studenti esplorano ulteriori modelli AR o studiano scenari genetici avanzati.
- **Attività collaborative gamificate:** gli studenti lavorano in team per co-elaborare le domande del test AR, rivedere il lavoro dei compagni e risolvere collettivamente le attività genetiche.

Valutazioni basate su AR: la valutazione avviene attraverso quiz basati sulla tecnologia AR e test AR creati dagli studenti, che consentono agli studenti di dimostrare la propria comprensione applicando le conoscenze, visualizzando i processi biologici e spiegando le sfide e le soluzioni genetiche in un formato interattivo.





Riferimenti

- MedlinePlus Genetics. *What are genetic disorders?* U.S. National Library of Medicine. <https://medlineplus.gov/genetics>
- Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2014). *The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9*. Science, 346(6213). <https://science.sciencemag.org>
- Collins, F. S., & Varmus, H. (2015). *A new initiative on precision medicine*. New England Journal of Medicine, 372, 793–795.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K–12 Science Education*. The National Academies Press.
- European Commission. *Ethics of genetic technologies and genome editing*. <https://ec.europa.eu>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). *Augmented reality for STEM learning: A systematic review*. Computers & Education, 123, 109–123.
- Radu, I. (2014). *Augmented reality in education: A meta-review*. Educational Psychology Review, 26(2), 153–176.
- Delightex. *AR learning and assessment tools for education*. <https://www.delightex.com/edu>
- Cleveland Clinic. (2025). *Genetic disorders: What are they, types, symptoms & causes*. <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. Y., de Montalembert, M., Rondelli, D., Sharma, A., Sheth, S., Steinberg, M. H., Vichinsky, E., ... Corbacioglu, S. (2021). CRISPR-Cas9 gene editing for sickle cell disease and β -thalassemia. *New England Journal of Medicine*, 384(3), 252–260. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2031054>
- Liang, P., Song, F., Xu, J., Zhang, X., Wang, Y., & Huang, J. (2024). CRISPR–Cas9 gene editing: Curing genetic diseases by repairing the genetic code. *Journal of Nanobiotechnology*, 22(1), Article 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). Efficacy and safety of voretigene neparvovec (AAV2-hRPE65v2) in patients with RPE65-mediated inherited retinal dystrophy: A randomised, controlled, open-label, phase 3 trial. *The 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. (n.d.). *How are genetic conditions treated or managed?* <https://medlineplus.gov/genetics/understanding/consult/treatment/>
- National Center for Biotechnology Information. (2020). *Advances in CRISPR/Cas-based gene therapy in human genetic diseases*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7150498/>





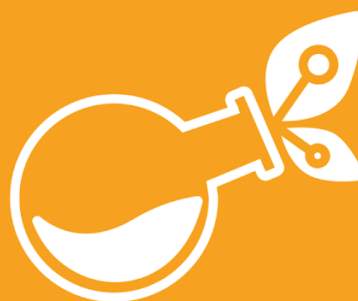
AI-based tools (ChatGPT, Perplexity AI, and NotebookLM) were used to support content drafting, research synthesis, and organization of source materials during the development of this learning unit:

- OpenAI. *ChatGPT* (large language model). <https://chat.openai.com>
- *Perplexity AI* [AI-powered search and research assistant]. <https://www.perplexity.ai>
- Google *NotebookLM* [AI-powered research and note-taking tool]. <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.