

First Page



Co-funded by
the European Union

I rischi dell'editing genetico: cosa potrebbe andare storto?



BIOS4YOU
AR 2.0

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

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

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



CEIPES Eduact

Body



Sommario

Introduzione:.....	4
1: Esplora.....	5
Come funziona l'editing genetico.....	5
preoccupazioni etiche.....	7
Il ruolo dell'istruzione e del dialogo pubblico.....	8
2: Eseguire.....	9
3: Migliorare.....	10
Conclusione:.....	12
Riferimenti.....	14





Co-funded by
the European Union



Project Number: 2023-I-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."



Argomento generale del percorso di apprendimento	Ingegneria genetica e tecnologia CRISPR
Nome specifico dell'unità di apprendimento	I rischi dell'editing genetico: cosa potrebbe andare storto?
Età degli utenti target	14-18 anni
Requisiti per lo studente	Conoscenze di base di genetica e biologia, comprensione dei processi scientifici e interesse per le questioni etiche legate alle tecnologie moderne.
Descrizione dell'unità di apprendimento	Questa unità didattica esplora i rischi e le sfide etiche dell'editing genetico, con particolare attenzione alla tecnologia CRISPR. Gli studenti indagano su come le modifiche genetiche possano influenzare gli esseri umani, gli ecosistemi e le generazioni future. Attraverso letture, discussioni, casi di studio e attività di Realtà Aumentata (RA), gli studenti esaminano le conseguenze indesiderate dell'editing genetico e riflettono sulla responsabilità scientifica. L'unità incoraggia il pensiero critico, la consapevolezza etica e un processo decisionale informato sulle biotecnologie emergenti.
Oggetto: Parti coinvolte	Insegnanti di biologia, educatori di etica, studenti, personale di supporto alla tecnologia AR
Parole chiave	CRISPR, editing genetico, biotecnologia, bioetica, genoma, mutazione, ingegneria genetica,





	conseguenze indesiderate, realtà aumentata nell'istruzione
Qualifiche chiave, competenze e conoscenze che possono essere acquisite	• Capire come funzionano CRISPR e l'editing genetico • Consapevolezza dei rischi e delle conseguenze indesiderate della modifica genetica • Capacità di identificare le questioni etiche nella biotecnologia • Pensiero critico su scienza e società • Utilizzo di strumenti di realtà aumentata per esplorare processi biologici complessi • Capacità di comunicazione, collaborazione e dibattito
Risorse e supporti didattici utilizzati	• Applicazioni di realtà aumentata (ad esempio Human Genome AR, ARGV – Augmented Reality Gene View) • Video didattici che spiegano la tecnologia CRISPR • Casi di studio sull'editing genetico negli esseri umani e negli ecosistemi • Schede di lavoro, diari di riflessione e mappe decisionali etiche • Attività di discussione e dibattito di gruppo
Criteri di valutazione e valutazione	Partecipazione attiva a discussioni e simulazioni. Completamento di attività interattive basate sulla realtà aumentata. Presentazioni di gruppo su rischi e preoccupazioni etiche. Quiz su concetti scientifici e questioni etiche.





Introduzione:

L'editing genetico è una potente tecnologia scientifica che consente agli scienziati di modificare il DNA. Uno degli strumenti di editing genetico più noti è CRISPR-Cas9, che funziona come una forbice molecolare e può tagliare il DNA in un punto specifico (Doudna & Sternberg, 2017). Gli scienziati possono quindi rimuovere, modificare o aggiungere materiale genetico.

L'editing genetico offre molti possibili benefici. Può aiutare a curare malattie genetiche, migliorare le colture e supportare la ricerca scientifica (Lander, 2015). Tuttavia, questa tecnologia solleva anche seri interrogativi. Cosa succederebbe se l'editing genetico causasse cambiamenti inaspettati? E se questi cambiamenti influenzassero le generazioni future o interi ecosistemi?

L'editing genetico ha un grande potenziale, ma comporta anche dei rischi. Questa unità aiuta gli studenti a comprendere sia i principi scientifici alla base dell'editing genetico sia i possibili pericoli connessi al suo utilizzo.





