



Co-funded by
the European Union

Kujutage ette tulevikku bioonilise kehaga, mis kasutab liitreaalsust



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."

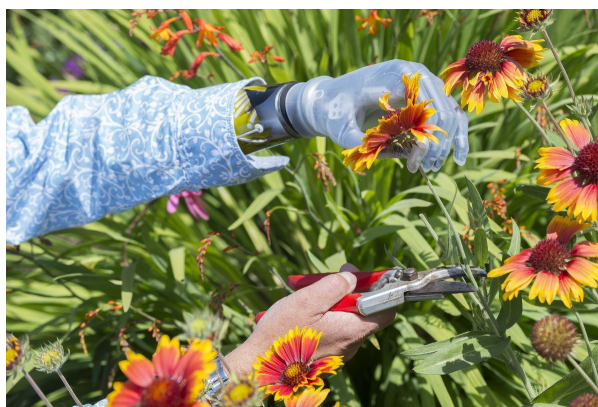




SISUKORD

Sissejuhatus.....	2
Avasta moodul:	3
Loodusoskused:	3
Liitreaalsuse (AR) integreerimine: bioinspireeritud õppe täiustamine.....	4
Bioloogia kui mudel: looduse ja tehnoloogia ühendamine liitreaalsuse integratsiooni abil.....	4
Liitreaalsus bioloogiliste ja tehnoloogiliste analoogiate mõistmiseks.....	5
Biomimeetiline inspiratsioon robotika ja tehisintellekti jaoks liitreaalsuse kaudu.....	6
Inimkeha bioloogilised materjalid.....	7
Liitreaalsus (AR) bioinspireeritud materjaliteaduses.....	8
Multifunktsionaalsed ja säästvad biomaterjalid.....	11
Biosensorid ja nende rakendused: uus dimensioon liitreaalsusega (AR).....	12
Bioelektroonilised andurid: edusammud AR-põhises diagnostikas.....	13
AR biooniliste proteeside väljatöötamisel ja koolitusel.....	14
Täitemoodul: Bioinspireeritud nägemistehnoloogiad liitreaalsusega (AR)....	14
Täitemoodul: Bioinspireeritud nägemistehnoloogiad liitreaalsusega (AR)....	15
Kokkuvõte.....	18
Viide.....	19





Õppetee üldine teema	Kujutage ette tulevikku bioonilise kehaga
Õppeüksuse täpne nimetus	Bioinspiratsioon, innovatsioon ja inimkeha
Sihtrühma vanus	14–18-aastased
Õppijale esitatavad nõuded	Matemaatika, bioloogia, füüsika ja keemia põhiteadmised Juurdepääs AR-ühilduvatele seadmetele (nutitelefonid, tahvelarvutid või AR-prillid)
Õppeüksuse kirjeldus	See üksus tutvustab õpetajatele ja õpilastele bioloogilist inspiratsiooni multidistsiplinaarses õppeprotsessis, kaasates samal ajal liitreaalsust (AR) kaasahaaravama ja interaktiivsema kogemuse saamiseks. • Tudengid uurivad, kuidas loodus inspireerib lahendusi biomeditsiinis, robotikas ja proteesimises, kasutades liitreaalsuse simulatsioone, et visualiseerida bioinspireeritud tehnoloogiaid inimkeha rakendustes. • AR-tööriistad võimaldavad kasutajatel suhelda biooniliste jäsemete, tehisorganite ja biomimeetiliste materjalide 3D-mudelitega. • AR-põhiste tegevuste kaudu visualiseerivad ja manipuleerivad õpilased molekulaarstruktuure, simuleerivad biomehaanikat ja jälgivad looduse mõju inimeste innovatsioonile.
Teema: Asjaosalised	Füüsika, keemia, bioloogia, matemaatika





Märksõnad	Bioloogia, bioinspiratsioon, biomimikri, biodisain, inimkeha, liitreaalsus
Peamised omandatavad kvalifikatsioonid, oskused ja teadmised	• Looduse rolli mõistmine teaduslikus innovatsioonis • Inimkeha probleemide biomimeetiliste lahenduste uurimine • Praktiline kogemus AR-põhiste STEM-rakendustega • Probleemilahendusoskuste arendamine bioloogilistest allikatest inspireeritud lahenduste väljatöötamise kaudu • Interdistsiplinaarses õppes osalemine AR-täiustatud sisu kaudu
Kasutatud ressursid ja didaktilised abivahendid	• Liitreaalsuse rakendused interaktiivseks õppimiseks • Bioloogiliselt inspireeritud disainide 3D-simulatsioonid (nt bioonilised jäsemed, sünteetiline nahk) • Teadusartiklid, raamatud ja veebipõhised liitreaalsuse haridusplatvormid • Videod, animatsioonid ja virtuaalsed juhtumiuuringud • Teaduslike veebiseminaride ja ekspertide intervjuude tulemused
Hindamiskriteeriumid ja hindamine	• Teadmiste ja oskuste omandamist hinnatakse AR-põhiste viktoriinide, interaktiivsete probleemilahendusülesannete ja projektipõhise õppe abil. • Tudengite esitlused, mis tutvustavad nende endi bioloogilist inspiratsiooni ja AR-täiustatud disainilahendusi • Kaasatuse ja mõistmise hindamine reaalses AR-põhiste tagasisidesüsteemide abil

Sissejuhatus

Miljonite aastate jooksul on evolutsioon kujundanud loodusest võrratu ja ülitõhusate lahenduste allika. Bioloogilisi süsteeme uurides ja jäljendades on inimesed välja töötanud murrangulisi tehnoloogiaid, mis parandavad meie elu. Alates robotikast kuni meditsiinini – bioloogiline inspiratsioon nihutab jätkuvalt võimalikkuse piire.

Tehnoloogia arenedes kasvab ka meie võime looduse kujundusi kopeerida ja kohandada. Otsene jäljendamine pole aga alati kõige tõhusam lähenemisviis. Näiteks kui linnud inspireerisid inimeste lendamist, siis tänapäeva lennukid ei lehvita tiibu, vaid kasutavad aerodünaamikat ja inseneriprintsiipe, et läbida pikemaid vahemaid ja vedada raskemaid koormaid. Samamoodi muutis ratastel liikur transporti





revolutsiooniliselt, kuid seisab silmitsi väljakutsetega keerulisel maastikul navigeerimisel, kus loomadest inspireeritud jalgadega robotid võivad pakkuda paremaid lahendusi.

