



Co-funded by
the European Union

40_Nanorobot nel corpo umano



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."

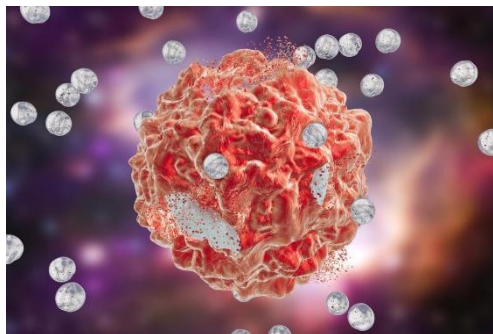




Contenuti

Introduzione	3
Esplorare:	5
Eseguire:	7
Potenziare:	8
Conclusioni	9
Riferimenti	10





Argomento generale del percorso di apprendimento	Nanorobot nel corpo umano
Nome specifico dell'unità di apprendimento	<i>Come le piccole particelle forniscono grandi soluzioni</i>
Età degli utenti target	14-18 anni
Requisiti necessari per gli studenti	Conoscenze di base di biologia cellulare, chimica (atomi, molecole, materiali), curiosità per la medicina e la tecnologia moderna.
Descrizione dell'unità di apprendimento	Questa unità introduce gli studenti al campo della nanomedicina, concentrandosi sul modo in cui le nanoparticelle trasportano i farmaci nel corpo umano. Gli studenti esploreranno innanzitutto cosa sono le nanoparticelle, come si comportano su scala nanometrica e perché il loro trasporto sicuro e preciso è una delle maggiori sfide della medicina moderna. Eseguiranno poi attività interattive in un laboratorio AR, simulando il viaggio delle nanoparticelle attraverso il flusso sanguigno per veicolare i farmaci alle cellule bersaglio. Infine, miglioreranno la loro comprensione riflettendo sulle applicazioni reali, sulle questioni etiche e sulle sfide future della nanomedicina. L'obiettivo è quello di rendere accessibile e coinvolgente un campo astratto e complesso, mostrando come la scienza microscopica possa risolvere alcune delle più grandi sfide dell'assistenza sanitaria.
Argomenti e destinatari	• Argomenti: Biologia, Chimica, Scienze della salute, TIC/alfabetizzazione digitale, Etica. • Destinatari: Studenti, insegnanti, eventuali esperti ospiti (ricercatori nel campo delle





	nanotecnologie, professionisti del settore sanitario).
Parole chiave	Nanoparticelle, nanotecnologia, nanomedicina, trasporto di farmaci, terapia mirata, barriera emato-encefalica, medicina rigenerativa, apprendimento AR.
Conoscenze, abilità e competenze chiave che possono essere acquisite	• Definizione e proprietà delle nanoparticelle. Principi di trasporto della nanomedicina nell'organismo. • Applicazioni nel mondo reale (vaccini, terapia oncologica, trattamento neurologico). • Considerazioni etiche.
Risorse e supporti didattici utilizzati	NIH – Nanomedicine: The Future of Medicine Is Small. British Society for Nanomedicine – What is Nanomedicine? TWI Global – What Are Nanoparticles?
Criteri di giudizio e valutazione	La valutazione combina conoscenze, abilità, creatività e riflessione. La valutazione è sia formativa (feedback continuo durante le attività AR e le discussioni) sia sommativa (presentazioni finali, relazioni di gruppo e prestazioni in valutazioni basate su AR).





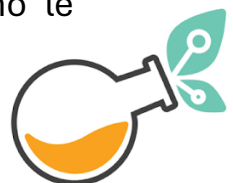
Introduzione

Ogni secondo, il nostro flusso sanguigno trasporta ossigeno, sostanze nutritive e farmaci in ogni angolo del corpo. Ma non tutti i farmaci raggiungono la giusta destinazione. I farmaci chemioterapici, ad esempio, spesso circolano in tutto il corpo, attaccando sia le cellule sane che quelle tumorali. Questo provoca effetti collaterali dolorosi e limita l'efficacia della terapia.

Ora immaginiamo se i farmaci potessero viaggiare come missili guidati: piccoli veicoli programmati per consegnare i farmaci solo dove sono necessari. Questa è la promessa della nanomedicina, un campo che applica la nanotecnologia (che opera su una scala di miliardesimi di metro) all'assistenza sanitaria. Le nanoparticelle possono essere progettate per muoversi nel corpo, eludere le difese naturali e fornire trattamenti direttamente alle cellule malate.

