



Co-funded by
the European Union

Organi coltivati in laboratorio: si può stampare un cuore nuovo?



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."



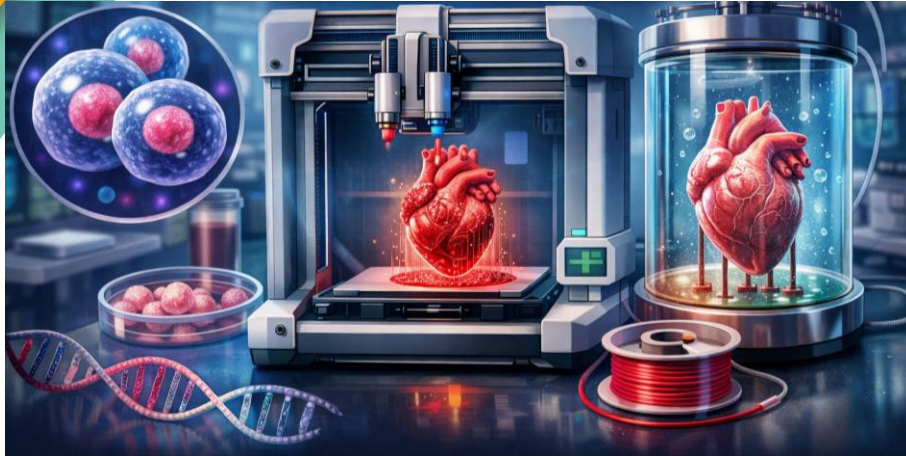
CEIPES Eduact



CONTENUTI

Introduzione	3
Esplorare: rigenerazione naturale e riproduzione di organi bio-ispirati	3
1.1 Come il corpo si ripara da solo: la rigenerazione in natura.....	3
1.2 Cellule staminali: l'elemento costitutivo della medicina rigenerativa	4
1.3 Dalle cellule ai tessuti: come si formano le strutture viventi	4
1.4 Bio-ispirazione e biostampa 3D	4
1.5 È possibile stampare un cuore umano?	5
1.6 Domande per la riflessione	6
Eseguire.....	6
2. Applicare i principi bio-ispirati agli organi coltivati in laboratorio.....	6
2.1 Bio-ispirazione: imparare dalla rigenerazione naturale.....	6
2.2 Come la Realtà Aumentata supporta gli obiettivi di apprendimento	6
2.3 Attività pratiche (panoramica)	7
Potenziare.....	8
3. Rafforzare la comprensione della medicina rigenerativa attraverso la Realtà Aumentata.....	8
3.1 Come l'AR rafforza l'apprendimento degli organi coltivati in laboratorio	9
3.2 Delightex Edu come strumento per un apprendimento potenziato dalla tecnologia AR.....	9
3.3 Favorire il coinvolgimento attraverso la gamification e l'interazione	10
3.4 Riflessione e valutazione basate su AR.....	10
Conclusioni	11
Riferimenti.....	14





Questa immagine è stata generata utilizzando strumenti di generazione di immagini basati sull'intelligenza artificiale a scopo didattico e illustrativo.