Tänapäeval disainivad insenerid ja teadlased bioloogilist päritolu roboteid, mis jäljendavad gekode, kaheksajalgade ja kiilide kohanemisvõimet – roboteid, mis klammerduvad seinte külge, muudavad kuju ja töötlevad tõhusalt 3D-keskkondi reaajas. Need uuendused pakuvad potentsiaali rakendusteks alates kosmoseuringutest kuni meditsiiniliste edusammudeni.

Liitreaalsuse (AR) integreerimisega saame nüüd neid bioinspireeritud tehnoloogiaid visualiseerida, nendega suhelda ja neid mõista kaasahaaravamal viisil. AR võimaldab õpilastel uurida biooniliste jässete 3D-mudeleid, analüüsida bioinspireeritud robotite liikumist ja olla tunnistajaks looduse kõige tõhusamate disainide mehaanikale – äratades biomimikri ellu nagu ei kunagi varem (Zhang jt, 2024).

Kuigi paljud bioloogia aspektid jäävad meile arusaamatuks, areneb biomimeetika valdkond jätkuvalt, ületades lõhet loomuliku intelligentsuse ja inimliku innovatsiooni vahel [Bar-Cohen ja Breazeal, 2003]. Selle liitreaalsusega täiustatud õpikogemuse kaudu saavad õpilased biomimikriga vahetult tutvuda, omandades sügavama arusaama bioloogia, inseneriteaduse ja tehnoloogia ühinemisest tuleviku kujundamisel.

Avasta moodul:

Loodusoskused: bioloogiline inspiratsioon teaduses ja tehnoloogias

Termini biomimeetika võttis kasutusele Otto H. Schmitt (Schmitt, 1969) ja see viitab looduse meetodite, mehhanismide ja protsesside uurimisele ja jäljendamisele. Looduse võimed ületavad sageli inimese tehnoloogiat, pakkudes inspiratsiooni tõhusamate, jätkusuutlikumate ja kohanemisvõimelisemate lahenduste jaoks (Bar-Cohen, 2005; Vincent, 2001). Elusorganismid ei toimi täpsete joonistena, vaid kohanemisvõimeliste süsteemidena, mis on võimelised aja jooksul ennast parandama, arenema ja optimeerima. Erinevalt inimeste loodud toodetest, mis vajavad täpset dubleerimist, säilitavad bioloogilised struktuurid efektiivsuse ja funktsionaalsuse, säilitades samal ajal liigi piires ainulaadsed individuaalsed variatsioonid. See loomupärane kohanemisvõime pakub väärtusliku raamistiku tehnoloogiliseks arenguks.

Üks bioloogiliste süsteemide silmatorkavaid aspekte on nende rakupõhine arhitektuur, mis võimaldab veataluvust, iseeneslikku parandamist ja kasvu. Kui suudame arendada biomimeetilisi struktuure, mis koosnevad iseeneslikest taastuvatest materjalidest, saaksime luua adaptiivseid ja vastupidavaid seadmeid – lähenemisviisi, mis on traditsiooniliselt tundunud ulmena, kuid on nüüd tänu uutele tehnoloogiatele üha teostatavam.

Evolutsiooni käigus on loodus katsetanud lugematul hulgal lahendusi keskkonnaprobleemidele, täiustades neist edukamaid. See loomulik katse-eksituse protsess on toonud kaasa uuendusi füüsikas, keemias, mehaanikas, materjaliteaduses, liikuvuses, juhtimissüsteemides ja sensoorses kohanemises. Looduse skaleerimis põhimõtted, alates nano- ja mikrostruktuuridest kuni makro- ja megastruktuurideni, näitavad tõhusust kõigil tasanditel. Geneetiline kodeerimine ja enesereplikatsioonimehhanismid on võimaldanud bioloogilistel organismidel oma evolutsioonilisi edusamme arhiveerida ja edastada (Bar-Cohen, 2006).

Bioloogilised materjalid ületavad inimese loodud materjale sageli tugevuse, paindlikkuse ja efektiivsuse poolest. Näiteks siidil, nahal ja villal (Carlson jt, 2005) on omadused, mis on paljude sünteetiliste alternatiividega võrreldes paremad. Mesilaste loodud kärgrüü on näide looduse insenerigeeniusest: see on kerge, kuid uskumatult tugev, inspireerides rakendusi lennunduses, arhitektuuris ja





materjaliteaduses. Kuigi need näited toovad esile bioloogilise efektiivsuse, jääb väljakutseks nende disainilahenduste tõhus ülekanndmine inimtehnoloogiatesse (Gordon, 1976).

Liitreaalsuse (AR) integreerimine: bioinspireeritud õppe täiustamine

Liitreaalsuse (AR) integreerimine pakub murrangulist lähenemisviisi bioloogilise efektiivsuse ja kohanemise mõistmiseks. Interaktiivsete AR-simulatsioonide abil saavad õpilased ja teadlased:

- Visualiseeri ja manipuleeri bioloogiliste struktuuride, näiteks kärgstruktuuride, ämbliku siidkiudude ja luutaoliste karkasside 3D-mudeleid, võimaldades võrdlevat analüüsi sünteetiliste materjalidega.
- Suhelge liitreaalsuses iseparandavate ja adaptiivsete materjalidega, et uurida, kuidas rakutasandi protsesse saaks biomimeetiliseks inseneritööks üle kanda.
- Katsetage evolutsiooniprotsessidega liitreaalsusel põhinevate simulatsioonide abil, mis demonstreerivad looduse probleemide lahendamise strateegiaid erinevatel ajaskaaladel.
- Kandke digitaalseid märkusi reaalsele objektidele, võrreldes bioloogilisi mustreid inimese loodud struktuuridega reaalajas katsetes.
- Kasutage tehisintellektiga täiustatud liitreaalsuse rakendusi adaptiivsete materjalide omaduste simuleerimiseks, näidates, kuidas biomimeetilised põhimõtted saavad parandada konstruktsioonide projekteerimist arhitektuuris, robotikas ja lennunduses (Bacca jt, 2014, Billinghamurst jt, 2015).

Bioinspiratsiooni ja liitreaalsuse kombineerimise abil saavad õpilased liikuda passiivsest õppimisest kaugemale ja aktiivselt osaleda dünaamilistes ja interaktiivsetes mudelites, ületades lõhet looduse intelligentsuse ja inimliku innovatsiooni vahel. See praktiline digitaalne lähenemisviis täiustab STEM-haridust ja soodustab loomingulist probleemide lahendamist, julgustades järgmise põlvkonna insenere ja teadlasi rakendama looduse strateegiaid tehnoloogiliste edusammude saavutamiseks.