In questa unità didattica, gli studenti intraprenderanno un viaggio nel mondo invisibile della nanomedicina. Per prima cosa, esploreranno i fondamenti della scienza e della medicina su scala nanometrica, poi svolgeranno attività interattive in un laboratorio di Realtà Aumentata (AR) dove guideranno le nanoparticelle attraverso il corpo umano e, infine, approfondiranno la loro comprensione riflettendo sulle possibilità, le sfide e l'etica di questa tecnologia rivoluzionaria.

La nanomedicina utilizza strutture talmente piccole che un migliaio di queste, messe in fila, sarebbero più sottili di un capello umano. A questa scala, i materiali si comportano in modo insolito. Per la medicina, questo rappresenta un cambiamento epocale. Le nanoparticelle possono essere utilizzate per trasportare farmaci sotto forma di minuscole capsule, che colpiscono le





cellule danneggiate con una precisione molto maggiore rispetto ai metodi tradizionali.

L'importanza di questa tecnologia risiede nella sua potenzialità di trasformare il modo in cui curiamo le patologie:

- Nella **terapia oncologica**, le nanoparticelle possono riconoscere le cellule tumorali e somministrare la chemioterapia direttamente ad esse, risparmiando i tessuti sani.
- In **neurologia**, alcune nanoparticelle possono attraversare la barriera emato-encefalica, una barriera naturale che normalmente blocca la maggior parte dei farmaci, aprendo nuove strade per il trattamento delle patologie cerebrali.
- Nell'ambito delle **patologie infettive**, la nanomedicina è stata già utilizzata per la somministrazione di vaccini a base di mRNA contro il COVID-19, con le nanoparticelle lipidiche che proteggono e trasportano in modo sicuro il fragile materiale genetico nelle cellule.

Risolvendo il problema della somministrazione dei farmaci, la nanomedicina promette non solo terapie più efficaci, ma anche una riduzione delle sofferenze grazie alla minimizzazione degli effetti collaterali nocivi.

Cosa sono le nanoparticelle?

Una nanoparticella è una particella estremamente piccola, di dimensioni comprese tra 1 e 100 nanometri. Per dare un'idea, un nanometro è un milionesimo di metro. Se si dovesse tagliare un singolo capello umano in 100.000 pezzi, uno di questi frammenti avrebbe all'incirca le dimensioni di una nanoparticella (TWI Global, 2023).

A questa scala microscopica, i materiali si comportano spesso in modo molto diverso dalle loro forme più grandi e ingombranti. Ad esempio, l'oro, che normalmente appare lucido e giallo, può apparire rosso o viola quando è ridotto in nanoparticelle a causa del modo in cui interagisce con la luce. Le nanoparticelle hanno anche un rapporto superficie/volume molto elevato, il





che le rende molto più reattive e utili per applicazioni chimiche, biologiche e tecnologiche (PNNL, 2023).

In medicina, le nanoparticelle sono particolarmente importanti. Esse fungono da microscopici veicoli di trasporto per i farmaci. Gli scienziati possono progettarle per:

- viaggiare in modo sicuro attraverso il flusso sanguigno,
- evitare la distruzione da parte del sistema immunitario,
- attaccarsi in modo specifico alle cellule danneggiate (come le cellule tumorali) e
- rilasciare farmaci in modo controllato solo nel punto interessato.

Questa capacità di somministrare terapie con tale precisione è il motivo per cui le nanoparticelle sono fondamentali per la nanomedicina. Ad esempio, le nanoparticelle lipidiche sono state essenziali per il trasporto del fragile mRNA utilizzato nei vaccini COVID-19. Allo stesso modo, i ricercatori stanno testando nanoparticelle in grado di attraversare la barriera emato-encefalica, aprendo nuove porte per il trattamento delle patologie neurologiche ([NIH, 2022](#)).

Esplorare:

Il primo passo del nostro viaggio è comprendere le basi. Agli studenti viene introdotto il concetto che la maggior parte delle cellule del corpo sono specializzate: le cellule della pelle proteggono, le cellule muscolari si contraggono e le cellule nervose trasmettono segnali. Le cellule staminali, invece, sono inizialmente generiche. Sono come mattoni vuoti che possono riprodursi o trasformarsi in cellule specializzate quando necessario.

