



Co-funded by
the European Union

Biomimetica: innovazione e design ispirato dalla Natura



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."





SOMMARIO

· Introduzione.....	2
· Modulo Esplora: Il quadro teorico della biomimetica.....	3
· Come possiamo applicare le conoscenze biologiche?.....	7
· Qual è il metodo del design bioispirato?.....	8
· Realtà aumentata (AR) nell'educazione alla biomimetica.....	9
· Modulo Esegui: processo di progettazione bioispirato con realtà aumentata (AR).....	12
· Pratiche di progettazione biomimetica e potenziate dalla realtà aumentata.....	12
· Modulo di potenziamento Esempi di progetti che utilizzano strumenti di realtà aumentata per la didattica della biomimetica	16
· Conclusione.....	29
· Riferimenti bibliografici.....	30





Argomento generale del percorso di apprendimento	Biomimetica: innovazione e design ispirati dalla natura.
Nome specifico dell'unità didattica	Biodesign e innovazione
Età target degli utenti	14-18 anni
Prerequisiti per gli studenti	Conoscenze di base di chimica, biologia e fisica.
Descrizione dell'unità didattica	Questa unità didattica guiderà insegnanti e studenti nell'utilizzo della natura in un percorso di apprendimento multidisciplinare. Gli strumenti di realtà aumentata (AR) migliorano la visualizzazione e il coinvolgimento.
Soggetto coinvolto	Fisica, Chimica, Biologia, Matematica
Parole chiave	Biologia, Bioispirazione, Biomimetica, Biodesign, Innovazione, Realtà aumentata, Visualizzazione, Apprendimento interattivo
Competenze chiave, abilità, conoscenze che possono essere acquisite	Esplora la natura e la sua capacità di ispirare miglioramenti sostenibili nel nostro ambiente, sviluppa competenze di problem solving, design innovativo e prototipazione basata sulla realtà aumentata.
Risorse e strumenti didattici utilizzati	Articoli di ricerca, libri, database scientifici, risultati di webinar, risorse online, strumenti di realtà aumentata (ad esempio, JigSpace, Assembly AR, Merge Cube, CoSpaces Edu).
Criteri di valutazione e valutazione	In base alle conoscenze, alle capacità e alle competenze acquisite durante il corso, comprese le valutazioni basate sulla realtà aumentata come simulazioni, prototipazione e feedback.





Introduzione

Il design bioispirato è un termine relativamente nuovo. Termini più diffusi sono biomimetica e biomimicry. Il design bioispirato è stato utilizzato per sviluppare soluzioni tecniche innovative in quasi tutti i campi dell'ingegneria. Quando l'idea di analizzare sistematicamente i sistemi biologici emerse a metà del XX secolo come bionica, l'attenzione principale era rivolta ai sistemi di controllo e comunicazione (Keto 1960). Keto (1960) propose di applicare il controllo e la comunicazione bioispirati all'elettronica, all'aeronautica e alla navigazione. Tuttavia, esempi storici di design bioispirato includono già ulteriori aree di applicazione. Ad esempio, l'aerodinamica dei sistemi biologici è stata spesso considerata come modello per concettualizzare i paracadute o le prime macchine volanti (Nachtigall e Wisser 2015, p. 6). Esempi moderni di design bioispirato trovano applicazione in campi tecnici come l'ingegneria meccanica, l'architettura, il design industriale, l'ingegneria del software, la robotica, la tecnologia medica e così via.

L'integrazione della realtà aumentata (AR) rivoluziona questo processo, consentendo agli studenti di interagire con i sistemi biologici in ambienti 3D immersivi. Gli studenti possono visualizzare processi biomimetici, simulare applicazioni del mondo reale e collaborare a progetti innovativi utilizzando strumenti di AR. Questa fusione di tecnologia e natura migliora la comprensione, la creatività e la capacità di risolvere problemi nell'ambito dell'educazione STEM.

Nonostante il suo elevato potenziale innovativo, l'applicazione del design bioispirato presenta delle sfide. Le sfide più significative sono rappresentate dalle barriere disciplinari, ovvero dagli obiettivi, dagli approcci di lavoro e dal fatto che il linguaggio della biologia e quello dello sviluppo di prodotti tecnici sono fondamentalmente diversi. La biologia è una scienza naturale; il suo obiettivo è comprendere i sistemi viventi. Lo sviluppo di prodotti tecnici, o progettazione ingegneristica, mira a sviluppare sistemi tecnici. La differenza tra l'obiettivo biologico di comprensione e l'obiettivo tecnico di sviluppo riflette i diversi approcci di lavoro di biologi e ingegneri. Questo contrasto causa frequentemente problemi nel design bioispirato.

10 aspetti sorprendenti del design bioispirato	Specifiche
Abbondanza di soluzioni biologiche	Offre una vasta gamma di possibili soluzioni ai problemi tecnici. Accesso a database digitali contenenti migliaia di fonti di ispirazione biologica.
Ottimizzazione	Se un sistema biologico viene ottimizzato, anche il design bioispirato viene ottimizzato.
Effetti sinergici e transdisciplinari	La biologia tecnica è un prerequisito per la progettazione bioispirata
Integrazione di materiale, forma e funzione	La forma segue la funzione: i sistemi biologici spesso realizzano funzioni su più scale utilizzando sia le proprietà dei materiali compositi e forme.



Scoperta al di là di ciò che è simile all'uomo	Molte soluzioni biologiche con un elevato potenziale di applicazione tecnica
Flessibilità del design bioispirato	Approccio progettuale flessibile Ampia gamma di applicazioni Diversi metodi di progettazione
Sostenibilità (o no?)	Ecologico
Biodiversità	Il design bioispirato può avere un impatto sociale positivo
Biologizzazione	Le scienze naturali tradizionali, insieme alle discipline tecniche e ingegneristiche, affrontano alcune delle maggiori sfide: il consumo energetico e un'economia sostenibile.
Multifunzionalità dei sistemi biologici	I sistemi biologici devono assolvere a molteplici funzioni utilizzando risorse limitate.

Table 1. 10 Amazing Aspects of Bio-inspired Design, (Hashemi Farzaneh,2019)

Il quadro teorico della biomimetica:

● Principi di biomimetica

I principi della biomimetica si concentrano esclusivamente sugli attributi della natura, implicando quindi che gli esseri umani abbiano molto da imparare dai miliardi di anni di esperienza evolutiva del mondo naturale.

- a- La natura utilizza solo l'energia di cui ha bisogno
- b- La natura adatta la forma alla funzione
- c- La natura ricicla tutto
- d- La natura si basa sulla diversità
- e- Nature richiede competenze locali.



● Attività di Bio Design:

I metodi di progettazione bioispirati supportano diverse attività:

- Pianificazione
- Astrazione
- Ricerca
- Analisi e confronto
- Trasferire





La pianificazione di un progetto di design bioispirato e di altri progetti di sviluppo di prodotti tecnici o di ricerca biologica sono attività diverse. La natura interdisciplinare del design bioispirato rappresenta una sfida per la procedura di progettazione, e i punti di partenza del progetto possono essere differenti. Inoltre, se biologi e ingegneri collaborano, è necessario considerare l'integrazione del loro lavoro. L'astrazione è un elemento essenziale del design bioispirato. Infatti, i progettisti devono ricorrere all'astrazione ripetutamente durante tutto il progetto: devono astrarre un compito tecnico o consentire la ricerca di ispirazione biologica. Devono astrarre sistemi tecnici e biologici per renderli comparabili. Devono astrarre di nuovo per formulare analogie per il trasferimento... e così via. La ricerca, in particolare la ricerca di ispirazione biologica, viene affrontata con numerosi metodi nel design bioispirato. È un'attività chiave sia quando un progetto di design bioispirato parte da un punto di vista puramente tecnico (compito tecnico, ricerca di ispirazione biologica) sia da un punto di vista strettamente biologico (soluzione biologica interessante, ricerca di un'applicazione tecnica).

Per applicare con successo il design bioispirato, i progettisti devono analizzare e confrontare attentamente sia i sistemi tecnici che quelli biologici. Esistono numerosi esempi in cui i progetti bioispirati hanno fallito nella fase di prototipo perché la soluzione biologica non era applicabile in un contesto tecnico. Un esempio è il tentativo di uno studente di imitare il movimento dei flagelli dei batteri su una scala molto più ampia. A causa delle diverse influenze delle forze fluidodinamiche, il movimento rotatorio dei flagelli non si è rivelato efficace nel movimentare i liquidi. Infine, il trasferimento di analogie bioispirate è l'attività centrale del design bioispirato. Tutti i progetti di design bioispirato mirano a trasferire analogie più o meno astratte per sviluppare una soluzione tecnica.

Ciò detto, i progetti di design bioispirato includono, ovviamente, molte altre attività. Tuttavia, queste attività non sono esclusive del design bioispirato, in quanto sono presenti anche in altri progetti di sviluppo di prodotti tecnici o in progetti di ricerca biologica.

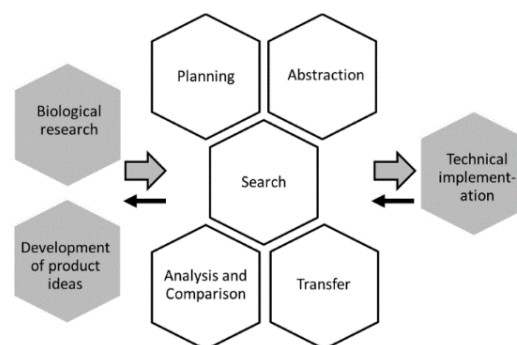


Figure 1. Bio-inspired design: specific and other activities, (Hashemi Farzaneh ,2019)



Approcci di progettazione bioispirati

Sebbene la maggior parte dei progetti e dei corsi di design bioispirato si concentri sull'approccio "technological pull", alcuni ricercatori sostengono che l'approccio "biology push" sia più innovativo. Nell'approccio "technological pull", i progettisti partono da un compito tecnico, il che implica un insieme predefinito di requisiti e funzioni desiderate. Si attengono a questi vincoli, ma sono relativamente liberi di considerare diversi sistemi biologici. Pertanto, possono essere più aperti a trasferire analogie da diversi sistemi biologici. Se si adotta un approccio "biology push", i progettisti partono da un sistema biologico predefinito. Potrebbero analizzare questo sistema in dettaglio ed è più probabile che limitino la loro analisi a questo sistema piuttosto che cercare altri sistemi biologici. Tuttavia, sono probabilmente più aperti alla ricerca di molteplici applicazioni tecniche. Inoltre, i sistemi biologici multifunzionali possono ispirare sistemi tecnici multifunzionali.