Bioloogia kui mudel: looduse ja tehnoloogia ühendamise liitreaalsuse integratsiooni abil

Loodus on loonud tohutu hulga uuendusi, mis on edukalt vastu pidanud praktilisuse ja vastupidavuse testidele pidevalt muutuv keskkonnas. Need miljonite aastate pikkuse evolutsiooni käigus täiustatud lahendused on hindamatuks inspiratsiooniks tehnoloogilistele edusammudele. Looduse potentsiaali täielikuks rakendamiseks on oluline luua tugev interdistsiplinaarne koostöö bioloogide ja inseneride vahel. See interdistsiplinaarne lähenemisviis hõlbustab bioloogiliste võimete muutmist praktilisteks tehnilisteks lahendusteks, sillutades teed bioloogiliselt inspireeritud tööriistadele, mehhanismidele ja süsteemidele (Bar-Cohen, 2006).

Looduse tehnoloogilisest vaatenurgast analüüsimiseks tuleb bioloogilised funktsioonid liigitada tehnoloogilisteks rakendusteks. All olev tabel toob näiteid bioloogilistest süsteemidest ja nende tehnoloogilistest analoogidest.

Bioloogia	Tehnoloogia	Biotehnoloogia, biomimeetika, bioonika ja biomehaanika
Keha	Süsteem	Arendatakse multifunktsionaalsete materjalide ja struktuuridega süsteeme, mis jäljendavad bioloogiliste süsteemide võimekust.
Skelett ja luud Aju	Konstruktsioon ja tugijalad Arvuti	Tugistruktuurid on osa igast inimese loodud süsteemist





		Edusammud arvutite arendamisel, mis jälgendavad inimese aju toimimist
Salateenistus	Tehisintellekt	Bioloogiast on inspireeritud palju tehisintellekti aspekte, sealhulgas liitreaalsus, autonoomsed süsteemid, arvutiintellekt, ekspertüsteemid, hägusloogika jne.
Meeled	Andurid	Arvutinägemisel, tehisintellektil, radaril ja muudel lähedusdetektoritel on otsesed bioloogilised analoogiad. Siiski pole inimese loodud andurite võimekus kaugeltki nii hea kui biosensoritel.
Lihased Elektrokeemiline Energia tootmine	Täiturmehhanismid Laetavad akud	Elektroaktiivsed polümeerid on täiturmehhanismid, mis funktsionaalselt sarnanevad looduslike lihastega. Bioloogiliste materjalide kasutamine energia tootmiseks pakub mehaanilistele süsteemidele tohutuid eeliseid.

Table 1: Characteristic similarities between biology and technical systems, source: Bar-Cohen, 2006

Liitreaalsus bioloogiliste ja tehnoloogiliste analoogiate mõistmiseks

Traditsioonilistel õppemeetoditel on sageli raskusi bioloogia ja inseneriteaduse keeruliste seoste efektiivse illustreerimisega. Liitreaalsus (AR) ületab selle lõhe, võimaldades õppijatel:

- Asetage interaktiivsed 3D-mudelid reaalsele objektidele, võimaldades bioloogiliste ja sünteetiliste struktuuride reaalajas võrdlusi.
- Simuleerida bioloogilisest intelligentsist inspireeritud tehisintellekti õpimudeleid, aidates õpilastel visualiseerida närvivõrke ja kognitiivseid funktsioone (Billinghurst jt, 2015).
- Kasutage AR-täiustatud dissektsioonitööriistu bioloogiliste sensoorsete mehhanismide ja nende konstrueeritud vastete, näiteks gekodest inspireeritud liimide ja bioloogiliselt inspireeritud nägemissensorite uurimiseks.

Biomimeetiline inspiratsioon robotika ja tehisintellekti jaoks liitreaalsuse kaudu

Paljud looduse võimed on eeskujuks edasijõudnud robotikale, materjaliteadusele ja arvutiteadusele. Näiteks:

- Rähni lööke neelav kolju on inspireerinud kaitsevarustuse ja summutussüsteemide loomist.
- Geko van der Waali jõu adhesioon on loonud kuivliimid ja ronimisrobotid.
- Bioloogiliselt inspireeritud liikumine on parandanud õhus, vee all ja maastikul liikuvate robotite väledust.





- Looduse energiasäästlikud liikumisstrateegiad, näiteks kameeleoni adaptiivne keha ümberkujundamine või kaheksajala pehmete kudede paindlikkus, mõjutavad kuju muutvaid robotstruktuure (Bar-Cohen, 2006).

AR-i integreerimine biomimeetilisse robotikasse ja tehisintellekti

Liitreaalsust kasutades saavad tudengid ja teadlased:

- Testi biomimeetilisi liikumispõhimõtteid AR-põhistes simulatsioonides, visualiseerides, kuidas gekolaadsed robotid, pehme kehaga kaheksajalad või kiilidest inspireeritud droonid liiguvad ja kohanevad erinevate keskkondadega.
- Kasutage AR-põhiseid biomehaanika demonstratsioone, et analüüsida, kuidas tehisintellektiga juhitud robotjäsmed jäljendavad bioloogilisi lihasstruktuure.
- Treenida tehisintellektil põhinevaid liitreaalsuse rakendusi reageerima reaalse maailma stiimulitele, jäljendades bioloogilisi otsustusprotsesse robotsüsteemides (Dünser jt, 2012).

Bioinspireeritud miniatuursed seadmed: liitreaalsus tuleviktehnoloogiate kujundamiseks

Üks olulisemaid väljakutseid biomimikri vallas on miniatuursete bioinspireeritud seadmete disain, mis on võimelised:

Lendamineäärmise väledusega, nagu kiil

Klammerduminesiluda ja karestada seinu nagu geko

Kohandaminekeskkonnastruktuuridele, nagu kameeleon

Töötleminekeerulised 3D-pildid reaajas, sarnaselt inimese nägemisega

Ringlussevõttliikuvusenergia, energiatõhususe suurendamine

Isepaljunevja kasvatamine keskkonnaressursse kasutades

Genereerimineja keemilise energia salvestamine, peegeldades bioloogilisi protsesse

Bioloogiliselt inspireeritud miniatuursete seadmete AR-põhine disain ja testimine

- AR-prototüüpimine võimaldab reaajas suhelda bioinspireeritud robotite digitaalsete mudelitega, aidates inseneridel disainilahendusi enne füüsilist valmimist täiustada tootmine.
- AR-põhine sensorite testimine võimaldab õpilastel virtuaalselt analüüsida, kuidas bioloogilised sensorid, näiteks vurrud või sonar, võiksid robotite taju parandada (Bacca jt, 2014).
- Liitreaalsust kasutavad virtuaalreaalsuse biolaborid võimaldavad õpilastel simuleerida bioinspireeritud energiasalvestuslahendusi, näiteks fotosünteesil põhinevaid akusid või bioloogiliselt tõhusaid energiasüsteeme.