Esistono tre tipi principali di cellule staminali. Le cellule staminali embrionali sono pluripotenti, cioè possono diventare qualsiasi tipo di cellula del corpo umano. Le cellule staminali adulte, come quelle che si trovano nel midollo osseo, sono più limitate ma comunque essenziali per sostituire e riparare i





tessuti danneggiati. Ci sono poi le cellule staminali pluripotenti indotte (iPSC), una scoperta rivoluzionaria fatta da Shinya Yamanaka e Kazutoshi Takahashi nel 2006, in cui normali cellule adulte vengono “riprogrammate” per agire come cellule embrionali (Takahashi & Yamanaka, 2006).

Gli studenti esplorano anche il modo in cui queste cellule vengono già utilizzate in medicina. I trapianti di midollo osseo salvano i pazienti affetti da tumori del sangue come la leucemia. Le cellule staminali della cornea stanno restituendo la vista a persone con danni agli occhi (NIH, 2022). I ricercatori della Mayo Clinic stanno studiando come le cellule staminali possano riparare il tessuto cardiaco danneggiato (Mayo Clinic, 2023).

A questo punto, gli studenti acquisiscono una conoscenza essenziale: le cellule staminali sono il meccanismo di riparazione della natura e l'umanità sta iniziando a capire come impiegarle.

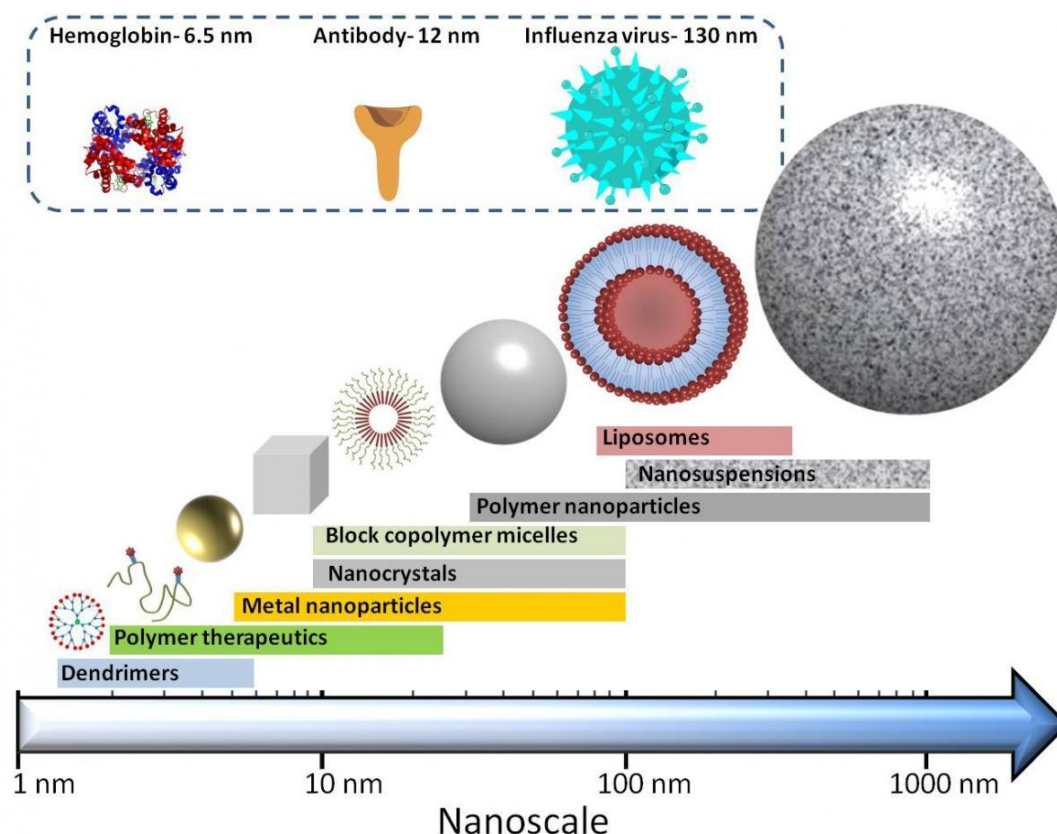


Figura 1 - Fonte: Società britannica di nanomedicina





Eseguire:

Una volta gettate le basi, gli studenti passano alla fase esecutiva, dove sperimentano come funziona effettivamente il trasporto della nanomedicina. In un laboratorio AR, gli studenti vengono ridotti virtualmente alle dimensioni di una nanoparticella e inseriti in un flusso sanguigno simulato. La loro missione: consegnare un farmaco salvavita nel punto in cui si trova un tumore.