Argomento generale del percorso di apprendimento	Biotecnologia e medicina rigenerativa
Nome specifico dell'unità di apprendimento	Organi coltivati in laboratorio: si può stampare un cuore nuovo?
Età degli utenti target	14-18 anni
Requisiti necessari per gli studenti	• Conoscenza di base della biologia umana (cellule, tessuti, organi). • Conoscenza digitale di base e dimestichezza con computer, tablet o smartphone. • Accesso a un dispositivo collegato a Internet. • Non è richiesta alcuna conoscenza preliminare di bioingegneria, cellule staminali o Realtà Aumentata.
Descrizione dell'unità di apprendimento	Questa unità didattica introduce gli studenti al campo emergente della medicina rigenerativa, con particolare attenzione agli organi coltivati in laboratorio e alle tecnologie di biostampa 3D. Attraverso un approccio STEM bio-ispirato e l'uso della Realtà Aumentata, gli studenti esplorano come le cellule viventi possano essere utilizzate per riparare o sostituire tessuti e organi danneggiati. L'unità combina i concetti scientifici con attività di apprendimento interattive basate sulla Realtà Aumentata, utilizzando Delightex Edu, aiutando gli studenti a comprendere sia i principi biologici che le sfide tecnologiche alla base dell'ingegneria degli organi.
Argomenti e destinatari	Biologia, biotecnologia, tecnologia, ingegneria, alfabetizzazione digitale, didattica STEM
Parole chiave	Medicina rigenerativa, cellule staminali, organi coltivati in laboratorio, biostampa 3D, ingegneria tissutale, bio-ispirazione, Realtà aumentata (AR), Delightex Edu
Conoscenze, abilità e competenze chiave che possono essere acquisite	• Comprendere i principi di base della medicina rigenerativa e della biologia delle cellule staminali. • Consapevolezza di come le tecnologie bio-ispirate siano utilizzate per la crescita di tessuti e organi. • Pensiero critico sulle sfide etiche, mediche e tecnologiche. • Alfabetizzazione digitale e scientifica attraverso l'esplorazione basata sulla tecnologia AR. • Collegare la biologia alle innovazioni mediche del mondo reale.
Risorse e supporti didattici utilizzati	• Dispositivi mobili o tablet che supportano le funzionalità AR. • Computer con accesso a Internet.





	• Delightex Edu, piattaforma AR/VR. • Modelli 3D di cellule, tessuti e organi. • Materiale di supporto preparato dall'insegnante (testi, immagini, video).
Criteri di giudizio e valutazione	• Partecipazione a discussioni e attività basate sull'AR. • Completamento di attività ed esercizi interattivi. • Capacità di spiegare i concetti chiave relativi agli organi coltivati in laboratorio e alla bioingegneria. • Discussione riflessiva e feedback formativo.

Introduzione

Questa unità didattica esplora il modo in cui gli scienziati utilizzano tecnologie bio-ispirate, come le cellule staminali e la biostampa 3D, per coltivare organi in laboratorio. Combinando biologia, tecnologia e Realtà Aumentata, gli studenti capiscono come gli organi coltivati in laboratorio potrebbero trasformare la medicina moderna e affrontare le sfide sanitarie del mondo reale.

Esplorare: rigenerazione naturale e riproduzione di organi bio-ispirati

In questa sezione gli studenti vengono introdotti alle basi scientifiche della medicina rigenerativa e degli organi coltivati in laboratorio. Esplorano come la natura si ripara da sola, come gli scienziati usano le cellule staminali per rigenerare i tessuti e come le tecnologie bioispirate, come la biostampa 3D, mirano a ricreare organi umani complessi.

Questa fase fornisce le conoscenze di base necessarie per comprendere le potenzialità e i limiti della stampa di organi.

1.1 Come il corpo si ripara da solo: la rigenerazione in natura

Gli organismi viventi hanno una capacità naturale di riparare e rigenerare i tessuti danneggiati. La pelle umana guarisce dopo una lesione, le ossa possono ricrescere dopo una frattura e alcuni animali, come le salamandre, possono rigenerare interi arti.

Questa rigenerazione naturale è possibile perché:

- le cellule possono dividersi e sostituire quelle danneggiate,
- le cellule specializzate lavorano insieme per ricostruire i tessuti,





- i sistemi biologici seguono modelli di crescita organizzati.

La medicina rigenerativa si ispira ai **meccanismi di riparazione esistenti in natura**.

1.2 Cellule staminali: l'elemento costitutivo della medicina rigenerativa

Le cellule staminali sono cellule speciali con due capacità uniche:

- possono auto-rinnovarsi (produrre altre cellule staminali),
- possono differenziarsi in diversi tipi di cellule (muscolari, nervose, sanguigne).

Nella medicina rigenerativa, le cellule staminali vengono utilizzate per:

- far crescere nuovi tessuti,
- riparare organi danneggiati,
- studiare le patologie in condizioni di laboratorio.

A differenza delle cellule normali, le cellule staminali agiscono come “punti di partenza” biologici, rendendole essenziali per la crescita di tessuti e organi coltivati in laboratorio.