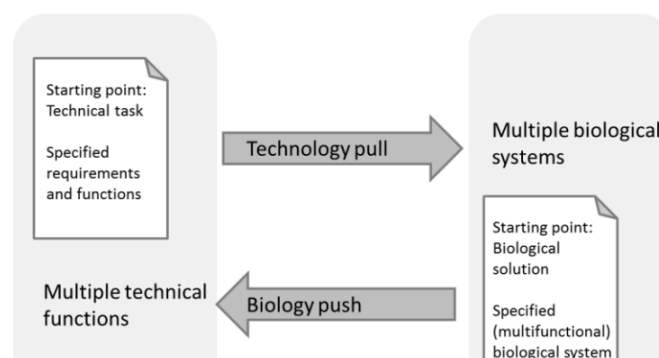


Figure 2. Bio-inspired design approaches: technology pull and biology push, (Hashemi Farzane, 2019)

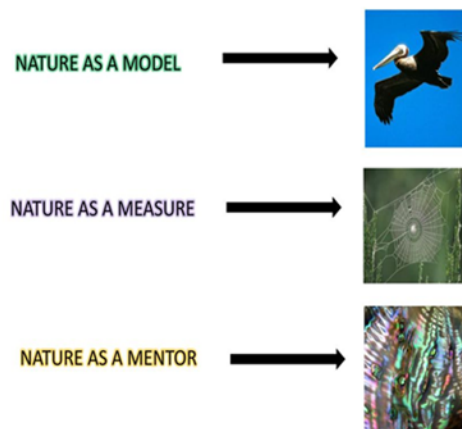
Livelli di biomimetica

Esistono tre livelli di biomimetica che devono essere applicati anche ai problemi di progettazione. Dalle tecnologie e tecniche biomimetiche, è ovvio e ben noto che esistono tre livelli di mimetismo: il livello dell'organismo, il livello del comportamento e il livello dell'ecosistema. **Il livello dell'organismo** illustra l'imitazione di un determinato organismo o l'imitazione di una parte dell'organismo intero; gli edifici a livello di organismo imitano un organismo specifico. **Il secondo livello è l'imitazione del comportamento di cui ogni organismo si comporta**, gli edifici imitano come un organismo si comporta o si relaziona con il suo ambiente più ampio contesto. **Il terzo livello consiste nell'imitare l'intero ecosistema.**

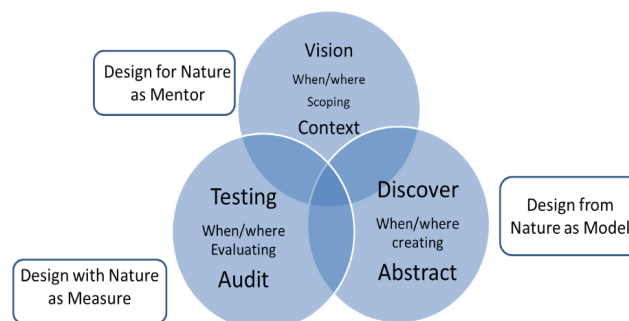




questo livello è considerato il più difficile livello poiché si concentra su un livello funzionalmente molto difficile problema da imitare, un edificio imita la natura processo e ciclo dell'ambiente più ampio. Attraverso ogni livello ci sono cinque dimensioni che determinare in che misura esiste l'imitazione. Il design è classificato come biomimetica per il suo aspetto come (forma), di cosa è fatto (materiale), come è realizzato (costruzione), come funziona (processo) e qual è la sua capacità (funzione). Questi livelli sono molto importanti e completano la biomimetica approcci. Se vogliamo emulare consapevolmente il genio della natura, dobbiamo guardarla in modo diverso. Nella biomimetica, consideriamo la natura come modello, punto di riferimento e guida.



- **La natura come modello** La biomimetica è una nuova scienza che studia i modelli della natura e poi emula queste forme, processi, sistemi e strategie per risolvere i problemi umani in modo sostenibile. La Biomimicry Guild e i suoi collaboratori hanno sviluppato uno strumento di progettazione pratico, chiamato Biomimicry.
- **La natura come misura** La biomimetica utilizza uno standard ecologico per valutare la sostenibilità delle nostre innovazioni. Dopo 3,8 miliardi di anni di evoluzione, la natura ha imparato cosa funziona e cosa dura nel tempo. La natura come metro di paragone è racchiusa nei Principi della Vita ed è integrata nella fase di valutazione della Spirale di Progettazione Biomimetica.
- **La natura come mentore** La biomimetica è un nuovo modo di osservare e valorizzare la natura. Inaugura un'era basata non su ciò che possiamo estrarre dal mondo naturale, ma su ciò che possiamo imparare da esso.



Project Number: KA220-BW-23-30-126516





Come possiamo applicare le conoscenze biologiche?

L'applicazione delle conoscenze biologiche descrive progetti di durata variabile, che in genere vengono condotti in ufficio. In altre parole, di solito non implicano esperimenti biologici (o tecnici) o altri studi. Generalmente, partono dall'idea generale di cercare ispirazione biologica per risolvere una sfida tecnica o dalla motivazione di applicare il risultato di una ricerca biologica a un compito tecnico. Il progetto spesso richiede una comprensione più approfondita per verificare se si trovino interessanti ispirazioni biologiche o applicazioni tecniche. I progettisti devono quindi cercare ulteriori informazioni. In questo scenario, l'aspetto del lavoro di squadra gioca un ruolo secondario e il progettista può essere un singolo ingegnere o biologo (Hashemi Farzaneh, 2019). Ciò significa che è preferibile adottare un processo di problem solving quando si applicano le conoscenze biologiche.

La biomimetica come concetto

La biomimetica implica l'implementazione creativa di concetti biologici in prodotti. Come accennato in questo testo, possiamo fornire un'ampia panoramica della biomimetica e abbiamo descritto la conversione di soluzioni fisiologiche e organizzative provenienti dalla natura in prodotti e servizi. L'implementazione e l'efficienza economica sono illustrate attraverso esempi selezionati. Quattro esempi di implementazione di successo di soluzioni naturali. La natura è sempre più considerata un modello e un punto di riferimento. Non sorprende che, nel corso di milioni di anni di evoluzione, la natura abbia creato meccanismi e sistemi altamente efficienti, che consentono ai professionisti di diversi settori di collaborare, prerequisito fondamentale per il successo della biomimetica. La natura implica "ottimizzazione" piuttosto che "massimizzazione" ed è anche un modello di sostenibilità in quanto sistema a "ciclo chiuso". Tutti gli organismi contribuiscono al riciclo dei principali nutrienti della Terra: carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto. Se l'umanità vuole prosperare indefinitamente, deve agire responsabilmente imitando il ciclo chiuso della natura. La biomimetica (dal greco bios - vita; mimesis - imitare) è una disciplina che applica i principi della natura e non solo cambia il modo in cui pensiamo alla progettazione, alla produzione, al trasporto e alla distribuzione di beni e servizi, ma offre anche opportunità per affrontare complessi problemi ambientali ed economici.



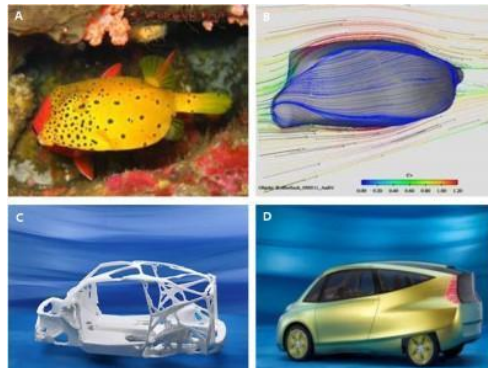


Figure 3. Biomimicry as a concept, (Hwang J &all, 2015)

Qual è il metodo alla base del design bioispirato?

Applicando metodi di progettazione bioispirata, abbiamo notato che la maggior parte di essi è stata sviluppata per specifici scenari di progettazione bioispirata. Per altri scenari, potrebbero risultare meno adatti. Ad esempio, il Modello di Relazione Causale è un metodo per formulare una relazione causale di un sistema biologico in una frase e trasferire questa relazione causale a un sistema tecnico bioispirato in un'altra frase. La tecnica può aiutare i progettisti a trasferire rapidamente diverse analogie dal dominio biologico a quello tecnico. Tuttavia, formulare una soluzione biologica in una sola frase richiede un'enorme semplificazione. Se abbiamo condotto un progetto di ricerca per analizzare in dettaglio un sistema biologico, probabilmente abbiamo dedotto spiegazioni complesse per le sue strategie.

Formulare una relazione causale in una sola frase si rivela poco utile per trasmettere relazioni così complesse. D'altra parte, molti metodi di progettazione bioispirata richiedono tempo e formazione considerevoli. Ad esempio, la modellazione SBF è un metodo per astrarre sistemi tecnici e biologici. Le funzioni dei sistemi vengono modellate in passaggi dettagliati. Questo metodo è molto utile per rappresentare conoscenze dettagliate acquisite tramite ricerche bibliografiche o studi o esperimenti concreti su un sistema biologico o tecnico. Tuttavia, risulta impraticabile in brevi workshop di ideazione. Abbiamo sviluppato tre scenari per indicare l'idoneità dei metodi per determinate tipologie di progettazione bioispirata.

Differiscono per l'impegno profuso nell'analisi dei sistemi tecnici e biologici. Il tuo progetto di design bioispirato potrebbe collocarsi a metà strada tra questi due scenari, oppure essere completamente diverso. Tuttavia, questi scenari possono darti un'indicazione sull'opportunità di esplorare un determinato metodo per il tuo progetto.

Il design bioispirato integra sia lo sviluppo tecnico del prodotto che la ricerca biologica. Vi è scarsa sovrapposizione tra le procedure comunemente utilizzate in entrambe le discipline. Inoltre, se ingegneri e biologi devono collaborare, è necessario tenere conto dei loro diversi approcci di lavoro per garantire il successo del progetto comune.