1: Esplora

Come funziona l'editing genetico

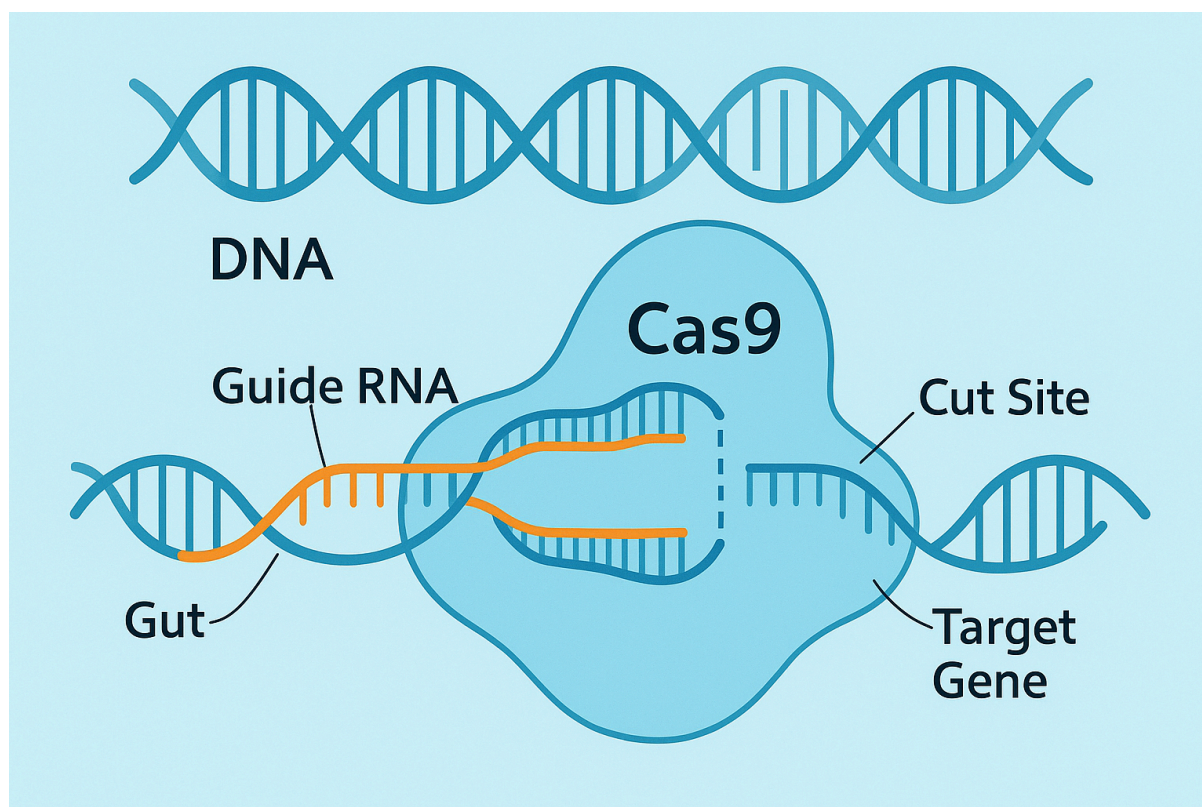


Figura 1. Diagramma semplificato della modifica di un filamento di DNA all'interno di una cellula umana tramite CRISPR-Cas9.

L'editing genetico è un moderno metodo biotecnologico che consente agli scienziati di modificare il DNA. Uno degli strumenti più importanti per l'editing genetico è CRISPR-Cas9. Questa tecnologia è stata adattata da un sistema di difesa naturale presente nei batteri (Doudna & Sternberg, 2017).

CRISPR-Cas9 funziona come una forbice molecolare. Taglia il DNA in un punto specifico. Dopo il taglio, gli scienziati possono rimuovere, sostituire o aggiungere





materiale genetico. In questo modo, possono modificare i tratti genetici di piante, animali o esseri umani.

L'editing genetico offre numerosi possibili benefici. Gli scienziati hanno utilizzato CRISPR per studiare trattamenti per malattie genetiche come l'anemia falciforme e la distrofia muscolare (Lander, 2015). In agricoltura, l'editing genetico può aiutare le colture a diventare più resistenti a parassiti, siccità o malattie. Alcuni ricercatori hanno anche suggerito di utilizzare l'editing genetico per ridurre le popolazioni di zanzare che diffondono malattie come la malaria.

Tuttavia, l'editing genetico comporta anche seri rischi. Uno dei problemi principali sono gli effetti off-target, ovvero quando CRISPR taglia la parte sbagliata del DNA. Ciò può causare alterazioni genetiche indesiderate che possono essere dannose (UNESCO, 2021). Questi effetti potrebbero non manifestarsi immediatamente e potrebbero persino essere trasmessi alle generazioni future se gli embrioni vengono modificati.