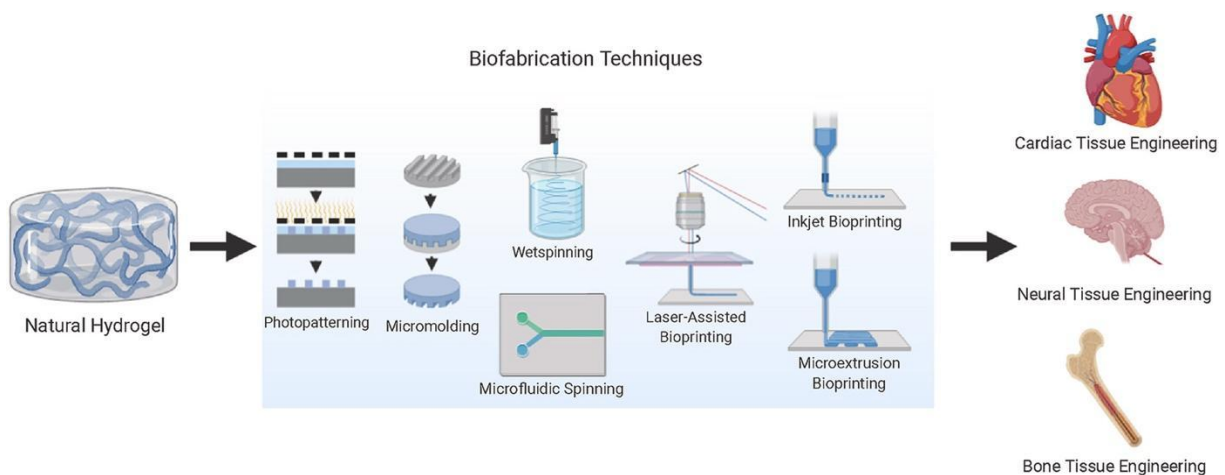
Inimese keha jaoks vajalikud bioloogilised materjalid:

Loodus pakub laia valikut mitmekesiste funktsioonidega materjale, mis on väärtuslikuks inspiratsiooniallikaks materjaliteadlastele ja inseneridele. Bioloogilised materjalid moodustavad kõigi elusorganismide struktuurilise aluse, võimaldades rakkudel toimida, silmadel valgust töödelda, taimedel püsti seista ja loomadel tõhusalt liikuda. Need looduslikud materjalid on inspireerinud inimesi arendama sünteetilisi alternatiive, mis parandavad igapäevast funktsionaalsust ja tehnoloogilist arengut.



Arhitektuurist kuni lennundustehnikani on bioinspireeritud struktuurid muutnud disainiprotsesse revolutsiooniliselt. Näideteks on kerged, kuid tugevad kargstruktuuriga mustrid, iseparanevad materjalid ja biolagunevad komposiidid (Kemp, 2004; Nachtigall, 1998; Jeronimidis & Atkins, 1995). Vaatamata piiratud hulgale orgaanilistele komponentidele koosnevatele looduslikele materjalidele on neil tähelepanuväärsed omadused, nagu paindlikkus, vastupidavus ja kohanemisvõime.

Seevastu inimese loodud materjalid tuginesid ajalooliselt laiemale keemiliste elementide spektrile, mis viis sulamite, polümeeride ja komposiitide väljatöötamiseni. Enamik tööstusmaterjale vajab aga kõrgel temperatuuril töötlemist, mis on bioloogiliste materjalide puhul puudulik piirang. Selle asemel konstrueerib loodus keerulisi materjale tõhusalt ümbritseva keskkonna tingimustes hierarhilise struktureerimise ja geneetilise programmeerimise abil (Lakes, 1993; Tirrell, 1994; Currey, 2005).



Liitreaalsus (AR) bioinspireeritud materjaliteaduses

Bioloogiliste materjalide struktuuride keerukus muudab nende uurimise traditsiooniliste meetoditega sageli keeruliseks. Liitreaalsus (AR) pakub transformatiivset lähenemisviisi bioloogiliste materjalide visualiseerimiseks, analüüsimiseks ja katsetamiseks järgmiselt:

Bioloogiliste struktuuride, näiteks ämbliku siidkiudude, kargstruktuuride ja pehmete kudede karkasside interaktiivsete 3D-mudelite loomine.

Reaalajas materjalisimulatsioonide lubamine võimaldab kasutajatel muuta parameetreid nagu tugevus, elastsus ja biolagunevus, et uurida nende mõju.

AR-võimendatud mikroskoopia pealekandmine aitab õpilastel uurida nano- ja mikrotasandi bioloogilisi struktuure (Bacca jt, 2014).

AR-põhiste materjalitestimise rakenduste arendamine bioinspireeritud materjalide mehaanilise pinge, vastupidavuse ja isetervenevate omaduste simuleerimiseks (Billinghurst jt, 2015).

Keha on keemiline labor, mis töötleb looduslikke kemikaale ja muundab need energiaks, ehitusmaterjalideks, jäätmeteks ja mitmesugusteks multifunktsionaalseteks struktuurideks (Mann 1995).

Inimesed on looduslikke materjale ära tundnud toidu, riiete, mugavuse jms allikatena, sealhulgas, kui nimetada vaid mõnda, karusnahka, nahka, mett, vaha, piima ja siidi (Carlson jt 2005). Kuigi mõned materjale tootvad olendid ja putukad on suhteliselt väikesed, suudavad nad masstootmises toota inimtoiduks piisavaid koguseid (nt mesi, siid ja vill). Looduslike materjalide kasutamist saab jälgida tuhandete aastate taha. Siidil, mida toodetakse siidiussi kookoni kaitsmiseks, on suurepärsed omadused,





nagu ilu, tugevus ja vastupidavus. Inimesed tunnistasid neid eeliseid ja vajadus toota neid mis tahes soovitud koguses viis tehisversioonide ja imitatsioonide tootmiseni. Looduslike materjalide põnevate võimete hulka kuuluvad enesetervendamine, enesereplikatsioon, ümberkonfigureeritavus, keemiline tasakaal ja multifunktsionaalsus. Paljusid tehismaterjale töödeldakse kuumutamise ja rõhu all, vastandina loodusele, mis töötab alati ümbritseva keskkonna tingimustes.