Realtà aumentata (AR) nell'educazione alla biomimetica

La realtà aumentata (AR) sovrappone elementi virtuali al mondo reale, creando un ambiente di apprendimento interattivo e immersivo. Nel contesto della didattica della biomimetica, la realtà aumentata può migliorare significativamente la comprensione di strutture e processi biologici complessi, fornendo visualizzazioni tridimensionali e simulazioni interattive.

Diversi studi hanno dimostrato l'efficacia della realtà aumentata in ambito educativo:

- **Visualizzazione migliorata:** La realtà aumentata (AR) facilita l'esplorazione di complesse strutture biologiche, rendendo i concetti astratti più tangibili e comprensibili. Ad esempio, l'AR è stata utilizzata efficacemente per visualizzare le strutture macromolecolari, contribuendo alla comprensione delle loro funzioni e interazioni (Vardar-Ulu et al., 2024).
- **Apprendimento attraverso l'esperienza pratica:** La realtà aumentata (AR) supporta la cognizione incarnata consentendo agli studenti di interagire con modelli virtuali in uno spazio fisico, migliorando così il coinvolgimento e la memorizzazione dei concetti scientifici. È stato dimostrato che questo approccio migliora l'esperienza di apprendimento integrando l'attività fisica con l'elaborazione cognitiva (Mansour et al., 2024).
- **Motivazione e coinvolgimento:** È stato riscontrato che la natura interattiva della realtà aumentata (AR) aumenta la motivazione e il coinvolgimento degli studenti, portando a risultati di apprendimento più efficaci. Offrendo esperienze immersive, la realtà aumentata può rendere l'apprendimento più piacevole e stimolante (Subran & Diyana Mahmud, 2024).

La realtà aumentata (AR) offre un approccio trasformativo all'esplorazione dei fondamenti della biomimetica, migliorando il modo in cui gli studenti percepiscono e interagiscono con i sistemi biologici e tecnici. Fornendo esperienze immersive e interattive, la realtà aumentata facilita una comprensione più approfondita dei principi della biomimetica e dei processi di progettazione bioispirati.

Migliorare la comprensione dei principi della biomimetica attraverso la realtà aumentata

La realtà aumentata consente rappresentazioni dinamiche dei principi della biomimetica, come ad esempio:





- **Adeguamento tra forma e funzione:** i modelli interattivi in realtà aumentata possono dimostrare come le forme naturali si evolvono per ottimizzare funzioni specifiche. Ad esempio, le applicazioni di realtà aumentata possono visualizzare la microstruttura di una foglia di loto, illustrandone le proprietà idrorepellenti e ispirando la progettazione di superfici autopulenti.
-
- **Efficienza energetica:** le simulazioni AR possono confrontare l'uso di energia nei processi naturali rispetto ai sistemi ingegnerizzati, illustrando come organismi come gli uccelli riescono a volare con un dispendio energetico minimo. Questa visualizzazione comparativa aiuta a comprendere e applicare strategie di efficienza energetica nella progettazione. https://elearningindustry.com/the-role-of-augmented-reality-in-education-revolutionizing-learning-experiences?utm_source=chatgpt.com).

Visualizzazione dei processi di progettazione bio-ispirati

La natura iterativa del design bioispirato, dall'astrazione al trasferimento per analogia, può rappresentare una sfida per gli studenti. La realtà aumentata (AR) attenua queste difficoltà attraverso:

- **Simulazione di processi biologici:** Le visualizzazioni in realtà aumentata possono ricreare meccanismi biologici complessi, come la fotosintesi o le proprietà adesive delle zampe del geco, consentendo agli studenti di analizzare e studiare questi processi in modo interattivo.
- **Facilitare l'analisi multiscala:** La realtà aumentata (AR) funge da ponte tra la scala macro e quella micro, aiutando gli utenti a collegare i processi a livello di ecosistema agli adattamenti specifici degli organismi, favorendo così una comprensione olistica dei sistemi biologici.

Collaborazione interdisciplinare

La realtà aumentata (AR) favorisce una migliore collaborazione tra biologi, ingegneri e designer, fornendo una piattaforma condivisa per visualizzare e discutere concetti biologici astratti e le loro applicazioni tecniche. Può:

- **Allineare terminologie e prospettive differenti** La realtà aumentata offre riferimenti visivi in tempo reale, facilitando la comunicazione tra team interdisciplinari.
- **Semplificare le fasi di astrazione e analogia:** Grazie alla fornitura di modelli interattivi, la realtà aumentata garantisce un migliore trasferimento delle conoscenze biologiche ai progetti tecnici, migliorando l'efficienza del processo di progettazione.





Superare le sfide di progettazione

La biomimetica spesso implica la reinterpretazione delle strategie biologiche per applicazioni tecniche, un processo che richiede profonda comprensione e creatività. La realtà aumentata (AR) affronta sfide comuni, come ad esempio:

- **Guasti del prototipo:** Simulando forze e interazioni ambientali in realtà aumentata, gli utenti possono testare virtualmente la fattibilità di progetti bio-ispirati, riducendo i costosi tentativi ed errori nel mondo fisico.
- **Adattamento dinamico:** La capacità della realtà aumentata di simulare la variabilità ambientale (ad esempio, luce, dinamica dei fluidi) offre spunti su come i progetti bioispirati potrebbero comportarsi in condizioni reali, consentendo gli aggiustamenti necessari prima della prototipazione fisica (Ciloglu & Ustun, 2023).

Opportunità di integrazione della realtà aumentata

La realtà aumentata crea opportunità di apprendimento uniche nell'ambito della didattica sulla biomimetica:

- **Casi di studio interattivi:** Gli studenti possono esplorare esempi iconici di biomimetica (ad esempio, il velcro ispirato alle cardie, le superfici che ricordano la pelle di squalo) in ambienti 3D di realtà aumentata, migliorando il coinvolgimento e la comprensione.
- **Test di scenario:** La realtà aumentata può simulare il modo in cui i design bioispirati reagiscono ai cambiamenti di variabili come temperatura, pressione o luce, favorendo una comprensione più approfondita della loro applicabilità e robustezza.
- **Feedback in tempo reale:** Grazie agli strumenti di realtà aumentata, gli studenti possono visualizzare e modificare istantaneamente i loro concetti ispirati alla natura, favorendo l'apprendimento iterativo e l'innovazione.

L'integrazione della realtà aumentata (AR) nell'educazione alla biomimetica si allinea con le tendenze più ampie dell'apprendimento esperienziale e immersivo. Man mano che le tecnologie AR diventano più avanzate e accessibili, offrono opportunità senza precedenti per approfondire la comprensione, migliorare la collaborazione e ispirare applicazioni innovative dei principi della biomimetica. L'adozione della realtà aumentata in contesti educativi può portare a esperienze di apprendimento più efficaci e coinvolgenti, preparando gli studenti ad applicare i concetti di biomimetica in scenari del mondo reale. <https://elearningindustry.com/augmented-reality-in-education-staggering-insight-into-future>).

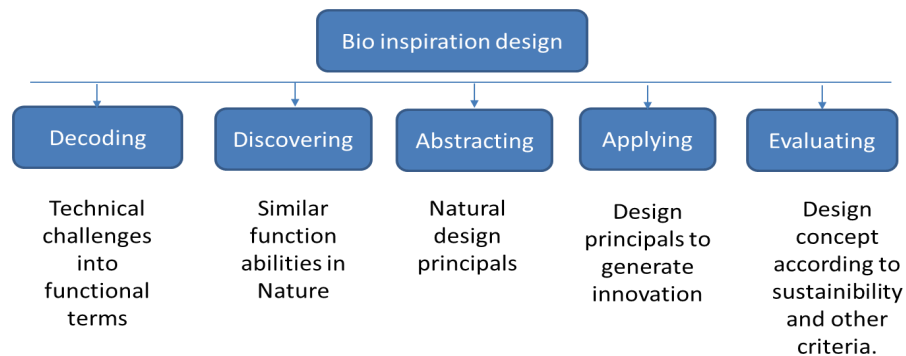




Modulo ESEGUI

Processo di progettazione bioispirato

Il design bioispirato esamina la struttura e il funzionamento delle strutture organiche come modelli e progetta o costruisce materiali e macchine moderni. È ampiamente riconosciuto come sinonimo di biomimetica, biomimesi e biognosi, e paragonabile alla biomimetica. Il termine biomimetica deriva dalla parola greca bios, "vita", e dall'aggiunta di mimetico, "che ha una predisposizione all'imitazione".



In generale, il design ispirato alla natura può essere una strategia per trovare soluzioni alle sfide umane imitando schemi e concetti presenti in natura. Viene utilizzato in molti ambiti: edifici, veicoli e persino materiali.

Processo di progettazione bioispirato con realtà aumentata (AR)

L'integrazione della Realtà Aumentata (AR) nel processo di progettazione bio-ispirata migliora l'interattività, la visualizzazione e l'accessibilità. Questo approccio si allinea al concetto di "progettazione immersiva", che utilizza l'AR per creare ambienti digitali realistici per gli utenti. Inoltre, l'applicazione dell'AR nei processi di progettazione è stata esplorata in vari studi, evidenziando il suo potenziale di rivoluzionare i metodi tradizionali. <https://journals.open.tudelft.nl/abe/article/view/3753>).

Pratica di progettazione biomimetica

I biologi sono figure chiave nel processo di progettazione biomimetica, poiché questo si basa in larga misura sulla conoscenza biologica; tuttavia, il ruolo del progettista rimane centrale. Questo principio è particolarmente valido quando si tratta di astrarre le strategie biologiche in principi di progettazione più ampiamente applicabili e di implementarli per risolvere le sfide umane. L'obiettivo della biomimetica non è creare una replica di una forma, un processo o un ecosistema naturale, bensì derivare principi di progettazione dalla biologia e utilizzarli come





stimolo per l'ideazione. Una soluzione biomimetica finale dovrebbe dimostrare chiaramente un trasferimento di principi funzionali o organizzativi dalla biologia.

Dopotutto, lo scopo della biomimetica è quello di attingere alla conoscenza racchiusa nei 3,8 miliardi di anni di ricerca e sviluppo della natura, e raggiungere questo obiettivo è impossibile se l'analogia funzionale tra il modello naturale e il progetto finale si perde nella traduzione.