1.3 Dalle cellule ai tessuti: come si formano le strutture viventi

Gli organi non sono costituiti da singole cellule, ma da tessuti organizzati. Le cellule comunicano, si allineano e si connettono per formare strutture in grado di svolgere funzioni specifiche.

Per esempio:

- le cellule del muscolo cardiaco devono contrarsi insieme,
- i vasi sanguigni devono trasportare ossigeno e sostanze nutritive,
- i tessuti devono sopravvivere e adattarsi all'ambiente in cui vivono.

Questo processo dimostra che struttura e funzione sono strettamente collegate in biologia, una sfida fondamentale quando si cerca di ricreare gli organi in laboratorio.

1.4 Bio-ispirazione e biostampa 3D

Gli scienziati utilizzano la bioispirazione per progettare tecnologie che imitano i processi naturali. Una di queste tecnologie è la biostampa 3D, in cui strati di cellule viventi vengono disposti secondo schemi specifici per formare strutture simili a tessuti.

A differenza della stampa 3D con plastica:

- le cellule viventi devono rimanere in vita,
- i tessuti hanno bisogno di nutrienti e ossigeno,
- le strutture devono crescere e adattarsi nel tempo.

La bio-ispirazione aiuta gli ingegneri a capire come la natura costruisce sistemi complessi, orientando gli studi e lo sviluppo di organi coltivati in laboratorio.





Risorse video suggerite:

Per capire meglio l'utilizzo della tecnologie bio-ispirate e la biostampa 3D nel campo della medicina rigenerativa, gli studenti sono invitati a guardare questi brevi video, che illustrano la ricerca del mondo reale e le sfide attuali degli organi coltivati in laboratorio:

- <https://www.youtube.com/watch?v=ABgehFQu8eU>
- <https://www.youtube.com/watch?v=yh8IQPjD4Og>

Per capire meglio come vengono utilizzate le tecnologie bio-ispirate per far crescere tessuti e strutture simili a organi in laboratorio, gli studenti sono invitati a guardare questo breve video. Illustra le fasi principali dell'ingegneria dei tessuti e della biostampa, favorendo il collegamento tra i principi biologici e i processi tecnologici.

- <https://www.youtube.com/watch?v=2NFsvn9q9hA>

1.5 È possibile stampare un cuore umano?

Il cuore umano è uno degli organi più complessi del corpo. Deve:

- pompare continuamente,
- contenere più tipi di tessuto,
- includere una fitta rete di vasi sanguigni,
- funzionare in perfetta coordinazione.

Sebbene gli scienziati siano riusciti a coltivare tessuti semplici e piccoli modelli di organi, la stampa di un cuore umano completamente funzionale rimane una sfida scientifica fondamentale.

Sebbene gli scienziati siano riusciti a coltivare tessuti semplici e piccoli modelli di organi, la stampa di un cuore umano completamente funzionale rimane una sfida scientifica fondamentale.

Risorse video suggerite:

Per comprendere meglio la struttura dinamica e la funzione del cuore umano, gli studenti sono invitati a esplorare i seguenti modelli animati di cuore in 3D. Queste visualizzazioni aiutano a capire perché ricreare un cuore completamente funzionale è una delle maggiori sfide della medicina rigenerativa.

<https://sketchfab.com/3d-models/3d-animated-realistic-human-heart-v20-168b474fba564f688048212e99b4159d>
<https://sketchfab.com/3d-models/human-heart-3d-animated-911272d9f7c146bea5403d1e4d2dfb31>





1.6 Domande per la riflessione

- In che modo la natura rigenera i tessuti e gli organi?
- Perché le cellule staminali sono importanti nella medicina rigenerativa?
- Perché il cuore umano è difficile da ricreare in laboratorio?
- In che modo la bio-ispirazione guida l'innovazione medica?

Eeguire

2. Applicare i principi bio-ispirati agli organi coltivati in laboratorio

In questa fase, gli studenti applicano la loro comprensione della medicina rigenerativa esplorando come i processi biologici naturali ispirino soluzioni per la crescita di tessuti e organi in laboratorio.