Un altro rischio è legato al modo in cui i geni interagiscono tra loro. Un singolo gene spesso ha diverse funzioni. Modificare un gene per risolvere un problema può influenzare accidentalmente altri processi importanti dell'organismo, portando a conseguenze inaspettate.

Uno dei casi più controversi si è verificato nel 2018, quando uno scienziato cinese ha annunciato la nascita di bambini geneticamente modificati. Gli embrioni erano stati modificati per renderli resistenti all'HIV. Ciò ha causato forti critiche a livello internazionale perché gli effetti a lungo termine sulla salute erano sconosciuti e i bambini non potevano dare il loro consenso informato (Cyranski, 2019). La comunità scientifica ha descritto l'esperimento come immorale e irresponsabile.

Oltre ai rischi scientifici, l'editing genetico solleva interrogativi etici e sociali. Tutti avranno pari accesso a questa tecnologia o solo le persone benestanti? Il miglioramento genetico potrebbe aumentare la disuguaglianza o la discriminazione? Queste preoccupazioni dimostrano perché l'editing genetico debba essere attentamente controllato e discusso dalla società.





preoccupazioni etiche

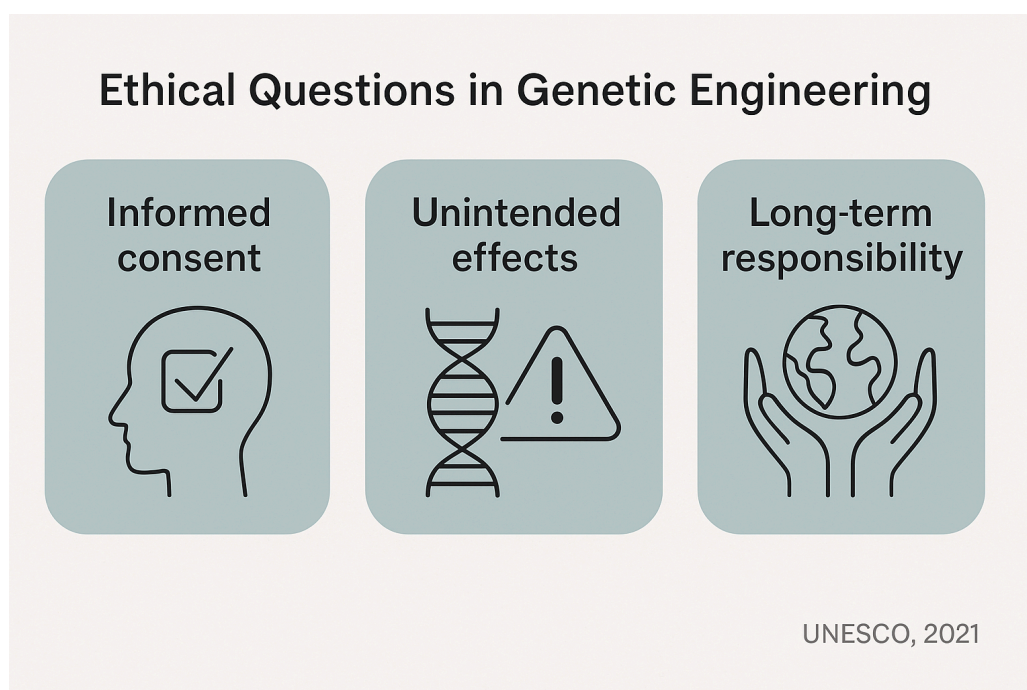


Figura 2. Le questioni etiche nell'ingegneria genetica includono il consenso informato, gli effetti indesiderati e la responsabilità a lungo termine (UNESCO, 2021).

Oltre ai rischi biologici, l'editing genetico solleva anche serie preoccupazioni etiche. Una delle domande importanti è l'equo accesso. L'editing genetico sarà accessibile a tutti o solo ai ricchi? Se solo alcuni gruppi possono permettersi trattamenti o miglioramenti genetici, ciò potrebbe creare una divisione genetica di classe nella società.





Un'altra preoccupazione riguarda l'idea dei bambini progettati su misura. Sebbene l'editing genetico possa contribuire a prevenire gravi malattie genetiche, alcuni temono che i genitori possano voler scegliere caratteristiche come l'aspetto, l'intelligenza o la forza fisica. Ciò potrebbe aumentare la discriminazione e mettere sotto pressione la società affinché dia più valore ad alcuni tratti genetici rispetto ad altri.