Progettazione biomimetica potenziata dalla realtà aumentata

L'integrazione della realtà aumentata (AR) nelle pratiche di progettazione biomimetica migliora gli aspetti di visualizzazione, simulazione e collaborazione del processo di progettazione, portando a soluzioni più efficaci e innovative.

Visualizzazione migliorata dei modelli biologici

La realtà aumentata (AR) consente ai progettisti di esplorare le strutture biologiche in tre dimensioni, facilitando una comprensione più approfondita delle relazioni tra forma e funzione. Ad esempio, i modelli AR interattivi permettono la manipolazione in tempo reale, contribuendo ad astrarre principi chiave come l'efficienza energetica, l'idrofobicità o l'adesione. Questa capacità è in linea con i risultati che dimostrano come la realtà aumentata possa migliorare significativamente il processo di progettazione, fornendo interazioni intuitive e tangibili con i modelli virtuali (Shin et al., 2013).

Simulazioni dinamiche di processi naturali

Grazie alla realtà aumentata (AR), i progettisti possono simulare processi naturali come la fotosintesi o la fluidodinamica all'interno di strutture biologiche, osservando le funzioni del sistema in diverse condizioni. Questa simulazione dinamica offre spunti per il trasferimento dei principi biologici alla progettazione tecnica o architettonica, poiché la realtà aumentata supporta la visualizzazione e l'interazione di dati complessi, elementi cruciali per le attività di progettazione collaborativa (Nilsson et al., 2008).

Collaborazione e generazione di idee rafforzate.

La realtà aumentata (AR) offre una piattaforma visiva condivisa che migliora la collaborazione interdisciplinare tra biologi, ingegneri e designer. Le interazioni e le simulazioni in tempo reale contribuiscono ad allineare prospettive e terminologie, garantendo una transizione più fluida dai principi biologici alle applicazioni tecniche. La ricerca indica che i sistemi AR possono creare esperienze collaborative uniche, consentendo agli utenti di interagire con oggetti virtuali 3D condivisi, facilitando così una comunicazione efficace e lo scambio di idee (Lukosch, 2015).





Prototipazione interattiva e feedback

Grazie agli strumenti di realtà aumentata (AR), i progettisti possono prototipare virtualmente soluzioni bio-ispirate e testarle in ambienti simulati. Questo approccio riduce i costi e i tempi associati alla prototipazione fisica e consente miglioramenti iterativi basati su un feedback immediato. Studi hanno dimostrato che la realtà aumentata può supportare efficacemente le sessioni di progettazione collaborativa, consentendo a più partecipanti di visualizzare e interagire contemporaneamente con modelli potenziati dalla realtà aumentata (Giunta, 2022).

Indagine sulla realtà aumentata spaziale per la progettazione collaborativa Giunta, L. (Autore).
22 giugno 2022

Implementazione della realtà aumentata nelle soluzioni biomimetiche

L'integrazione della realtà aumentata (AR) nelle pratiche di progettazione biomimetica migliora il processo facilitando l'astrazione dei principi biologici, consentendo la sperimentazione virtuale e garantendo un'accurata traduzione funzionale in applicazioni pratiche.

- **Principi di astrazione:** La realtà aumentata (AR) consente ai progettisti di interagire con modelli 3D dettagliati di sistemi biologici, facilitando l'identificazione e l'estrazione dei principi funzionali. Questa interazione immersiva migliora la comprensione e promuove l'innovazione nel design.
- **Applicazione di progettazione:** Grazie alla sperimentazione e alla visualizzazione virtuale, la realtà aumentata (AR) facilita l'applicazione di principi biologici astratti a scenari reali. Questo approccio consente ai progettisti di testare e perfezionare in modo efficiente i progetti bio-ispirati.
- **Traduzione funzionale:** La realtà aumentata (AR) garantisce la traduzione accurata dei modelli naturali in progetti finali, fornendo strumenti per confrontare e validare dinamicamente le strategie biologiche. Questo processo di validazione dinamica contribuisce a mantenere l'integrità delle soluzioni bioispirate (Shin et al., 2013).

Grazie all'utilizzo delle tecnologie di realtà aumentata, il processo di progettazione biomimetica diventa più solido ed efficace, allineandosi agli approcci moderni all'innovazione e alla sostenibilità, basati sulla tecnologia.

La biologia come modello e le invenzioni:

La natura possiede un vastissimo patrimonio di invenzioni che hanno superato la dura prova della praticità e della durabilità in un ambiente in continua evoluzione. Per sfruttare al meglio le potenzialità della natura, è fondamentale creare un ponte tra biologia e ingegneria e promuovere la collaborazione tra esperti di entrambi i settori. Questo sforzo congiunto può contribuire a trasformare le capacità della natura in capacità, strumenti e meccanismi





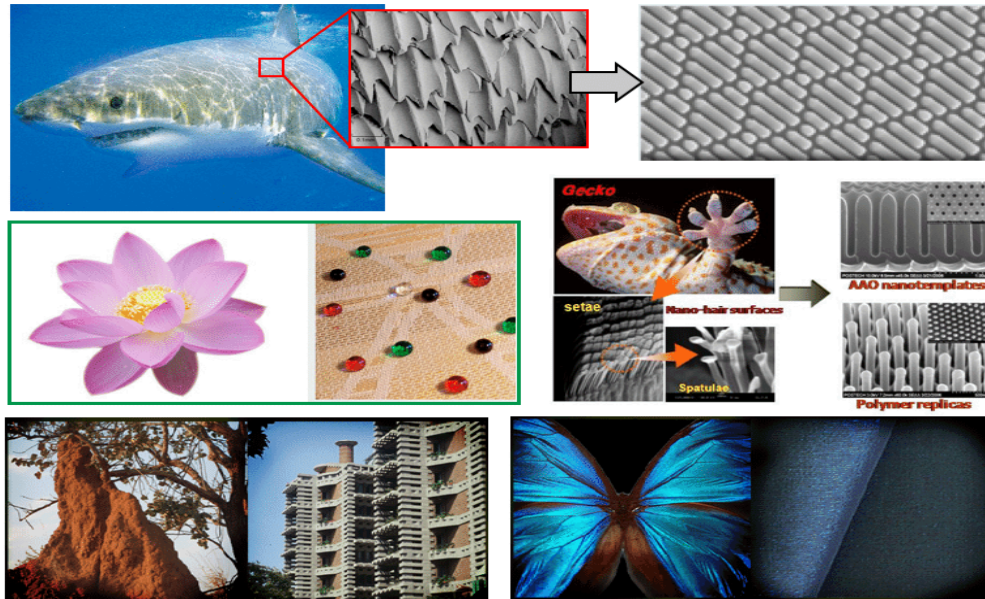
ingegneristici. Per approcciare la natura in termini ingegneristici, è necessario classificare le capacità biologiche in base a categorie tecnologiche. In particolare, si possono individuare caratteristiche biologicamente identificate e cercare un'analogia in termini ingegneristici, come illustrato nella tabella.

Caratteristiche simili tra sistemi biologici e sistemi ingegneristici		
Biologia	Ingegneria	Bioingegneria, biomimetica, bionica e biomeccanica
Corpo	Sistema	Vengono sviluppati sistemi con materiali e strutture multifunzionali che emulano le capacità dei sistemi biologici.
Scheletro e ossa	Struttura montanti e di supporto	Le strutture di supporto fanno parte di ogni sistema artificiale.
Cervello	Computer	Si stanno compiendo progressi nei computer emulando il funzionamento del cervello umano. cervello
Intelligenza	Intelligenza artificiale	Numerosi aspetti dell'intelligenza artificiale si sono ispirati alla biologia, tra cui la realtà aumentata, i sistemi autonomi, l'intelligenza computazionale, i sistemi esperti, la logica fuzzy, ecc.
Sensi	Sensori	La visione artificiale, il radar e altri rilevatori di prossimità hanno tutti analogie biologiche dirette. Tuttavia, anche nella migliore delle ipotesi, le capacità dei sensori artificiali non sono neanche lontanamente paragonabili a quelle dei biosensori.
Muscoli	Attuatori	I polimeri elettroattivi sono attuatori con una funzionalità simile a quella dei muscoli naturali.
Generazione di energia elettrochimica	Batterie ricaricabili	L'utilizzo di materiali biologici per produrre energia offrirà enormi vantaggi ai sistemi meccanici.





Capacità della natura:



Alcune capacità della natura possono ispirare nuovi meccanismi, dispositivi e robot. Un esempio potrebbe essere la capacità del picchio di colpire il legno senza subire danni cerebrali. Un'altra capacità fonte di ispirazione è la capacità di numerose creature di muoversi con molteplici opzioni, tra cui volare, scavare, nuotare, camminare, saltare, correre, arrampicarsi e strisciare. Sempre più spesso, le capacità di ispirazione biologica stanno diventando pratiche, come l'evitamento delle collisioni tramite vibrisse o sonar, il mimetismo controllato e i materiali con proprietà autoriparanti. Una delle sfide principali sarà quella di creare dispositivi miniaturizzati in grado di:

- volare con un'enorme manovrabilità come una libellula;
- aderiscono a pareti lisce e ruvide come un gecko;
- adattarsi alla consistenza, ai motivi e alla forma dell'ambiente circostante come un camaleonte, oppure riconfigurare il proprio corpo per viaggiare attraverso tubi molto stretti come un polpo;
- elaborare immagini tridimensionali (3D) complesse in tempo reale;
- riciclare l'energia di mobilità per un funzionamento e una locomozione altamente efficienti;
- si autoriproducono e crescono autonomamente utilizzando le risorse circostanti;
- generare e immagazzinare energia chimicamente; e molte altre capacità per le quali la biologia offre un modello di ispirazione per la scienza e l'ingegneria.

Sebbene molti aspetti della biologia siano ancora al di là della nostra comprensione, sono stati compiuti progressi significativi.





Modulo di approfondimento

Esempi di progetti che utilizzano strumenti di realtà aumentata per la didattica della biomimetica

Gli strumenti di realtà aumentata (AR) introducono nuove dimensioni nell'insegnamento della biomimetica, offrendo agli studenti un modo immersivo e interattivo per familiarizzare con i principi biologici e tradurli in soluzioni di design innovative. Di seguito sono riportati alcuni esempi di come gli strumenti AR possono adattare e migliorare progetti preesistenti.