Biotoodetud materjalide tootmine tekitab minimaalselt jäätmeid ja reostust, mille tulemusel on materjalid peamiselt biolagunevad ja looduslikult taaskasutatavad. Selliste materjalide töötlemise õppimisega saame laiendada oma materjalivalikuid ja parandada oma võimet toota taaskasutatavaid materjale, mis kaitsevad keskkonda paremini (Bar-Cohen, 2006).

Bioinspiratsioon viib otse teadusvaldkonda, mille tähtsus ja huvi praegu kasvab: pehme aine teadusesse ja eriti materjaliteadusesse (Hamley IW, 2013). Materjaliteadus arenes välja „kõvade” struktuuride (vastupidavad, vormilt ja funktsioonilt fikseeritud, kahjustustele vastupidavad) ümber. Enamik bioloogilisi süsteeme (iseegi teatud määral luud) on „pehmed”, st elastsed ja kergesti deformeeruvad. Seda tüüpi ainet on palju vähem uuritud kui „kõva” ainet ja seetõttu pakub see võimalusi avastusteks ja leiutisteks, mis on (teaduses) suhteliselt uurimata ning samal ajal nii bioloogiast sõltumatud kui ka bioloogiaga seotud. Organismide pehme aine, näiteks lihaste, kõõluste, sidekoe, membraanide ja närvide kasutamise mõistmine pakub tohutul hulgal ideid uue pehme aine teaduse jaoks (Whitesides, 2015).

Bioloogiliste materjalide ja nende spetsifikatsioonide näited on järgmised:

- Ämblikuvõrgu tugevad kiud

Ämblik on bioloogias üks parimaid "tootmisinsenere" ning tal on uskumatult tõhus materjalide tootmise võime. Ta valmistab oma võrgu vastupidavast, lahustumatust, kergest ja pidevast kiust, mis on vastupidav vihmale, tuulele ja päikesevalgusele. See koosneb vapustavatest kiududest, mis on vaevu nähtavad, et täita oma funktsiooni putukalõksuna. Ämblikul on piisavalt toorainet oma siidi jaoks, et venitada võrku oma keha ümber pikkade vahemaade taha. Kaugete puude vahel näeb sageli kootud erineva kujuga (sealhulgas lamedaid) võrke ning võrk on ämbliku suurusega võrreldes üllatavalt suur. Nanotehnoloogia hiljutised edusammud lubavad toota peeneid, pidevaid ja tohutu tugevusega kiude. Sel eesmärgil on välja töötatud elektroketramise protsess (Dzenis 2004), mis võimaldab toota 2 µm läbimõõduga kiude polümeerlahustest või sulatustest tugevates elektriväljades. Saadud nanokiud osutusid suhteliselt ühtlasteks ega vajanud põhjalikku puhastamist.

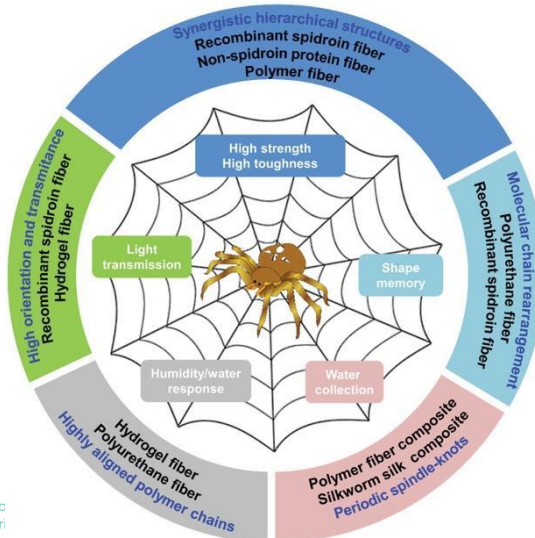




Figure 3: Spider's web, source: Jiatian & all, 2021

AR-rakendused ämbliksiidi uurimisel

Ämbliku siidi struktuuride 3D AR-simulatsioonid suudavad demonstreerida molekulaarseid interaktsioone, mis vastutavad selle tugevuse ja paindlikkuse eest. AR-põhised tõmbekatsete simulatsioonid võimaldavad õpilastel katsetada erinevaid biopolümeeride modifikatsioone, et parandada kunsti siidi tootmist.

- Mesilane on mitme materjali tootja

Mesilane teeb lilledelt kogutud nektarist mett ja sellest moodustub vahast kõrgstruktuur. Varem valmistati küünlaid mesilasvahast, kuid naftatööstuse tulekuga valmistatakse küünlaid nüüd enamasti petrooleumivahast (Bar-Cohen, 2006).

AR-rakendused kõrgstruktuuri inseneriteaduses

Virtuaalsed liitreaalsuse (AR) testimistööriistad võimaldavad õpilastel muuta kõrgstruktuuri mõõtmeid ja jälgida kandevõime muutusi reaajas. Võrdlev AR-modelleerimine võimaldab looduslikke kõrgstruktuure katta konstrueeritud võrematerjalidega, pakkudes kõrvuti efektiivsusanalüüsi (Dünser jt, 2012).

- Multifunktsionaalsed materjalid

Mitme funktsiooni täitvate materjalide kasutamine võimaldab loodusel varustada oma elusolendeid väiksema kehakaaluga. Paljud teadlased ja insenerid uurivad multifunktsionaalsete materjalide ja struktuuride kontseptsioone (Nemat-Nasser jt 2005). Selle omaduse jäljendamiseks tehakse üha rohkem pingutusi, kasutades erinevaid distsipliine, nagu materjaliteadus, rakendusmehaanika, elektroonika, fotoonika ja tootmine.

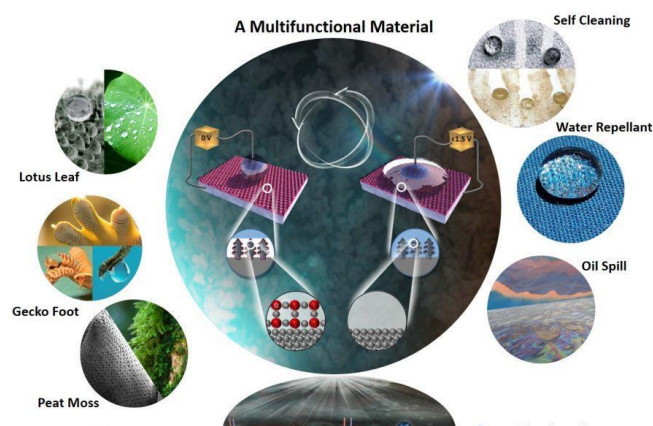




Figure 4: Multifunctional material Source: Zahiri &all, 2017

Pehmed bioloogilised materjalid, nagu lihased, sidekoed ja rakumembraanid, pakuvad inspiratsiooni biotehnoloogiliselt loodud pehmetele robotitele ja reageerivatele materjalidele. Kui traditsiooniline materjaliteadus on keskendunud jäikadele struktuuridele, siis pehmete ainete teaduse esilekerkiv valdkond võimaldab arendada väga kohanemisvõimelisi, elastseid ja multifunktsionaalseid materjale (Hamley, 2013).