Ci sono anche importanti questioni relative a regole e responsabilità. Gli scienziati dovrebbero essere autorizzati a modificare gli embrioni umani? Chi dovrebbe decidere quali tipi di editing genetico sono accettabili? Governi, scienziati e organizzazioni internazionali svolgono tutti un ruolo, ma leggi chiare e linee guida etiche sono ancora in fase di elaborazione.

Poiché gli effetti dell'editing genetico possono durare per generazioni, gli scienziati devono riflettere sulla responsabilità a lungo termine. Le decisioni prese oggi potrebbero avere ripercussioni sui bambini, sugli ecosistemi e sulle società del futuro. Per questo motivo, l'educazione e il dibattito pubblico sono essenziali per aiutare le persone a comprendere sia i benefici che i rischi dell'editing genetico (UNESCO, 2021).

Il ruolo dell'istruzione e del dialogo pubblico

Per i giovani d'oggi è importante capire come funziona l'editing genetico, non solo i principi scientifici che lo sostengono, ma anche le questioni etiche che solleva. L'editing genetico può influenzare molti aspetti del futuro: il cibo che mangiamo, i farmaci che utilizziamo e il modo in cui la società concepisce la salute, l'equità e la responsabilità.

Scuole, musei e strumenti digitali possono contribuire a rendere più comprensibili questi concetti complessi. Le tecnologie di Realtà Aumentata (AR) sono particolarmente utili perché permettono agli studenti di vedere ciò che normalmente rimane invisibile. Ad esempio, un'app di AR può mostrare come il DNA viene modificato all'interno di una cellula o come la modifica di un gene possa influenzare un intero organismo.





Quando gli studenti apprendono attraverso strumenti interattivi, la scienza diventa più reale e significativa. L'istruzione e la discussione aperta aiutano i giovani a diventare cittadini informati, in grado di partecipare attivamente alle decisioni importanti sulle nuove tecnologie e sul loro impatto sulla società (UNESCO, 2021).

2: Eseguire

In questa fase, gli studenti mettono in pratica quanto appreso sull'editing genetico partecipando ad attività pratiche basate sulla tecnologia. Strumenti di Realtà Aumentata (AR) come ARGV (Augmented Reality Gene View) e Human Genome AR vengono utilizzati per aiutare gli studenti a esplorare i processi genetici in modo visivo e interattivo.

Gli studenti iniziano con attività basate su scenari, in cui analizzano situazioni fittizie ma realistiche che coinvolgono l'editing genetico. Ad esempio, potrebbero prendere in considerazione la modifica del DNA di un embrione umano per prevenire una malattia genetica, la modifica delle colture per sopravvivere ai cambiamenti climatici o la modifica delle popolazioni animali per ridurre la diffusione di malattie. Con ARGV, gli studenti possono visualizzare sequenze geniche, simulare il processo CRISPR-Cas9 ed esplorare i possibili risultati delle modifiche genetiche. Questo li aiuta a collegare i metodi scientifici con il processo decisionale etico.

Un'attività chiave in classe è un gioco di ruolo con un comitato di bioetica. Ogni studente ha un ruolo, ad esempio uno scienziato, un esperto di etica, un politico o un paziente. Lavorando in gruppo, gli studenti discutono casi di studio CRISPR e decidono se un'azione di editing genetico debba essere consentita. Gli strumenti di realtà aumentata supportano queste discussioni mostrando quali geni sono interessati e quali conseguenze potrebbero avere diverse decisioni. Questa attività sviluppa capacità comunicative, di collaborazione e di pensiero critico.

Un altro compito di gruppo è la creazione di un "Passaporto di Impatto Etico" per un progetto fittizio di editing genetico. Gli studenti lavorano in team per descrivere i





benefici, i rischi e le conseguenze sociali dell'intervento genetico da loro proposto. Le immagini di realtà aumentata aiutano gli studenti a spiegare chiaramente le loro idee e a rendere le loro presentazioni più coinvolgenti per i compagni di classe.

Durante l'unità, le simulazioni di realtà aumentata sono abbinate a schede di riflessione. Gli studenti annotano le loro osservazioni, previsioni e preoccupazioni etiche mentre interagiscono con i modelli di DNA. Questo incoraggia una comprensione più profonda e aiuta gli studenti a riflettere criticamente sugli effetti a lungo termine dell'editing genetico sugli esseri umani, sugli ecosistemi e sulle generazioni future. Noi.