Progettato ispirandosi alla natura: (Istituto di Biomimicry, 2009)

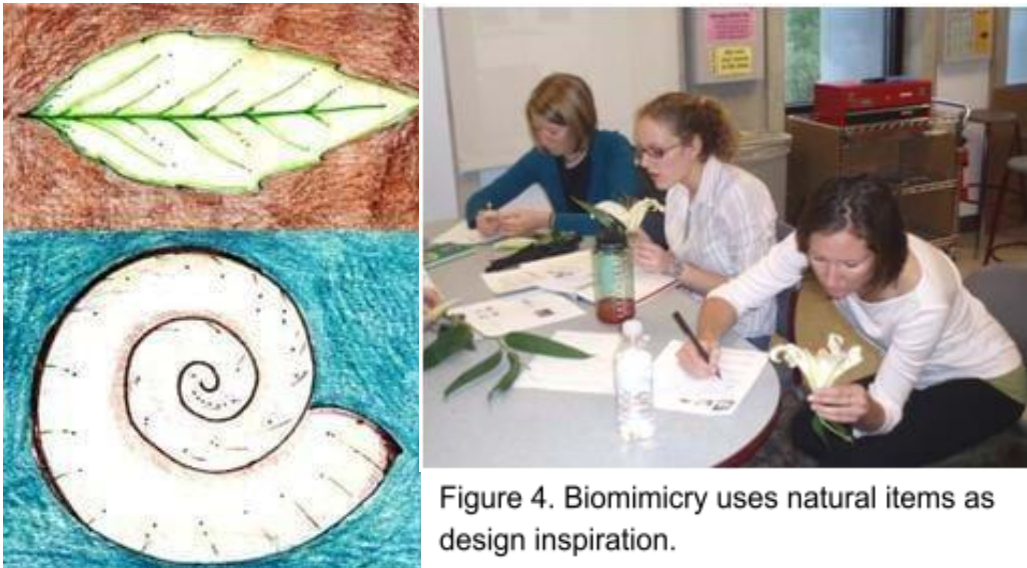


Figure 4. Biomimicry uses natural items as design inspiration.

In questa attività di esempio di livello base, gli studenti scoprono come gli ingegneri possono utilizzare la biomimetica per migliorare i loro progetti. Imparano come l'attenta osservazione della natura – diventando, per così dire, dei detective della natura – possa portare a innovazioni e prodotti. In questa attività, gli studenti analizzano un fiore tramite ingegneria inversa per ricavare idee di design per nuovi prodotti.

- Collegamento con l'ingegneria: piante e animali sono a tutti gli effetti gli ingegneri della natura. Ad esempio, una foglia può sfruttare l'energia solare in modo più efficiente dei nostri migliori pannelli solari. Nel corso di milioni di anni, piante e animali hanno sviluppato ingegnosi metodi per sopravvivere sulla Terra. Come ingegneri, possiamo





consultare la natura per migliorare i nostri progetti e prodotti esistenti. Studiando la natura, possiamo anche trarre ispirazione per progetti che non sono mai esistiti.

Al termine di questa attività, gli studenti dovrebbero essere in grado di:

- Spiega come la biomimetica può essere utilizzata per migliorare la progettazione ingegneristica.
- Descrivi il processo di ingegneria inversa di un oggetto.
- Spiega come il brainstorming in un team possa portare a idee più creative.

Prima dell'attività

1. Raccogli il materiale.
2. Fai delle copie del foglio di lavoro "Esplorando la biomimetica".
3. Esaminate gli esempi di biomimetica sopra riportati (ulteriori esempi sono disponibili nelle risorse elencate nella sezione Riferimenti).
4. Esercitate a decostruire un fiore per prepararvi alle tipologie di domande che gli studenti ti porranno.

Con gli studenti

Parte I: Ingegneria inversa

1. Ripassa i concetti principali della biomimetica e presenta diversi casi di studio per motivare gli studenti.
2. (Consigliato) Completare l'attività di pre-valutazione prima di svolgere l'attività principale. Questo aiuta a preparare il terreno per la sfida di reverse engineering.
3. Dividete la classe in gruppi di 2-3 studenti ciascuno.
4. Consegnate a ciascun gruppo una scheda di lavoro.
5. Utilizzate la scheda di lavoro per ripassare il concetto e la procedura di reverse engineering prima di consegnare ai team i fiori e gli strumenti. Potreste anche richiedere a ciascun team di rispondere a una domanda di indagine prima di distribuire il materiale.
6. Fornite a ciascun gruppo un set di strumenti per l'ingegneria inversa, come stuzzicadenti, pinzette, strumenti da taglio, lenti d'ingrandimento e sacchetti di plastica.
7. Invita gli studenti a iniziare il processo di ingegneria inversa dei loro fiori. Assicuratevi che i gruppi seguano le schede di lavoro, che illustrano i seguenti quattro passaggi:
 - a. Smonta con cura il fiore e disegna le diverse componenti.
 - b. Descrivi i colori e le texture del fiore. Perché il fiore è stato creato con questi materiali?
 - c. Descrivi la forma e la struttura generale del fiore. Quale problema potrebbe risolvere il fiore grazie a questa forma e struttura?
 - d. In che modo un ingegnere potrebbe riprodurre il materiale, il colore, la forma e la struttura del fiore per progettare qualcosa di nuovo?
 - e. Quali concetti scientifici che hai appreso in precedenza sono correlati al fiore? Come potresti utilizzarli nel tuo progetto?

Attività originale: Gli studenti decostruiscono un fiore per comprenderne la struttura, i materiali e il design funzionale. Arricchita con la realtà aumentata:





- Utilizzare strumenti come **JigSpace** fornire modelli 3D in realtà aumentata di fiori, consentendo agli studenti di esplorare virtualmente le loro strutture interne e di comprenderne le relazioni tra forma e funzione.
- Simula come i petali interagiscono con gli elementi ambientali, ad esempio proteggendo il polline dal vento o rifrangendo la luce per attirare gli impollinatori.
- Consenti lo smontaggio dei modelli virtuali, permettendo agli studenti di osservare componenti strutturali chiave come la consistenza dei petali o la flessibilità dello stelo, favorendo una più profonda comprensione ecologica.

Nuovo obiettivo di apprendimento: gli studenti acquisiscono una maggiore comprensione di come applicare le strutture biologiche a problemi ingegneristici concreti, come la creazione di superfici idrorepellenti o materiali sostenibili.

Parte II: Progettazione del prodotto

1. Una volta che gli studenti avranno completato il processo di ingegneria inversa dei fiori, chiedete loro di ideare potenziali nuovi prodotti basati su ciò che hanno osservato. Ad esempio, i prodotti ispirati al fiore potrebbero essere nuovi indumenti impermeabili, un sistema di raccolta dell'acqua piovana per una casa, materiali da costruzione leggeri, un grattacielo in grado di oscillare al vento senza rompersi, ecc.
2. Ogni gruppo dovrà dedicare circa 10 minuti al brainstorming per individuare potenziali prodotti. Dovranno poi annotare o disegnare tutte le idee emerse durante la sessione di brainstorming.
3. Chiedete ai gruppi di scegliere un prodotto finale da presentare alla classe. Fornite agli studenti un elenco di criteri o vincoli di progettazione. Ad esempio: dimensioni, budget, materiali, risorse, contesto culturale, ecc. Questo aiuta gli studenti a "indossare i panni dell'ingegnere". Alcuni esempi potrebbero essere i seguenti:
 - Richiedere agli studenti di sviluppare progetti che contribuiscano a risolvere i problemi ambientali.
 - Richiedere agli studenti di sviluppare progetti che contribuiscano a risolvere problemi sanitari/medici.
 - Richiedere agli studenti di sviluppare progetti realizzabili in un paese in via di sviluppo o in un'area rurale con risorse limitate.
 - Fornite agli studenti un budget ipotetico, ad esempio di 100 dollari.
 - Richiedere che i progetti degli studenti non producano alcuno spreco, ovvero che utilizzino esclusivamente materiali riutilizzabili.
4. Concedi a ciascun gruppo altri 10 minuti per sviluppare le idee migliori per i loro prodotti finali. Chiedi loro di realizzare schizzi e appunti sui loro prodotti su un nuovo foglio di carta. Fai in modo che gli studenti incorporino, ove opportuno, i vincoli di progettazione indicati dall'insegnante.
5. Valutare i diversi progetti per determinare in che misura soddisfano i criteri/vincoli.
6. Chiedete a ciascun gruppo di presentare il proprio prodotto al resto della classe. Se i gruppi si sentono a proprio agio, chiedete loro di disegnare le proprie idee alla lavagna e di rispondere alle domande degli altri gruppi sui loro prodotti.
7. Dopo che tutti i gruppi avranno presentato il loro lavoro, guidate l'attività di valutazione finale con gli studenti.





Figure 5. Two students reverse engineer a sunflower, © 2009 by Regents of the University of Colorado

Arricchisci con la realtà aumentata:

- Sfrutta le piattaforme di realtà aumentata come **Assemblr EDU** per consentire agli studenti di creare prototipi virtuali di design ispirati alla natura.
- Simula la funzionalità del prodotto in tempo reale, come ad esempio indumenti impermeabili che imitano le foglie di loto o materiali leggeri modellati sulle strutture vegetali.
- Gli ambienti di realtà aumentata collaborativa incoraggiano il brainstorming di gruppo e migliorano la risoluzione dei problemi in team.

Nuovo obiettivo di apprendimento: gli studenti imparano a collegare biologia e ingegneria progettando soluzioni bio-ispirate con meccanismi di feedback potenziati dalla realtà aumentata.

Tecnologie e meccanismi in natura:

Il controllo automatico del funzionamento di un sistema è limitato se si utilizza un software semplice con solo opzioni predefinite. Sempre più spesso, i sistemi vengono resi più intelligenti grazie all'intelligenza artificiale, dove gli algoritmi di controllo imitano la natura. Rendere questi sistemi intelligenti implica l'utilizzo di algoritmi di intelligenza artificiale che forniscono capacità di controllo critiche come l'acquisizione della conoscenza, la rappresentazione e la riorganizzazione in condizioni di incertezza, la pianificazione, la visione, il tracciamento di volti e caratteristiche, l'elaborazione del linguaggio, la mappatura e la navigazione, l'elaborazione del linguaggio naturale e l'apprendimento automatico. In generale, l'intelligenza artificiale è una branca dell'informatica che studia i requisiti computazionali per compiti come la percezione, la riorganizzazione e l'apprendimento, al fine di consentire lo sviluppo di sistemi in grado di svolgere tali funzioni. Il miglioramento della comprensione della cognizione umana sta consentendo agli scienziati di comprendere sempre più i requisiti dell'intelligenza in generale e di sviluppare dispositivi intelligenti, agenti autonomi e sistemi che cooperano con gli esseri umani per potenziarne le capacità.