AR pehme aine uurimiseks

AR-täiustatud biomaterjalide disain võimaldab õpilastel visualiseerida ja suhelda deformeeritavate pehmete materjalidega, simuleerides nende mehaanilist ja keemilist käitumist.

Bioloogilist päritolu robotikatestid AR-is suudavad modelleerida kaheksajala sarnaseid painduvaid struktuure, mis muudavad kuju vastuseks keskkonnastiimulitele.

Multifunktsionaalsed ja säästvad biomaterjalid

Üks looduse tähelepanuväärsemaid omadusi on võime arendada multifunktsionaalseid materjale, mis tasakaalustavad jõudlust, energiatõhusust ja jätkusuutlikkust. Kaasaegne materjaliteadus integreerib nüüd bioinspireeritud multifunktsionaalsust inseneriteaduse, tervishoiu ja nanotehnoloogia rakendustesse (Nemat-Nasser jt, 2005).

AR säästva biomaterjalide innovatsiooni jaoks

AR-põhised ökomaterjalide valiku tööriistad võimaldavad kasutajatel võrrelda biopõhiste ja sünteetiliste materjalide keskkonnamõju.

Virtuaalsed AR-lagunemise simulaatorid suudavad demonstreerida, kuidas biolagunevad materjalid erinevates keskkonnatingimustes lagunevad.

Bioloogiliselt inspireeritud materjalide uurimine on märkimisväärselt edendanud inseneriteadust, meditsiini ja jätkusuutlikkust. Traditsioonilised materjalianalüüsi meetodid ei suuda aga sageli bioloogiliste struktuuride täielikku keerukust edasi anda, mis piirab nende kättesaadavust teadlastele ja üliõpilastele. Liitreaalsus (AR) on kujunemas revolutsiooniliseks tööriistaks, mis ületab selle lõhe, võimaldades interaktiivset uurimist, virtuaalset katsetamist ja bioloogiliselt inspireeritud materjalide digitaalset simulatsiooni.

Hiljutised uuringud toovad esile liitreaalsuse (AR) transformeerivat rolli bioloogia ja materjaliteaduse hariduses. Süstemaatiline ülevaade liitreaalsuse (AR) kohta bioloogiahariduses näitas, kuidas interaktiivsed õpikeskkonnad parandavad õpilaste arusaamist keerukatest bioloogilistest struktuuridest ja biomimeetilistest materjalidest. Samamoodi arendati 2024. aastal läbi viidud bioinspireeritud AR-mudelite uuringus välja C. elegansi digitaalne kaksik, mis võimaldab kasutajatel visualiseerida ja





manipuleerida neuronite ja lihaste aktiivsust, illustreerides, kuidas AR saab hõlbustada reaajas bioloogilisi katseid (BioRxiv, 2024).

Lisaks on AR-põhiste rakenduste arendamine biomeditsiiniteaduses pakkunud interaktiivseid tööriistu biomaterjalide, nanotehnoloogia ja koetehnoloogia õppimiseks. Need rakendused parandavad kaasatust ja arusaamist, näidates AR-i potentsiaali reaalse biomimeetiliste protsesside simuleerimiseks (PMC, 2023).

Tulevased teadlased ja insenerid omandavad liitreaalsusega täiustatud biomaterjalide hariduse kaudu sügavama arusaama bioinspireeritud materjalidest, mis viib tõhusamate, jätkusuutlikumate ja suure jõudlusega innovatsioonideni. Pakkudes reaajas interaktsiooni biomimeetiliste struktuuridega, soodustab liitreaalsus uut ajastut digitaalses õppes, parandades lõppkokkuvõttes teaduslikke avastusi ja rakendusi mitmes valdkonnas.

Biosensorid ja nende rakendused: uus dimensioon liitreaalsusega (AR)

Biosensorite ja nende rolli mõistmine tänapäevases tehnoloogias

Bioloogilised sensoorsed süsteemid on erakordselt tundlikud, toimides molekulaarsel ja kvanttasandil, et tuvastada keskkonnamuutusi. Need kõrgelt arenenud mehhanismid on aluseks tänapäevastele biosensoritele, mis jäljendavad bioloogilisi protsesse, et jälgida, analüüsida ja reageerida väliste stiimulitele. Biosensorid on muutnud revolutsiooniliselt mitmesuguseid tööstusharusid, alates tervishoiust ja keskkonnaseirest kuni turvalisuse ja toiduohutusele. Meie igapäevaelus on bioloogilistest põhimõtetest inspireeritud andurid kõikjal levinud – need reguleerivad hoonete temperatuuri, jälgivad liikumist turvasüsteemides, juhivad kontaktivabu dosaatoreid ja jälgivad olulisi terviseparameetreid. Need edusammud on viinud tundlikkuse, tõhususe ja miniaturiseerimise pideva paranemiseni, võimaldades biosensoritel tuvastada isegi väiksemaid molekulaarseid muutusi oma keskkonnas.

Kuigi biosensorid arenevad pidevalt, on traditsioonilistel haridus- ja uurimismetoodikatel sageli raskusi nende keerukuse tõhusa demonstreerimisega. Liitreaalsuse (AR) integreerimine biosensortechnoloogiasse pakub uuenduslikku lähenemisviisi, mis võimaldab interaktiivset visualiseerimist ja simulatsiooni, parandades nii õppimist kui ka reaalseid rakendusi (Venkatesen jt, 2021).

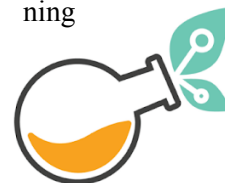
Liitreaalsus (AR) kui vahend biosensortechnoloogia uurimiseks

Biosensorite mehhanismide abstraktne olemus muudab nende uurimise staatiliste 2D-diagrammide või traditsiooniliste loengute abil keeruliseks. Liitreaalsus (AR) lahendab selle väljakutse, pakkudes biosensorite funktsioonide kaasahaaravat, interaktiivset ja reaajas visualiseerimist.