3: Migliorare

Strumenti di Realtà Aumentata come ARGV e Human Genome AR migliorano ulteriormente l'apprendimento trasformando concetti genetici astratti in esperienze visive e interattive. Queste tecnologie aiutano gli studenti a passare dalla teoria a una comprensione più approfondita, rendendo più facili da vedere ed esplorare i processi biologici invisibili.

Con ARGV, gli studenti possono ingrandire modelli 3D di cromosomi, ruotarli e osservare passo dopo passo il processo di editing genetico. Questo approccio immersivo supporta l'apprendimento visivo e spaziale e aiuta gli studenti a comprendere come CRISPR agisca su specifiche regioni del DNA. Mostra anche cosa può accadere quando l'editing genetico non funziona come previsto, ad esempio a causa di mutazioni off-target, in cui parti indesiderate del DNA vengono modificate.

La realtà aumentata sul genoma umano completa questa esperienza consentendo agli studenti di esplorare i geni associati a determinati tratti o malattie. Gli studenti sono incoraggiati a porre domande critiche, come:





- Questo gene dovrebbe essere modificato?
- Cosa potrebbe succedere se questo gene venisse rimosso o modificato?

Queste domande danno origine a discussioni bioetiche significative, in cui gli studenti lavorano insieme, condividono opinioni e riflettono sulle conseguenze sociali e biologiche dell'editing genetico. Ciò rafforza sia la comprensione scientifica che il pensiero collaborativo.

Per aumentare la motivazione, gli insegnanti possono includere elementi di gamification nelle attività di realtà aumentata:

- Gli studenti guadagnano punti o badge per aver completato le attività di editing genetico senza causare effetti indesiderati.
- Le classifiche incoraggiano gli studenti a migliorare sia l'accuratezza scientifica sia il ragionamento etico.
- Le missioni possono riguardare la progettazione di soluzioni di editing genetico sicure ed eticamente accettabili e la loro spiegazione mediante modelli di realtà aumentata.
- Le sfide di squadra promuovono la cooperazione, il dibattito e il processo decisionale responsabile.

Anche le valutazioni basate sulla realtà aumentata svolgono un ruolo importante. Invece di limitarsi a rispondere a domande scritte, gli studenti interagiscono con modelli 3D per dimostrare la loro comprensione. Il feedback immediato li aiuta a imparare dagli errori, migliora la memorizzazione e rafforza la fiducia in se stessi. L'apprendimento diventa un processo attivo di scoperta piuttosto che di memorizzazione passiva.

Integrando gli strumenti di realtà aumentata in questo modo, gli educatori aiutano gli studenti a collegare biologia, etica e tecnologia, creando un'esperienza di apprendimento significativa e coinvolgente.





Conclusione:

In questa unità didattica, gli studenti hanno esplorato sia il potere scientifico che la responsabilità etica dell'editing genetico. Hanno appreso i principi fondamentali della tecnologia CRISPR, le sue applicazioni in medicina e agricoltura e i potenziali rischi legati alla modifica genetica, come mutazioni indesiderate e conseguenze a lungo termine (Doudna & Sternberg, 2017; UNESCO, 2021). Questi argomenti riflettono direttamente le preoccupazioni introdotte all'inizio dell'unità in merito a sicurezza, responsabilità e risultati imprevisti.

Strumenti di Realtà Aumentata come ARGV e Human Genome AR hanno arricchito l'esperienza di apprendimento rendendo visibili e più facili da comprendere i processi genetici invisibili. Interagendo con modelli di DNA, gli studenti hanno potuto collegare concetti scientifici astratti con esempi concreti e questioni etiche.

Attraverso simulazioni, discussioni basate su scenari e giochi di ruolo etici, gli studenti hanno sviluppato capacità di pensiero critico e una maggiore consapevolezza bioetica. Hanno acquisito una comprensione più approfondita di come l'editing genetico possa influire sulla salute umana, sugli ecosistemi e sulle generazioni future, rafforzando l'idea che il progresso scientifico debba essere guidato da un'attenta riflessione e da un processo decisionale informato (Cyranski, 2019; UNESCO, 2021).