Numerosi esempi di meccanismi sono stati ispirati dall'osservazione della biologia; alcuni esempi sono riportati in questo documento.

- **Motori lineari a bruco**

Il bruco biologico, o "inchworm", è un bruco appartenente alla famiglia delle Geometridae, che possiede sei zampe anteriori e quattro posteriori. L'emulazione del meccanismo di mobilità di questa larva ha portato allo sviluppo di motori e attuatori lineari noti come "inchworm". Questi motori, disponibili in commercio, sono azionati da attuatori piezoelettrici (prodotti da aziende come Burleigh Instruments). Possono muoversi a una velocità di circa 2 mm/s con una risoluzione nanometrica, offrendo al contempo una corsa di centinaia di millimetri. Le forze generate da questi motori possono superare i 30 N, con gioco nullo e alta stabilità. La loro natura non magnetica offre vantaggi per applicazioni in strumenti di test come le apparecchiature per la risonanza magnetica (MRI). Rispetto ai muscoli biologici, gli inchworm azionati da attuatori piezoelettrici non dissipano potenza quando mantengono la posizione.

I meccanismi a bruco presentano numerose configurazioni in cui il principio di azionamento unificatore utilizza due freni e un estensore. Questi motori eseguono passi ciclici in cui il freno posteriore si blocca su un albero e un estensore spinge in avanti il freno anteriore. Successivamente, il freno anteriore blocca l'albero, rilasciando il freno posteriore e ritraendo l'estensore per avanzare di un passo. e questo passaggio può essere piccolo quanto 1 nm.

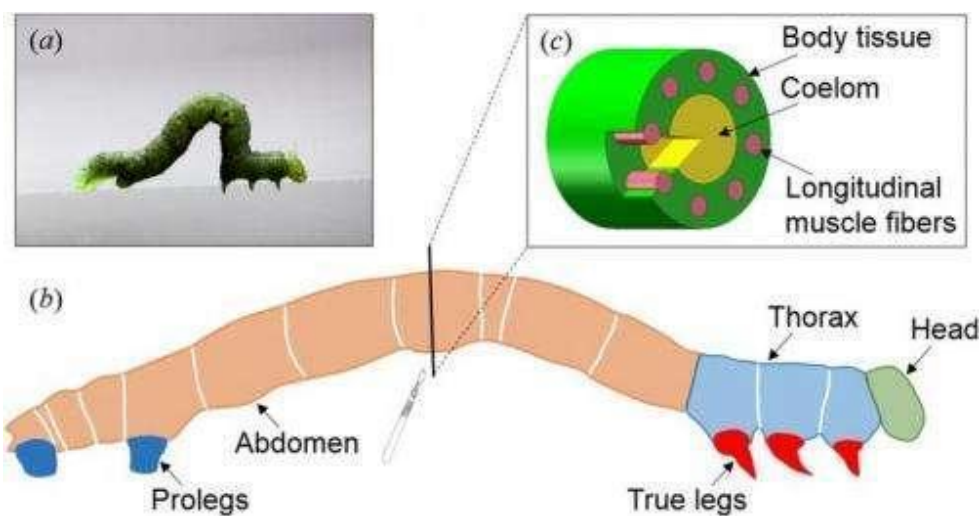


Figure 6. (a) A real inchworm, (b) side view sketch of an inchworm and (c) sketch of its main muscular structures. Credit: Wang, et al. ©2014 IOP Publishing

Infatti, come progetto per studenti, esplorano come il movimento del bruco abbia ispirato i motori piezoelettrici, comprendendone i principi di mobilità, efficienza e applicazioni pratiche in dispositivi come i sistemi di risonanza magnetica.





Messa a fuoco migliorata con la realtà aumentata

Grazie alla realtà aumentata, gli studenti possono:

1. Visualizza in 3D la biomeccanica del movimento del bruco.
2. Simula come gli attuatori piezoelettrici replicano questo movimento nei motori lineari.
3. Realizzare prototipi di motori bioispirati in modalità virtuale, testandone funzionalità ed efficienza.

1. Visualizzazione del movimento del bruco

- Strumento: Utilizzare **JigSpace** O **Merge Cube** per fornire un modello interattivo 3D del corpo e della struttura muscolare del bruco.
- Attività:

Gli studenti manipolano il modello in realtà aumentata per osservare come i muscoli del bruco coordinano i movimenti ciclici.

Le simulazioni possono mostrare come il bruco adatta il suo movimento a diverse superfici, evidenziando i principi funzionali alla base della sua mobilità.

2. Simulazione del meccanismo del motore piezoelettrico

- Strumento: Utilizzare **Assemblr EDU** o piattaforme simili per creare una simulazione AR 3D di attuatori piezoelettrici che replichino il movimento del bruco.
- Attività:

Gli studenti esplorano un modello in realtà aumentata del motore per comprendere il ruolo dei freni, degli estensori e degli attuatori piezoelettrici.

Le simulazioni permettono agli studenti di regolare le variabili (ad esempio, velocità del motore, forza o risoluzione) e di osservarne gli effetti in tempo reale.

3. Prototipazione di motori bioispirati

- Strumento: Sfrutta Reality Composer o **Sketchfab** per la prototipazione basata sulla realtà aumentata.
- Attività:

Gli studenti progettano i propri motori ispirati al bruco utilizzando strumenti di realtà aumentata.

Possono testare i motori virtualmente, osservando come le modifiche alla configurazione del motore influiscono sulle sue prestazioni (ad esempio, precisione, stabilità o efficienza energetica).





4. Applicazioni pratiche della realtà aumentata

- **Strumento:** Utilizza la realtà aumentata per simulare applicazioni reali dei motori a bruco in contesti medici, industriali o robotici.
- **Attività:**

Gli studenti possono osservare il funzionamento del motore in dispositivi come gli scanner per risonanza magnetica o i bracci robotici.

Le simulazioni possono evidenziare i vantaggi dei progetti ispirati al movimento del bruco, come l'elevata precisione e la bassa dissipazione di energia.

Nuovi obiettivi di apprendimento

1. **Comprensione biomeccanica:** gli studenti acquisiscono una comprensione più approfondita del movimento del bruco e di come questo abbia ispirato soluzioni ingegneristiche innovative.
2. **Pensiero sistemico:** la realtà aumentata promuove una visione integrata dei principi biologici e delle applicazioni ingegneristiche.
3. **Progettazione e sperimentazione:** gli studenti sviluppano e testano progetti ispirati alla natura in un ambiente virtuale e privo di rischi, favorendo la creatività e l'apprendimento iterativo.
4. **Rilevanza nel mondo reale:** la realtà aumentata dimostra l'impatto della biomimetica in contesti pratici, rendendo l'esperienza di apprendimento più significativa.

- **Meccanismi di pompaggio**

I meccanismi di pompaggio presenti in natura offrono un ottimo modello per i dispositivi di pompaggio di fluidi e gas. La natura utilizza diversi meccanismi di pompaggio, impiegati anche nelle pompe meccaniche. I polmoni pompano aria dentro e fuori (pompaggio a volume corrente) grazie al diaframma, che permette la respirazione con il supporto dei muscoli intercostali. Il pompaggio peristaltico è una delle forme di pompaggio più comuni nei sistemi biologici, dove i liquidi vengono spinti nella direzione desiderata. Questo tipo di pompaggio è frequente nell'apparato digerente. Il pompaggio tramite valvole e camere che variano di volume si riscontra nel cuore umano e animale, con l'espansione e la contrazione delle camere. L'utilizzo di valvole unidirezionali è fondamentale per il flusso sanguigno all'interno delle vene, dove la pressione è inferiore.



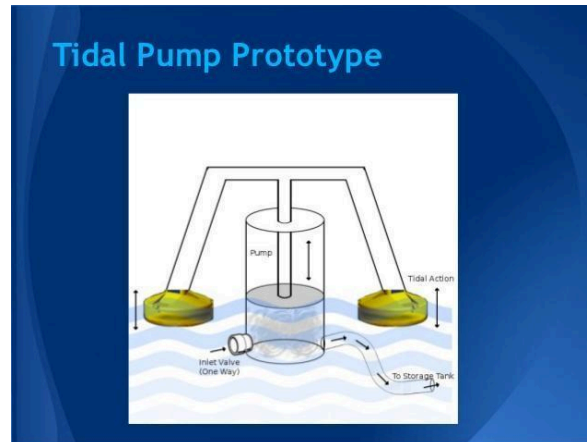


Figure 7. Tidal pump, <https://www.slideshare.net>

Considerando questo meccanismo come un progetto studentesco, gli studenti esplorano i meccanismi di pompaggio naturali come il cuore umano o la peristalsi nell'apparato digerente.

Arricchito con la realtà aumentata:

- Utilizza strumenti di realtà aumentata come **Merge Cube** per creare modelli 3D interattivi di pompe biologiche, consentendo agli studenti di esplorarne l'anatomia e la funzionalità.
- Le simulazioni possono dimostrare la dinamica dei fluidi, illustrando come le valvole unidirezionali e le differenze di pressione consentano un trasporto efficiente dei fluidi.
- Gli studenti possono progettare prototipi virtuali di pompe bioispirate per applicazioni come dispositivi medici o sistemi di irrigazione.

Nuovo risultato di apprendimento: Gli studenti acquisiscono una comprensione più approfondita della meccanica dei fluidi e della sua applicazione in soluzioni tecnologiche efficienti.