Näiteks AR-i abil saavad kasutajad:

- Avastage biosensorite 3D-holograafilisi mudeleid, mis võimaldavad neil molekulaarsel tasandil sensorstruktuuridega suhelda, näiteks valgu-ligandiga interaktsioonide abil bioelektroonikaseadmetes.
- Simuleerige biosensorite tuvastusprotsessi, kus kasutajad saavad sisestada erinevaid aineid ja jälgida reaajas virtuaalseid reaktsioone keemilistele ja bioloogilistele stiimulitele.
- Lisa AR-põhiseid reaalse maailma diagnostikaandmeid, aidates meditsiinitöötajatel näha, kuidas biosensorid analüüsivad glükoositaset, tuvastavad infektsioone või jälgivad südame-veresoonkonna tervist.

See interaktiivne lähenemisviis parandab kontseptuaalset mõistmist ja võimet uuendada ning biosensortechnoloogiaid reaalses oludes rakendada.





Bioelektroonilised andurid: edusammud AR-põhises diagnostikas

Hiljuti on biosensorid arenenud elektroonilisteks seadmeteks, mis jäljendavad inimese meeleelundeid. Mõned tähelepanuväärsemad näited on elektroonilised ninad ja keeled, mida on edukalt kohandatud tööstuslikeks ja biomeditsiiniliseks kasutamiseks.

- Elektroonilised ninad (E-ninad) kopeerivad inimese haistmisretseptoreid, võimaldades neil tuvastada ja klassifitseerida lõhnu, gaase ja lenduvaid ühendeid. Neid biosensoreid kasutatakse õhukvaliteedi jälgimisel, toiduohutuse tagamisel ja haiguste diagnoosimisel.
- Elektroonilised keeled (E-keeled) toimivad sarnaselt, analüüsides vedelike keemilist koostist, muutes need kasulikuks ravimite testimiseks, keskkonnaseireks ja jookide kvaliteedikontrolliks.

AR-i roll bioelektrooniliste andurite uurimise edendamisel

Liitreaalsuse abil saavad teadlased ja tudengid simuleerida elektrooniliste ninade ja keelte keemilise analüüsi protsessi, mis võimaldab neil:

- Visualiseeri biosensorite ja keemiliste ühendite molekulaarseid interaktsioone, aidates kasutajatel mõista, kuidas sensorid eristavad erinevaid aineid.
- Sukeldu interaktiivsesse AR-keskkonda, kus reaajas andmekihid näitavad, kuidas biosensorid analüüsivad õhuproove saasteainete suhtes või tuvastavad toiduainete riknemist.

See praktiline kogemus soodustab biosensorite võimete sügavamat mõistmist, võimaldades õpilastel ja teadlastel arendada uusi bioelektroonika tehnoloogia rakendusi.

5.4 Nutikad polümeerid biomeditsiinitehnikas: liitreaalsus materjalide simuleerimiseks

Polümeersed biomaterjalid on muutunud oluliseks meditsiiniliste implantaatide, regeneratiivse meditsiini ja ravimite manustamise puhul. Intelligentid polümeerid, näiteks tsitraadipõhised biomaterjalid, on konstrueeritud nii, et need biolaguneksid organismis loomulikult, mistõttu on need ideaalsed selliste rakenduste jaoks nagu ajutised implantaadid ja haavade paranemine (Tang jt, 2015).

- AR rakendused nutikate polümeeride uurimisel

Liitreaalsuse (AR) tehnoloogiat on kasutatud keerukate molekulaarstruktuuride visualiseerimise ja manipuleerimise täiustamiseks, mis on polümeeride uurimisel ülioluline. Ajakirjas Journal of Chemical Information and Modeling avaldatud uuring käsitleb, kuidas AR võimaldab kasutajatel kujutada ja suhelda kolmemõõtmeliste (3D) keemiliste struktuuridega, hõlbustades molekulaarsete konfiguratsioonide ja käitumise sügavamat mõistmist. See võimekus võimaldab teadlastel reaajas virtuaalsetes katsetes kohandada selliseid omadusi nagu elastsus, lagunemiskiirus ja bioaktiivsus, kiirendades seeläbi materjalide väljatöötamist ja vähendades sõltuvust traditsioonilistest laborimeetoditest (Fombona-Pascual jt, 2022).

Lisaks tutvustatakse ajakirjas Journal of Chemical Education esile tõstetud uuringus töövoogu polümeeride 3D-mudelite loomiseks molekulaardünaamika ja Blenderi tarkvara abil. Neid mudeleid saab majutada platvormidel nagu p3d.in, kus need on ligipääsetavad liitreaalsuse esitustena. Sellised tööriistad võimaldavad teadlastel liitreaalsusel põhinevaid polümeeride integratsioonimudeleid üksteisele lisada, mis võimaldab enne implanteerimist testida biomaterjalide interaktsioone eluskudedega (Roshandel jt, 2023).

AR biooniliste proteeside väljatöötamisel ja koolitusel





Liitreaalsus (AR) on näidanud märkimisväärt potentsiaali biooniliste proteeside arendamisel ja treenimisel. ResearchGate'is saadaval olev uuring tutvustab ARM Trainerit, AR-põhist süsteemi, mis on loodud amputeeritute treenimiseks müoelektriliste proteeside kasutamisel. See süsteem pakub kasutajatele loomulikku ja intuitiivset meetodit lihaskontrolli arendamiseks, pakkudes reaajas haptilist tagasisidet ja kaasahaaravaid simulatsioone. Sellised treeningkeskkonnad aitavad kasutajatel kohaneda haardejõu, osavuse ja reageerimisajaga, parandades kohanemiskiirust ja kasutuskogemust.

Lisaks käsitleb IEEE Xplore'i digitaalses raamatukogus avaldatud uuring keemiaõpetuse toetamiseks mõeldud liitreaalsuse tööriista väljatöötamist, mis küll keskendub keemiaharidusele, kuid rõhutab liitreaalsuse laiemat rakendatavust keerukate struktuuride ja süsteemide mõistmise parandamisel. See tööriist võimaldab molekulaarstruktuuride visualiseerimist 3D-s, pakkudes interaktiivset õpikogemust, mida saab proteesikomponentide interaktsiooni molekulaarsel tasandil simuleerides üle kanda proteesikoolitusse (Maier ja Klinker, 2013). Need uuringud näitavad ühiselt liitreaalsuse tõhusust interaktiivsete, reaajas ja kaasahaaravate kogemuste pakkumisel, mis täiustavad nii geniaalset polümeeriuringut kui ka biooniliste proteeside koolitust.