Durante il percorso, devono evitare le cellule immunitarie che cercano di distruggerle, navigare attraverso i vasi sanguigni e trovare un modo per superare le membrane cellulari e rilasciare il loro carico.

Il sistema AR funge da guida, offrendo indicazioni dettagliate e spiegazioni visive in ogni fase del viaggio. Gli studenti vedono come diversi progetti, come il rivestimento delle nanoparticelle con molecole “stealth” per nascondersi dal sistema immunitario, influiscono sul loro successo.

Questi esercizi interattivi traggono spunto dalla bioispirazione presente in natura. Proprio come i virus si sono evoluti per entrare nelle cellule in modo efficiente, gli ingegneri della nanomedicina imitano queste strategie a fin di bene. Gli studenti sono incoraggiati a riflettere: come la natura trasporta le molecole e cosa possiamo imparare da essa?

Oltre alla Realtà Aumentata, sono previste semplici attività in classe a supporto della lezione. Per esempio, si possono usare perline e gelatina per simulare il movimento delle nanoparticelle attraverso le barriere, aiutando gli studenti a correlare le idee astratte con le esperienze tangibili.

Il feedback è integrato nel processo. Le applicazioni di Realtà Aumentata mostrano immediatamente se il farmaco ha raggiunto il suo obiettivo. Gli studenti registrano le loro riflessioni in registri di laboratorio digitali e le discussioni di gruppo permettono loro di condividere strategie e confrontare i risultati.





Potenziare:

La fase finale si spinge oltre la pratica, fino alla riflessione e all'immaginazione. Qui la Realtà Aumentata diventa uno strumento non solo di simulazione, ma anche di pensiero critico.

Gli studenti esplorano scenari che coinvolgono le nanotecnologie. Alcuni esempi per stimolare l'apprendimento sono:

- È possibile creare nanoparticelle che rilasciano farmaci solo quando incontrano l'ambiente acido di un tumore?
- Come potrebbe la nanomedicina risolvere il problema della somministrazione di farmaci attraverso la barriera emato-encefalica?
- Quali problemi etici sorgerebbero se fossimo in grado di creare particelle che circolano per mesi o anni all'interno dell'organismo?

Gli strumenti AR rendono visibili questi problemi astratti, trasformandoli in enigmi interattivi. Gli studenti intervengono sulle nanoparticelle, ne modificano le proprietà e ne vedono immediatamente le conseguenze.

La gamification aumenta il coinvolgimento: attraverso queste attività, gli studenti non solo **capiscono come funziona il trasporto in nanomedicina**, ma riflettono anche sul suo impatto, sui suoi limiti e sulle sue possibilità future.

- Punti e riconoscimenti premiano le attività completate con successo.
- Le classifiche incoraggiano la collaborazione e la competizione amichevole.
- Le attività sbloccano sfide progressivamente più complesse, dal trattamento di un organo alla somministrazione di farmaci a più sistemi.

Le attività di gruppo richiedono agli studenti di lavorare insieme per creare nanoparticelle per diverse patologie.





Conclusioni

Al termine di questa unità, gli studenti avranno viaggiato all'interno del flusso sanguigno, sperimentato le sfide della somministrazione di farmaci su scala nanometrica e riflettuto sul perché il trasporto sia la questione centrale della nanomedicina.

Avranno esplorato la scienza alla base delle nanoparticelle, eseguito attività pratiche che rispecchiano sfide cliniche reali e migliorato il loro apprendimento utilizzando l'AR e la gamification, che hanno reso dei processi invisibili visibili e coinvolgenti.

Soprattutto, avranno connesso scienza e società, comprendendo come la nanomedicina potrà influenzare il futuro dell'assistenza sanitaria, offrendo terapie più precise, efficaci e umane.

Fase	Descrizione
Esplorare	- Ricerca e scoperta: In questa prima fase, gli studenti vengono introdotti al mondo delle nanoparticelle e al loro diverso comportamento su scala nanometrica. Scoprono che una nanoparticella misura tra 1 e 100 nanometri, una dimensione così piccola che un capello è spesso 100.000 nanometri. Gli studenti imparano che in medicina le nanoparticelle agiscono come microscopici corrieri. Sono progettate per muoversi nel flusso sanguigno, eludere il sistema immunitario e somministrare terapie solo dove sono necessarie, ad esempio direttamente a una cellula tumorale. Vengono anche esplorati esempi reali: le nanoparticelle lipidiche nei vaccini COVID-19, i liposomi usati nella chemioterapia e le nanoparticelle d'oro sperimentate per distruggere i tumori con il calore.
	- Sviluppo dei contenuti: I contenuti sono presentati attraverso un mix di brevi video, diagrammi e semplici analogie. Ad esempio, il flusso sanguigno viene paragonato a un'autostrada trafficata, con le nanoparticelle che agiscono come piccoli camion per le consegne che trasportano pacchi fragili. Gli studenti esplorano le barriere che questi camion devono affrontare: le cellule immunitarie agiscono come polizia, la barriera emato-encefalica è come un checkpoint e le cellule danneggiate sono gli indirizzi di consegna. In questo modo gli studenti acquisiscono i concetti fondamentali: • Cosa sono le nanoparticelle. • Perché trasportarle efficacemente è la sfida cruciale della nanomedicina. • Come stanno già cambiando la medicina.