• Adesione controllata

Molti organismi riescono a ottenere un'adesione controllata a umido o a secco. Utilizzando una microstruttura altamente fibrillata, l'*Hemisphaerota cyanea* (un coleottero) utilizza un'adesione a umido basata sull'interazione capillare. D'altra parte, il gecko mostra una notevole adesione a secco utilizzando le forze di van der Waals. Anche se queste forze forniscono una bassa energia intrinseca ($\sim 50 \text{ m J m}^{-2}$), la loro efficace applicazione localizzata consente la notevole capacità (Autumn et al 2002). Utilizzando questo meccanismo di adesione, il gecko può correre su vetro lucidato a una velocità di circa 1 m s^{-1} e attaccare il suo corpo al muro usando un solo dito per sostenere il suo peso corporeo. Questa capacità ha motivato gli sforzi per imitare il meccanismo di adesione del gecko e sono stati riportati alcuni successi limitati. Tale ricerca è stata



condotta da Autumn e Peattie (2003) che hanno sviluppato un modello artificiale di punta del pelo del piede per un adesivo secco autopulente che funziona sott'acqua e in vuoto.

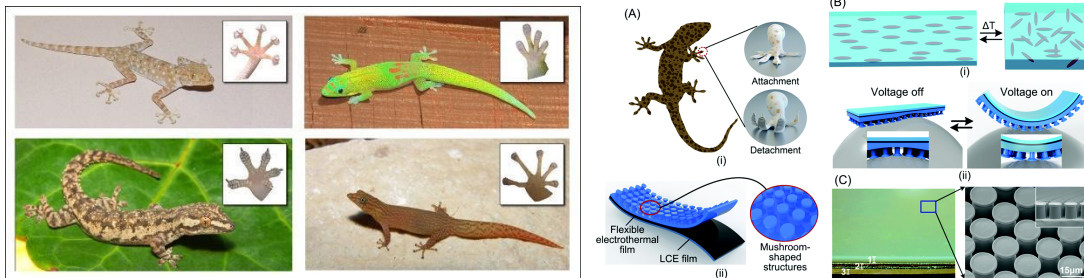


Figure 8. Gecko's adhesion specification, (Hongmiao Tian&all,2020)

Questo esempio può essere utilizzato come progetto per gli studenti, che potranno così comprendere come i gechi aderiscono alle superfici e ideare soluzioni per imitare questa funzione.

Arricchito con la realtà aumentata:

- Utilizzare un **Compositore della realtà** o strumenti simili per consentire agli studenti di visualizzare le strutture del piede del geco su scala microscopica in realtà aumentata.
- Le simulazioni interattive possono mostrare come le forze di van der Waals consentano l'adesione, anche su superfici lisce.
- Gli studenti possono testare e modificare progetti virtuali ispirati all'adesione del geco, come ad esempio dispositivi robotici o medici.

Nuovo risultato di apprendimento: Gli studenti comprendono la scienza alla base dell'adesione e il suo potenziale per la risoluzione innovativa di problemi, come la creazione di attrezzature da arrampicata più sicure o adesivi subacquei.

• Nido d'ape

Il favo è costruito dalle api nell'oscurità più totale ed è costituito da una perfetta struttura cellulare esagonale che offre una forma di impacchettamento ottimale. Per le api, la geometria soddisfa l'esigenza di costruire una struttura che fornisca il massimo



contenimento stabile (miele, larve) utilizzando la minima quantità di materiale. Per le stesse ragioni, il favo è una struttura ideale per la costruzione delle superfici di controllo di un aeromobile e lo si può trovare nelle ali, negli elevatori, nella coda, nel pavimento e in molte altre parti che necessitano di resistenza e grandi dimensioni, pur mantenendo un peso ridotto.



Figure 10.3D Printed 'Homed' by Framlab Offers Shelter for New York's Homeless according to honeycomb.<https://www.dezeen.com>



Interpretando questa idea come un progetto studentesco, gli studenti studiano la geometria del nido d'ape per comprenderne la resistenza e l'efficienza dei materiali.

Arricchisci con la realtà aumentata:

- Utilizza strumenti di realtà aumentata come **Sketchfab** per offrire esperienze immersive di strutture a nido d'ape, consentendo agli studenti di analizzare come la loro geometria ottimizzi lo spazio e l'uso dei materiali.
- Per dimostrare l'utilità diretta di questi principi, simuliamo in realtà aumentata applicazioni reali, come progetti architettonici ispirati alla struttura a nido d'ape o componenti di aeromobili.

Nuovo risultato di apprendimento: Gli studenti collegano l'efficienza strutturale dei progetti naturali alle pratiche di ingegneria e architettura sostenibili.

Considerazioni sulla biomimetica per applicazioni planetarie:

Per le future applicazioni di esplorazione spaziale, la biomimetica offre una serie di concetti che possono essere potenzialmente utilizzati per abilitare nuove tecnologie e migliorare le capacità disponibili. Per sfruttare i potenziali vantaggi che le future missioni NASA possono trarre dall'imitazione della natura. Come potenziale applicazione di questi materiali, si può immaginare la disponibilità di muscoli artificiali forti e robusti basati su EAP.¹ I materiali potrebbero consentirci nei prossimi anni di produrre robot biomimetici con zampe in grado di correre veloci come un

¹I polimeri elettroattivi, o EAP, sono polimeri che mostrano una variazione di dimensione o forma se stimolati da un campo elettrico. Le applicazioni più comuni di questo tipo di materiale si trovano negli attuatori e nei sensori.



ghepardo, trasportare massa come un cavallo, scalare ripide scogliere come un geco, riconfigurare il proprio corpo come un polpo, volare come un uccello e scavare gallerie come una talpa. Questa è una visione incredibile per i robot che potrebbero essere potenzialmente utilizzati per esplorare i pianeti dell'universo e potrebbe portare a futuri

Piani di missione planetaria basati su una sceneggiatura per il funzionamento del robot, ispirata a idee fantascientifiche. Alcuni dei compiti che tali robot potrebbero dover svolgere includono il rilevamento autonomo di acqua, varie risorse e possibilmente indicatori biologici nella ricerca di vita passata o presente, o persino la costruzione di strutture per futuri habitat umani. Una volta che questi robot saranno sufficientemente affidabili per operare nell'ambiente ostile dello spazio, saranno in grado di fungere da surrogati umani nell'esecuzione di compiti che richiedono capacità umane, senza esporre persone reali a rischi inutili.

Le applicazioni spaziali sono tra le più impegnative in termini di condizioni operative estreme, richiedendo un elevato livello di robustezza e durata. La realizzazione di capacità biomimetiche utilizzando materiali elettroattivi potrebbe consentire alla NASA di condurre missioni su altri pianeti utilizzando robot che emulano le operazioni umane, prima ancora dell'atterraggio di esseri umani. In generale, i requisiti e le sfide associate alla realizzazione di hardware basato su questa tecnologia emergente per i voli spaziali sono molto difficili da superare.

Tuttavia, poiché tali applicazioni di solito implicano la produzione di piccoli lotti, possono rappresentare un'importante opportunità per introdurre e sperimentare nuovi attuatori e dispositivi. Ciò contrasta con le applicazioni commerciali, per le quali le problematiche legate alla produzione di massa, alla domanda dei consumatori e al costo unitario possono essere cruciali per il trasferimento tecnologico all'uso pratico. In generale, la realizzazione di robot bioispirati azionati da attuatori EAP potrebbe avere capacità superiori a quelle delle creature naturali, poiché questi robot non sono vincolati dalle esigenze evolutive e di sopravvivenza, fondamentali per gli organismi biologici. Bar-Cohen e i suoi collaboratori hanno costruito un braccio robotico miniaturizzato che veniva sollevato da un attuttore EAP basato su un elastomero dielettrico arrotolato e funzionava come un attuttore lineare. La telepresenza combinata con la realtà virtuale tramite interfaccia aptica offre un altro importante potenziale per le applicazioni spaziali, in particolare per evitare il contatto diretto degli esseri umani con condizioni pericolose.

Bar-Cohen e il suo team di ricerca hanno ideato un progetto innovativo: un braccio robotico minimamente invasivo, utilizzabile come strumento chirurgico, può essere realizzato con una configurazione a polpo, dotato di tentacoli con molteplici gradi di libertà e equipaggiati con diversi strumenti. Per realizzare tale possibilità, è stata considerata una combinazione di attuatori elettroattivi (EAP) e fluidi elettroeologici (ERF), che permette di controllare la rigidità del braccio robotico flessibile e di utilizzarlo come interfaccia aptica.

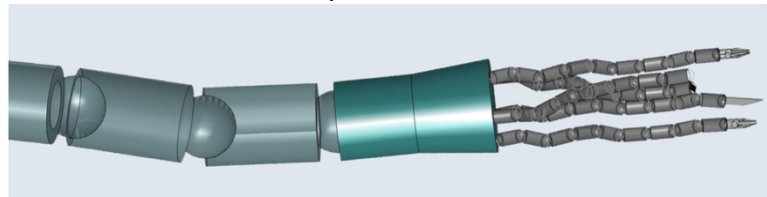


Figure 17. A graphic view of an octopus-configured catheter for surgical applications. (Bar-Cohen, 2006)





Considerazioni sulla biomimetica per applicazioni planetarie: Il progetto, che prevede robot biomimetici per l'esplorazione spaziale, può essere notevolmente migliorato grazie agli strumenti di realtà aumentata (AR). Integrando l'AR, studenti e ricercatori possono simulare, visualizzare e sperimentare concetti robotici bioispirati, migliorando la loro comprensione e creatività nella progettazione di soluzioni per ambienti planetari ostili.

Il progetto esplora concetti biomimetici, come muscoli artificiali, capacità di arrampicarsi simili a quelle del geco e riconfigurazione simile a quella del polpo, per creare robot in grado di operare in condizioni planetarie estreme.

Messa a fuoco migliorata con la realtà aumentata:

Grazie alla realtà aumentata, gli studenti possono:

1. Visualizzare il movimento e l'adattabilità di progetti biomimetici in ambienti estremi.
2. Simula attività come l'individuazione di risorse o la costruzione di habitat su altri pianeti.
3. Prototipare e testare robot bioispirati in simulazioni virtuali di condizioni planetarie.

1. Esplorare il movimento biomimetico

- **Attrezzo:** Utilizzo JigSpace O Assemblr EDU per fornire modelli 3D in realtà aumentata di robot biomimetici ispirati a ghepardi, gechi o polpi.
- **Attività:**

Gli studenti manipolano modelli di realtà aumentata per osservare come gli adattamenti biologici (ad esempio, l'adesione del geco o la velocità del ghepardo) si traducono in funzioni robotiche.