Attraverso attività pratiche supportate da Delightex Edu, gli studenti studiano come le cellule formano i tessuti, perché gli organi sono sistemi complessi e quali sono le sfide che gli scienziati devono affrontare quando cercano di stampare un cuore umano funzionante.

2.1 Bio-ispirazione: imparare dalla rigenerazione naturale

La natura fornisce validi esempi di rigenerazione e autoriparazione che ispirano le moderne tecnologie biomediche:

- Il **rinnovamento e la differenziazione delle cellule** consentono di riparare i tessuti danneggiati.
- L'**auto-organizzazione** consente alle cellule di organizzarsi in tessuti funzionali.
- La **formazione di reti**, come i vasi sanguigni, favorisce la sopravvivenza e la crescita.

Stu Gli studenti esplorano come queste capacità naturali orientino lo sviluppo dell'ingegneria dei tessuti e degli organi coltivati in laboratorio, rafforzando l'idea che l'innovazione medica spesso inizia osservando la natura.

2.2 Come la Realtà Aumentata supporta gli obiettivi di apprendimento

La Realtà Aumentata gioca un ruolo fondamentale nell'aiutare gli studenti a comprendere processi che non possono essere osservati direttamente nella vita reale.

Utilizzando **Delightex Edu**, le attività con l'AR permettono agli studenti di:

- visualizzare strutture di **cellule staminali, tessuti e organi** in 3D,





- esplorare **modelli di organi stratificati**, come il cuore umano,
- osservare come **cellule, tessuti e vasi sanguigni** interagiscono come un sistema,
- confrontare la **rigenerazione biologica** con le tecnologie di biostampa 3D.

L'AR rende più accessibili i concetti biomedici astratti e supporta l'apprendimento basato sull'indagine senza richiedere attrezzature di laboratorio avanzate.

2.3 Attività pratiche (panoramica)

- **Attività 1: Dalle cellule staminali ai tessuti**

Gli studenti esplorano i modelli AR delle cellule staminali e della divisione cellulare, osservano come le cellule si moltiplicano e si specializzano e discutono sul perché le cellule staminali sono essenziali per la crescita di nuovi tessuti.

Concetto bio-ispirato: Rigenerazione naturale e differenziazione cellulare.

- **Attività 2: Perché il cuore è così difficile da stampare?**

Utilizzando un modello AR a strati del cuore umano, gli studenti esaminano:

- il tessuto muscolare,
- le camere e le valvole,
- le reti create dai vasi sanguigni.

Gli studenti analizzano le ragioni per cui tutte queste componenti devono lavorare insieme e il motivo per cui ricreare questa complessità è una sfida.

Risorse video suggerite:

Prima di analizzare il modello AR a strati del cuore, gli studenti guardano un breve video che mostra il funzionamento del cuore umano in tempo reale. Questa risorsa supporta la comprensione del movimento continuo e della coordinazione necessari per un organo funzionale.

<https://www.youtube.com/watch?v=mMeOjwH4NVU>

Concetto bio-ispirato: Relazione struttura-funzione nei sistemi viventi.

- **Attività 3: stampa e coltivazione di tessuti vivi**

Gli studenti confrontano:

- un semplice oggetto stampato in 3D,
- un modello di tessuto vivente creato da cellule.

Identificano poi le differenze principali tra la stampa di materiali non viventi e la crescita di organi viventi.

Concetto bio-ispirato: Differenza tra costruzione meccanica e crescita biologica.





- **Attività 4: Attività decisionale - Attualmente è possibile stampare un cuore?**

Gli studenti completano un'attività decisionale basata sull'AR in cui:

- valutano le possibilità scientifiche attuali,
- identificano le limitazioni tecnologiche e biologiche,
- distinguono tra la medicina attuale e il potenziale futuro.

Concetto bio-ispirato: Ragionamento scientifico basato su vincoli biologici.