Nel complesso, questa unità incoraggia gli studenti a riflettere criticamente sul ruolo dell'ingegneria genetica nella società. Combinando biologia, etica e tecnologia AR, prepara gli studenti ad affrontare con consapevolezza le sfide del mondo reale e a partecipare a dibattiti in corso sull'uso responsabile delle tecnologie di editing genetico in futuro.

Fase	Descrizione
Esplorare	- Gli studenti esplorano i concetti di base del DNA, CRISPR-Cas9 e dell'editing genetico attraverso brevi video, infografiche e letture scientifiche adattate.
	- Gli insegnanti hanno introdotto condurre studi di casi reali (ad esempio, bambini geneticamente modificati o esperimenti ecologici di editing genetico) per evidenziare potenziali rischi, benefici e dilemmi etici correlati all'editing genetico.
	- Gli insegnanti valutano le conoscenze pregresse e le idee sbagliate degli studenti utilizzando brevi quiz, attività di brainstorming o discussioni guidate per adattare l'insegnamento alle esigenze degli studenti.
Eseguire	- Implementazione del curriculum: Gli studenti prendono parte a lezioni strutturate che integrano ARGV e Human Genome AR per simulare processi di editing del DNA ed esplorare dilemmi etici in modo interattivo.
	- Esercizi interattivi: Gli studenti partecipano ad analisi di casi basati sulla realtà aumentata, simulano scenari di editing genetico e si impegnano in dibattiti di ruolo di bioetica. Queste attività aiutano gli studenti ad applicare le conoscenze scientifiche a situazioni di vita reale.
	- Raccolta feedback: feedback tra pari e feedback durante le discussioni di gruppo e le sessioni di riflessione condotte dagli insegnanti vengono utilizzati per supportare un pensiero etico più profondo e una riflessione personale.
Migliorare	- Integrazione AR: ARGV e Human Genome AR vengono utilizzati per proiettare modelli di genoma modificabili, ingrandire i filamenti di DNA e simulare modifiche CRISPR in ambienti di apprendimento sicuri e controllati.
	- Apprendimento interattivo: gli studenti completano attività AR autogestite che aiutano a visualizzare le conseguenze delle modifiche genetiche e a identificare i tratti genetici che potrebbero essere a rischio.
	Per aumentare la motivazione e il coinvolgimento vengono aggiunti elementi di gamification: Punti e distintivi: Conferito per aver correttamente identificato gli effetti off-target o per aver proposto usi responsabili dell'editing genetico. Classifiche: Gli studenti procedono attraverso scenari che vanno dalla riparazione genetica di base al processo decisionale bioetico complesso. Missioni e livelli: Gli studenti superano sfide che richiedono accuratezza scientifica e ragionamento etico. Ricompense per l'esplorazione: Ulteriori contenuti AR vengono sbloccati dopo aver completato le attività di riflessione o i report di gruppo. Attività collaborative gamificate: Il team lavora insieme per sviluppare politiche equilibrate di editing genetico, utilizzando strumenti di realtà aumentata come supporto visivo.
	Valutazioni basate sulla realtà aumentata: La valutazione include screenshot AR annotati, brevi riflessioni registrate all'interno dell'app e portfolio digitali che combinano spiegazioni scientifiche con analisi etiche.





Riferimenti

Cyranoski, D. (2019). *Lo scandalo CRISPR-baby: cosa riserva il futuro all'editing genetico umano*. **Natura**, 566(7745), 440–442. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00673-1>

Doudna, J.A. e Sternberg, S.H. (2017). *Una crepa nella creazione: l'editing genetico e l'impensabile potere di controllare l'evoluzione*. Houghton Mifflin Harcourt.

Lander, E. S. (2015). Un nuovo genoma coraggioso. *Il New England Journal of Medicine*, 373(1), 5–8. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1506446>

UNESCO. (2021). *Etica dell'editing del genoma*. Pubblicazione UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371399>

Genoma umano AR. (n.d.). *Applicazione AR del genoma umano*. Disponibile su App Store e Google Play.

ARGV – Visualizzazione genetica in realtà aumentata. (n.d.). *ARGV: Visualizzazione genetica in realtà aumentata*. <https://www.argv-ar.com/>





Co-funded by
the European Union

Kurzgesagt – In poche parole. (2016). *CRISPR spiegato: editing genetico e DNA* [Video].
YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=MnYppmstxls>

HHMI BioInteractive. (n.d.). *Meccanismo e applicazioni
CRISPR-Cas9*. <https://www.biointeractive.org/>

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."



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.