Simula movimenti come scalare pareti rocciose o riconfigurare forme per svolgere compiti diversi.

2. Simulazione di applicazioni spaziali

- **Attrezzo:** Leva Merge Cube per creare ambienti di realtà aumentata che replichino le superfici planetarie, come Marte o la Luna.
- **Attività:**

Gli studenti testano robot basati sulla realtà aumentata su terreni virtuali con sfide ambientali simulate, come la bassa gravità o le temperature estreme.

Immagina come i muscoli artificiali e i design biomimetici rendano possibili compiti come l'estrazione di risorse o la costruzione di habitat.





3. Prototipazione di robot con la realtà aumentata

- **Attrezzo:** Utilizzo **Compositore della realtà** per consentire agli studenti di progettare e modificare componenti robotici ispirati alla natura.
- **Attività:**

Gli studenti realizzano prototipi di bracci robotici con attuatori EAP o meccanismi di arrampicata ispirati ai gechi.

Simula come questi progetti gestiscono compiti specifici, come la raccolta di campioni o la costruzione di habitat modulari.

4. Sfide della progettazione collaborativa

- **Attrezzo:** Utilizzare **CoSpaces Edu** per simulazioni di realtà aumentata basate su gruppi.
- **Attività:**

I team progettano robot multifunzionali che combinano diversi principi biomimetici (ad esempio, un braccio arrampicante ispirato al gecko e un meccanismo di corsa ispirato al ghepardo).

Utilizzate la realtà aumentata per visualizzare e perfezionare questi progetti in modo collaborativo, presentando le capacità dei vostri robot in una missione planetaria simulata.

Conclusione

Integrare la biomimetica nelle pratiche didattiche offre agli studenti un'opportunità unica per esplorare l'intersezione tra biologia, ingegneria e design, promuovendo la creatività e l'innovazione. L'utilizzo di strumenti di realtà aumentata (AR) rende l'apprendimento più coinvolgente, interattivo e immersivo. Questi strumenti consentono agli studenti di visualizzare sistemi biologici complessi, simulare applicazioni reali e prototipare soluzioni bioispirate in ambienti virtuali dinamici.

Questa unità formativa è stata strutturata per guidare gli studenti attraverso le fasi di Esplorazione, Esecuzione e Perfezionamento, garantendo un approccio completo alla comprensione e all'applicazione dei principi della biomimetica. Nella fase di Esplorazione, gli studenti acquisiscono conoscenze di base sui concetti bioispirati e utilizzano la realtà aumentata (AR) per visualizzare modelli biologici. La fase di Esecuzione si concentra su progetti pratici, risoluzione collaborativa dei problemi e feedback in tempo reale tramite simulazioni in AR. Infine, la fase di Perfezionamento introduce strategie di apprendimento avanzate, come la gamification e le valutazioni basate sulla realtà aumentata, per approfondire la comprensione e incoraggiare l'innovazione.

La tabella seguente riassume gli elementi chiave di ciascuna fase, illustrando in dettaglio come gli strumenti di realtà aumentata (AR) vengono integrati per supportare gli obiettivi di apprendimento. Integrando questa tabella nell'unità formativa, docenti e studenti possono facilmente consultare il framework e apprezzare il ruolo trasformativo della realtà aumentata nell'insegnamento della biomimetica.





Fase	Descrizione
Esplorare	-Ricerca e scoperta Gli studenti si confrontano con i concetti fondamentali della biomimetica, esplorando principi biologici come l'adattamento tra forma e funzione e l'ottimizzazione attraverso processi naturali.
	-Sviluppo dei contenuti Gli strumenti di realtà aumentata interattivi come JigSpace forniscono modelli 3D (ad esempio, la microstruttura della foglia di loto, la geometria a nido d'ape) per visualizzare i concetti e collegarli ad applicazioni tecniche.
	-Analisi dei bisogni Insegnanti e studenti analizzano le sfide legate all'astrazione di strategie biologiche per applicazioni ingegneristiche.
Eseguire	-Attuazione del curriculum Le lezioni includono progetti come l'ingegneria inversa dei fiori o la progettazione di robot bioispirati.
	-Esercizi interattivi Strumenti basati sulla realtà aumentata come Assemblr EDU vengono utilizzati per la prototipazione e le simulazioni. Ad esempio, gli studenti progettano strumenti di arrampicata virtuali ispirati al geco o simulano attuatori lineari ispirati al bruco.
	-Raccolta di feedback: Gli insegnanti traggono spunti dai progetti potenziati dalla realtà aumentata, concentrandosi su come la realtà aumentata migliori la comprensione e il coinvolgimento.
Migliorare	-Integrazione AR Introdurre visualizzazioni potenziate dalla realtà aumentata per concetti avanzati di biomimetica, come simulazioni robotiche ispirate ai gechi o ai ghepardi.
	-Apprendimento interattivo: Gli studenti esplorano le applicazioni planetarie, testando modelli basati sulla realtà aumentata per robot in ambienti estremi come Marte. Strumenti collaborativi come CoSpaces Edu facilitano il lavoro di squadra nella progettazione di robot multifunzionali.
	Contenuti ludicizzati: Punti, badge e classifiche sono integrati nelle simulazioni di realtà aumentata (ad esempio, raccogliendo ricompense per la risoluzione di sfide di progettazione biomimetica).
	Valutazioni basate sulla realtà aumentata: Le valutazioni basate sulla realtà aumentata consentono agli studenti di dimostrare in modo interattivo le applicazioni della biomimetica, come la simulazione di adattamenti ambientali o la sperimentazione di prototipi bioispirati.

Riferimenti bibliografici:

Autumn K and Peattie A M 2003 Mechanisms of adhesion in geckos J. Integr. Comp. Biol. 42 1081–90.

Autumn K, Sitti M, Liang Y A, Peattie A M, Hanen W R, Sponberg S, Kenny T W, Fearing R, Israelachvili J N and Full R J 2002 Evidence for van der Waals attachment by gecko foot-hairs inspires design of synthetic adhesive Proc. Natl Acad. Sci. USA 99 12252–6.

Benyus, Janine M. Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. New York, NY: William Morrow and Company, Inc., 1997.

Ciloglu.T, Ustun.A.B. 2023. The Effects of Mobile AR-based Biology Learning Experience on Students' Motivation, Self-Efficacy, and Attitudes in Online Learning. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10030-7>

Dzenis Y 2004 Spinning continuous fibers for nanotechnology Science 304 1917–9.





Hwang J, Jeong Y, Park JM, Lee KH, Hong JW, Choi J.2015. Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine. DOI: <https://doi.org/10.2147/IJN.S83642>.

Helena Hashemi Farzaneh.2019. A Practical Guide to Bio-inspired Design, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57684-7>, ISBN 978-3-662-57683-0.

Hongmiao Tian, Haoran Liu , Jinyou Shao ORCID logo, Shuai Li , Xiangming Li and Xiaoming Chen.2020. An electrically active gecko-effect soft gripper under a low voltage by mimicking gecko's adhesive structures and toe muscles. DOI: 10.1039/D0SM00787K.

Keto JE (1960) Bionics - new frontiers of technology through fusion of the bio and physio disciplines (keynote address). In: Robinette JC (ed) Bionics Symposium: Living prototypes - the key to new technology, pp 7–12.

Lukosch.S, Billinghamurst.M, Alem.L, Kiyokawa.K. 2015.Collaboration in Augmented Reality. DOI 10.1007/s10606-015-9239-0

Mansour.N, Aras.C, Staarman.J.K,Bader.S, Alotaibi.M. 2024. Embodied learning of science concepts through augmented reality technology. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13120-0>

Nachtigall W, Wisser A (2015) Bionics by examples: 250 scenarios from classical to modern times. Springer, Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London.

Nilsson, S., Johansson, B., Jönsson, A., (2008), Design of Augmented Reality for Collaboration, Proceedings of The 7th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry, VRCAI 2008. <https://doi.org/10.1145/1477862.1477920>

Shin.T.J, Jennings.C, Ed.D. 2013. AUGMENTED REALITY AND DESIGN PROCESS: THE NEW ROLE OF AUGMENTED REALITY IN DESIGN PROCESS. IDSA 2013 EDUCATION SYMPOSIUM, [https://www.idsa.org/wp-content/uploads/Shin_Ted-Paper_AUGMENTED_REALITY_AND_DESIGN_PRO](https://www.idsa.org/wp-content/uploads/Shin_Ted-Paper_AUGMENTED_REALITY_AND_DESIGN_PROCESS.pdf?utm_source=chatgpt.com)
[CESS.pdf?utm_source=chatgpt.com](https://www.idsa.org/wp-content/uploads/Shin_Ted-Paper_AUGMENTED_REALITY_AND_DESIGN_PRO)

Subran.S, Diyana Mahmud.S.N. 2024. Augmented Reality (AR) Technology in Biology and Life Science Education: A Systematic Literature Review (SLR). DOI:10.6007/IJARPED/v13-i1/20455

The Biomimicry Institute, "Inspiring, educating and connecting biomimics through the world," 2007-2009. Accessed August 5, 2009. <http://www.biomimicryinstitute.org>. Copyright © 2009 by Regents of the University of Colorado.

Yoseph Bar-Cohen.2012. Biomimetics: Nature-Based Innovation,Taylor & Francis Group.

Yoseph Bar-Cohen.2006. Biomimetics—using nature to inspire human innovation. CA 91109-8099, USA.

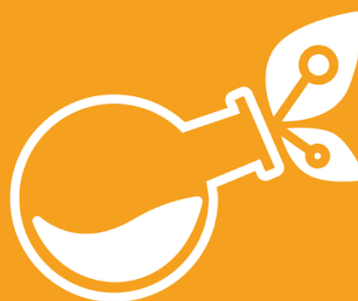
Vardar-Ulu.D, Ragab.S.E, Agrawal.S, Dutta.S .2024. Using augmented reality in molecular case studies to enhance biomolecular structure-function explorations in undergraduate classrooms. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00019-24>

Wei Wang, et al. "Locomotion of inchworm-inspired robot made of smart soft composite (SSC)."
Bioinspiration & Biomimetics. DOI: 10.1088/1748-3182/9/4/046006.





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.