- **Attività 5: Progettare un organo funzionale - Perché la struttura è importante**

Utilizzando un modello interattivo di organo AR su Delightex Edu, gli studenti esplorano come le diverse componenti strutturali contribuiscono alla funzionalità dell'organo. Attivando e disattivando strati ed elementi, gli studenti analizzano come gli organi funzionino come sistemi integrati piuttosto che come semplici strutture. Questa attività evidenzia il motivo per cui gli organi coltivati in laboratorio devono replicare l'organizzazione biologica, non solo la forma esterna.

Concetto bio-ispirato: Relazioni struttura-funzione e pensiero sistemico negli organismi viventi.

*Attraverso attività bio-ispirate e supportate dalla tecnologia AR, gli studenti passano dalla comprensione dei concetti **all'applicazione del pensiero biologico**. Sperimentano come la medicina rigenerativa combini biologia, tecnologia e ingegneria e perché far crescere un cuore umano non è solo una sfida tecnica, ma biologica.*

Potenziare

3. Rafforzare la comprensione della medicina rigenerativa attraverso la Realtà Aumentata

Questa fase spiega come la Realtà Aumentata (AR) favorisca la comprensione della medicina rigenerativa da parte degli studenti, rendendo visibili, interattivi e significativi i processi biologici complessi. In questa unità, la Realtà Aumentata viene utilizzata per supportare l'apprendimento degli organi coltivati in laboratorio, consentendo agli studenti di esplorare strutture biologiche e tecnologie bio-ispirate non disponibili in un'aula tradizionale.





3.1 Come l'AR rafforza l'apprendimento degli organi coltivati in laboratorio

Argomenti come le cellule staminali, la rigenerazione dei tessuti e la complessità degli organi sono spesso astratti e difficili da immaginare. L'AR aiuta a superare queste sfide trasformando i concetti scientifici in esperienze visive tangibili.

Attraverso l'apprendimento supportato dall'AR, gli studenti possono:

- osservare la formazione di cellule e tessuti in tre dimensioni,
- esplorare strutture di organi stratificati, come il cuore umano,
- comprendere il ruolo delle reti di vasi sanguigni nel sostenere i tessuti viventi,
- riconoscere la differenza tra la crescita di tessuti viventi e la stampa di oggetti inanimati.

Questo approccio visivo e interattivo favorisce una comprensione concettuale più profonda e riduce il sovraccarico cognitivo.

3.2 Delightex Edu come strumento per un apprendimento potenziato dalla tecnologia AR

Delightex Edu è adatto a questa unità perché consente sia l'esplorazione che la creazione in un ambiente educativo sicuro.

Utilizzando Delightex Edu, studenti e insegnanti possono:

- interagire con modelli biologici 3D già esistenti di cellule, tessuti e organi,
- esplorare scene AR utilizzando codici QR o AR senza marcatori,
- seguire percorsi di apprendimento guidati senza competenze tecniche avanzate,
- lavorare individualmente o in modo collaborativo su attività basate sull'AR.

La piattaforma consente agli studenti di impegnarsi attivamente con i contenuti, rafforzando la motivazione e il coinvolgimento nell'apprendimento.

In questa unità, Delightex Edu viene utilizzato anche per supportare l'apprendimento basato sui sistemi attraverso modelli interattivi di organi, consentendo agli studenti di esplorare come le componenti strutturali interagiscono per consentire o limitare la funzionalità degli organi.

Risorse multimediali suggerite:

Per illustrare come la Realtà Aumentata possa essere utilizzata per esplorare l'anatomia umana in tre dimensioni, gli studenti possono guardare questo breve video che mostra le visualizzazioni di Delightex Edu degli organi umani. Questa risorsa supporta la comprensione della struttura degli organi e delle relazioni spaziali, che sono essenziali quando si parla di organi coltivati in laboratorio.

<https://www.facebook.com/delightexedu/videos/human-anatomy/715913087136373/>





3.3 Favorire il coinvolgimento attraverso la gamification e l'interazione

Le attività basate su AR in questa unità includono alcuni elementi di gamification che aumentano il coinvolgimento mantenendo l'attenzione sull'apprendimento:

- Punti e riconoscimenti per il completamento delle attività di esplorazione e delle attività decisionali,
- Sfide basate su scenari relativi alla medicina rigenerativa,
- Attività di discussione collaborativa in cui gli studenti confrontano le decisioni e i risultati.