	- Analisi dei bisogni: Gli studenti spesso faticano a comprendere scale astratte come il nanometro. Necessitano di supporti visivi e dimostrazioni interattive per sviluppare l'intuizione. Necessitano inoltre di una chiara comprensione del <i>motivo per cui</i> il trasporto dei farmaci è importante, in modo che la scienza venga connessa ai problemi reali della salute umana. Questo li prepara a un impegno più profondo e pratico nella fase successiva.
Ese gui re	- Attuazione del programma: Gli studenti entrano in un laboratorio virtuale AR, dove vengono “rimpiccioliti” su scala nanometrica e inseriti in un flusso sanguigno. La loro missione è quella di trasportare in modo sicuro la medicina nel punto stabilito, superando le barriere che si frappongono lungo il percorso.
	- Esercizi interattivi: Far viaggiare le nanoparticelle attraverso i vasi sanguigni evitando le cellule immunitarie che cercano di eliminarle.
	- Raccolta feedback: Il feedback è composto da tre livelli: 1. Sistema AR: risposte immediate sulla riuscita o meno dell'attività. 2. Osservazione dell'insegnante: monitoraggio del lavoro di squadra, delle strategie e degli approcci alla risoluzione dei problemi. 3. Riflessione degli studenti: annotazione dei risultati in un registro di laboratorio digitale, confronto delle strategie nella discussione tra pari.
Pot enz iar e	- Integrazione AR: L'AR diventa non solo una simulazione ma un ambiente per risolvere i problemi. Gli studenti modificano il design delle nanoparticelle: devono rivestirle con uno “strato stealth” per evitare le cellule immunitarie? Deve rilasciare farmaci solo in determinate condizioni di pH, come quelle di un tumore? L'AR consente agli studenti di sperimentare e vedere istantaneamente risultati che sarebbero impossibili da osservare in un'aula reale.
	- Apprendimento interattivo: Gli studenti riflettono sulle applicazioni e sulle implicazioni della nanomedicina. Questo incoraggia il pensiero critico e collega la scienza alla società.
	Contenuti gamificati: Punti e riconoscimenti: assegnati per ogni attività completata con successo. Classifiche: mostrano le prestazioni del gruppo e favoriscono una competizione amichevole. Missioni e livelli: gli studenti passano da semplici attività di consegna a complesse sfide multiorgano. Premi per l'esplorazione: riconoscimento extra per strategie innovative o esempi di collegamento con la ricerca attuale. Attività collaborative gamificate: le squadre creano e verificano nanoparticelle per diverse patologie, il che richiede negoziazione e cooperazione.
	Valutazioni basate su AR: La valutazione finale combina risultati AR, registri di laboratorio, presentazioni di gruppo e dibattiti etici.

Riferimenti

- British Society for Nanomedicine. (2023). What is Nanomedicine? Retrieved from: <https://www.britishsocietynanomedicine.org/what-is-nanomedicine>



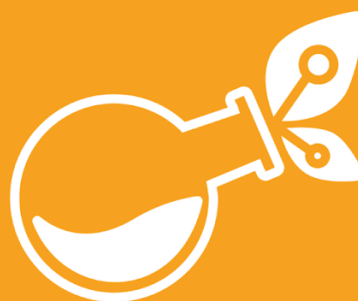


- National Institutes of Health (NIH). (2022). Nanomedicine: The Future of Medicine Is Small. Retrieved from: <https://www.nih.gov/research-training/nanomedicine>
- TWI Global. (2023). What are Nanoparticles? Retrieved from: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-are-nanoparticles>
- PNNL – Pacific Northwest National Laboratory. (2023). Nanomaterials Explained. Retrieved from: <https://www.pnnl.gov/explainer-articles/nanomaterials>





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.