La gamification incoraggia la partecipazione, la riflessione e il lavoro di squadra senza distrarre dal contenuto scientifico.

3.4 Riflessione e valutazione basate su AR

La Realtà Aumentata supporta anche la valutazione formativa e la riflessione. Piuttosto che affidarsi solo a test scritti, gli studenti dimostrano la loro comprensione attraverso l'interazione e la discussione. Gli insegnanti possono valutare l'apprendimento osservando:

- come gli studenti esplorano i modelli AR,
- come spiegano i processi e le sfide biologiche,
- come giustificano le decisioni in scenari etici e scientifici.

Questo approccio privilegia la comprensione, il ragionamento e l'applicazione rispetto alla memorizzazione.

Integrando la Realtà Aumentata con Delightex Edu, questa unità di apprendimento rende la medicina rigenerativa accessibile, coinvolgente e rilevante. La Realtà Aumentata favorisce una comprensione più profonda della crescita degli organi bio-ispirati, rafforza la connessione tra la biologia e le sfide cliniche del mondo reale e incoraggia gli studenti a pensare in modo critico al futuro degli organi coltivati in laboratorio.





Conclusioni

Questa unità di apprendimento ha guidato gli studenti attraverso le fasi “Esplorare, Eseguire e Potenziare” per comprendere come si sviluppano gli organi coltivati in laboratorio utilizzando principi bio-ispirati alla natura. Gli studenti hanno esplorato la rigenerazione naturale e la biologia delle cellule staminali, hanno applicato queste conoscenze attraverso attività supportate dalla Realtà Aumentata e hanno approfondito la loro comprensione della complessità della crescita di un cuore umano funzionale. L'uso di strumenti di Realtà Aumentata, in particolare Delightex Edu, ha reso più accessibili e coinvolgenti concetti biologici e tecnologici astratti. Collegando la medicina rigenerativa alle sfide mediche del mondo reale, l'unità incoraggia gli studenti a riflettere sulle possibilità e sui limiti della biostampa e a continuare a esplorare le innovazioni future nella scienza biomedica.





Fase	Descrizione
Esplorare	Ricerca e scoperta: gli studenti studiano come gli organismi viventi rigenerano naturalmente i tessuti e come questi processi biologici ispirino la medicina rigenerativa. Esplorano il ruolo delle cellule staminali, la formazione dei tessuti e la complessità degli organi umani, concentrandosi sul perché il cuore sia particolarmente difficile da ricreare.
	Sviluppo dei contenuti: vengono introdotti i concetti chiave, tra cui la rigenerazione naturale, la differenziazione delle cellule staminali, l'organizzazione dei tessuti, la bioispirazione e i principi del biostampa 3D. Le spiegazioni scientifiche vengono supportate da esempi tratti dalla natura e dalla ricerca biomedica attuale.
	Analisi dei bisogni: le conoscenze pregresse degli studenti sulla biologia di base (cellule, tessuti, organi) e la comprensione generale della salute e della medicina vengono identificate attraverso domande guida e discussioni, così da garantire un'appropriata impostazione per gli studenti di età compresa tra i 14 e i 18 anni.
Eseguire	Implementazione del programma: gli studenti applicano le conoscenze teoriche attraverso attività pratiche e bio-ispirate che dimostrano come le cellule formano i tessuti e perché gli organi funzionano come sistemi complessi. Il focus è incentrato sulla comprensione dei processi piuttosto che sulle procedure tecniche di laboratorio.
	Esercizi interattivi: utilizzando Delightex Edu, gli studenti interagiscono con modelli AR di cellule staminali, anatomia cardiaca, reti di vasi sanguigni e sistemi di organi stratificati, esplorando come le strutture biologiche funzionino come sistemi integrati. Esplorano strutture di organi stratificati, confrontano la crescita biologica con la stampa 3D e completano scenari basati su decisioni relative a organi coltivati in laboratorio.
	Raccolta di feedback: un feedback visivo immediato viene fornito attraverso le interazioni AR. L'apprendimento è rafforzato dalla discussione di gruppo, dalla riflessione guidata dall'insegnante e dal feedback dei compagni durante e dopo le attività.
Potenziare	Integrazione AR: la Realtà Aumentata viene utilizzata per visualizzare strutture e processi biologici che non possono essere osservati direttamente in classe. Delightex Edu consente l'esplorazione AR senza marcatori di cellule, tessuti e organi, supportando un apprendimento inclusivo ed esperienziale.
	Apprendimento interattivo: gli studenti esplorano, imparano e analizzano attivamente i modelli 3D, incoraggiando l'apprendimento basato sull'indagine e il pensiero sistemico. L'AR supporta la sperimentazione, il confronto e la riflessione sulle sfide biomediche del mondo reale.
	Contenuti gamificati: - Punti e riconoscimenti: gli studenti guadagnano punti per il completamento delle attività di esplorazione e ricevono riconoscimenti come "Ingegnere dei tessuti" o "Medico del futuro" per il raggiungimento delle tappe di apprendimento. - Classifiche: le classifiche (facoltative) basate sul gruppo mostrano i progressi collettivi, incoraggiando la motivazione ed enfatizzando la collaborazione piuttosto che la competizione. - Sfide e livelli: le attività di apprendimento sono strutturate come missioni progressive, che passano dall'esplorazione a livello cellulare alla comprensione a livello di organo, con complessità crescente.





- **Premi per l'esplorazione:** sono previsti feedback e ricompense visive per le indagini approfondite e le decisioni ponderate all'interno delle attività AR.

- **Attività collaborative gamificate:** gli studenti lavorano in piccoli gruppi per analizzare gli scenari, confrontarsi sulle sfide e concordare le decisioni relative agli organi coltivati in laboratorio e alle considerazioni etiche.

Valutazioni basate su AR: gli studenti dimostrano la loro comprensione attraverso l'interazione con i modelli AR, il completamento di attività e la spiegazione di concetti biologici e tecnologici. La valutazione si concentra sul ragionamento, sull'applicazione delle conoscenze e sulla riflessione piuttosto che sulla memorizzazione.





Riferimenti

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Atala, A. (2018). *Regenerative medicine: From the laboratory to the clinic*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-10-3701-6>
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 735–745). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59
- Agenzia europea per i medicinali. *Advanced therapy medicinal products (ATMPs)*. <https://www.ema.europa.eu/en/human-regulatory/overview/advanced-therapy-medicinal-products-overview>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Murphy, S. V., & Atala, A. (2014). 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*, 32(8), 773–785. <https://doi.org/10.1038/nbt.2958>
- National Institutes of Health. *Stem cells: Basics*.
<https://stemcells.nih.gov/info/basics>
- Yen, J., Weissburg, M. J., Helms, M., & Goel, A. K. (2014). *Biologically inspired design for education*. Cambridge University Press.
- Delightex Edu. *AR/VR platform for STEM education*.
<https://www.delightex.com/edu>

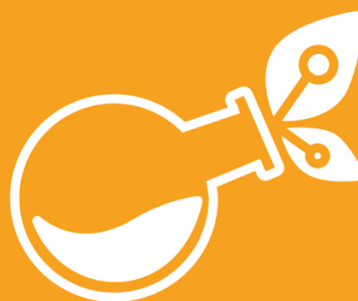
Gli strumenti basati sull'intelligenza artificiale (ChatGPT, Perplexity AI e NotebookLM) sono stati utilizzati per supportare la stesura dei contenuti, la sintesi della ricerca e l'organizzazione dei materiali di partenza durante lo sviluppo di questa unità didattica:

- *ChatGPT* (modello linguistico di grandi dimensioni). <https://chat.openai.com>
- *Perplexity AI* [assistente di ricerca alimentato dall'intelligenza artificiale].
<https://www.perplexity.ai>
- Google *NotebookLM* [strumento di ricerca e presa di appunti alimentato dall'intelligenza artificiale]. <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.