Täidesaatev moodul: Bioinspireeritud nägemistehnoloogiad liitreaalsusega (AR)

Panoptes ja biooniline silm: uus õppimisviis liitreaalsuse abil

Nägemine on paljude organismide peamine sensoorne modaalsus ning bioloogilised nägemissüsteemid on pikka aega inspireerinud inseneriuuendusi. Nägemise töötlemise mõistmine imetajate närvisüsteemis on viinud murranguliste edusammudeni bioonilise silma tehnoloogia ja robotnägemissüsteemide valdkonnas. Meie uus lähenemisviis, liitreaalsus (AR), täiustab seda õpikogemust, pakkudes interaktiivseid 3D-visualiseeringuid bioloogilistest ja tehislimest visuaalsetest süsteemidest. AR võimaldab õpilastel analüüsida, kuidas visuaalset teavet looduslikes ja tehlikes süsteemides jäädvustatakse, töödeldakse ja tõlgendatakse, edendades sügavamalt ja praktilist arusaama bioinspireeritud disainist (Venkatesen jt, 2021).

AR-täiustatud eksperimenteerimine visuaalses tajumises

Selles tegevuses osalevad õpilased interaktiivses mudelkatses, et kaardistada Panoptese robotsilma nägemisvälja reaktsiooni. Kreeka mütoloogiast pärit Argus Panoptese – kõiketeadev kaitsehiiglane saja silmaga – poolt inspireeritud süsteem on bioloogiliselt inspireeritud platvorm robotnägemise ja võrkkesta proteeside uurimiseks.

AR-täiustatud simulatsioonide abil saavad õpilased:

- Suhtle inimese nägemissüsteemi 3D-mudelitega, jälgides, kuidas valgust primaarses nägemiskoores püütakse, edastatakse ja tõlgendatakse.
- Simuleeri silmahaigusi, nagu pigmentretiniit ja kollatähni degeneratsioon, et mõista, kuidas nägemiskahjustus mõjutab taju.
- Kandke Panoptes süsteemile reaajas AR-visualiseeringuid, mis illustreerivad, kuidas erinevad optilised stiimulid mõjutavad robotilist ja bioloogilist nägemist.

Need interaktiivsed liitreaalsuse kogemused võimaldavad õppijatel katsetada visuaalsete stiimulitega, muuta andurite konfiguratsioone ja jälgida, kuidas närvirajad reageerivad erinevatele valgusmuutritele – jäljendades reaalse maailma neuroteaduse uuringuid (Venkatesen jt, 2021).





Tehniline ühendus: AR võrkkesta proteeside ja nägemise taastamise uurimiseks

Loomade nägemine on tähelepanuväärne looduslik süsteem, mis on eeskujuks inseneridele, kes arendavad võrkkesta proteese – kunstlikke implantaate, mis on loodud nägemise taastamiseks inimestel, kellel on fotoretseptorirakkude kahjustus. Need biomeditsiinilised seadmed stimuleerivad otseselt nägemisnärvirakke, mõõdukes mittefunktsionaalsetest võrkkesta piirkondadest, et taastada visuaalne tajut.

AR-põhiste meditsiinikoolituse moodulite abil saavad tudengid ja teadlased:

- Manipuleerige võrkkesta implantaatide AR-mudeleid, et uurida nende struktuurilist disaini ja funktsionaalsust.
- Simuleerige biooniliste nägemissüsteemide reaalseid rakendusi, näiteks AR-toega proteeside silmaliideseid.
- Analüüsige optilise närviga signaali ülekannet interaktiivsete liitreaalsuse (AR) kihtide abil, kaardistades, kuidas visuaalsed andmed närviimpulssideks teisendatakse.

Liitreaalsuse integreerimisega bioonilise silma uuringutesse saavad tudengid osaleda virtuaalsetes testimiskeskondades, mis jäljendavad kliinilisi tingimusi, parandades seeläbi oma arusaama nägemise taastamise tehnoloogiatest (Anderson ja Bischof, 2014).

Õpiefsmärgid AR-integratsiooniga

Pärast seda AR-täiustatud harjutust peaksid õpilased olema võimelised:

- Selgitage nägemisrada ja selle rolli valgusstimulite töötlemisel.
 - Tõlgendada eksperimentaalseid andmeid interaktiivsete AR histogrammide ja visuaalsete graafikute abil.
 - Analüüsige nägemiskoore ruumilist tundlikkust ja rakendage seda robotnägemise arendamisel.
-
- Võrdle inimese nägemist bioinspireeritud optiliste süsteemidega, kasutades AR-põhiseid simulatsioone.

Sissejuhatus ja motivatsioon: visuaalse õppimise täiustamine liitreaalsuse abil

Nägemisel on inimese tajus domineeriv roll, mõjutades seda, kuidas me oma ümbrust tõlgendame ja sellega suhtleme. Bioloogilise nägemise ja kaamerapõhiste optiliste süsteemide sarnasused pakuvad väärtuslikku teavet inseneridele, kes arendavad bioloogiliselt inspireeritud andureid.

Liitreaalsuse abil saavad õpilased:

Võrdle reaajas inimsilma ja kaameraobjektiivi mehaanikat, kandes optilisi mudeleid reaalsele objektidele.

- Kujuta ette, kuidas valgus silmas murdub ja fookuseerub, jälgides selle teed sarvkestast võrkkestani.
- Suhtle simuleeritud nägemisväljaga, reguleerides heledust, kontrasti ja fookust, et jäljendada erinevaid valgustingimusi.

Interaktiivsete digitaalsete kihtide integreerimise abil saavad õpilased nägemisteadust ise kogeda, parandades seeläbi oma võimet ühendada bioloogilisi põhimõtteid tehnoloogiliste uuendustega.

Eksperimentaalne seadistus AR-toega

Panoptes robotnägemissüsteem on bioloogiliselt inspireeritud optiline seade, mida kasutatakse tehisaagemissüsteemide vaatevälja modelleerimiseks ja analüüsimiseks. Katse simuleerib, kuidas erinevad valgusallikad suhtlevad nägemisanduritega, võimaldades õpilastel kaardistada ruumilist tundlikkust kontrollitud visuaalsete stiimulite jada abil.





Uued AR-põhised eksperimenteerimisfunktsioonid

- AR-põhine nägemisvälja kaardistamine: õpilased saavad digitaalselt Panoptes süsteemile ruumilise tundlikkuse graafikuid kanda, et näha, kuidas erinevad valguse orientatsioonid mõjutavad taju.
- Virtuaalsed valguse jälgimise simulatsioonid: AR annab reaajas tagasisidet selle kohta, kuidas robotsilmad kohanevad valguse ja kontrasti muutustega.
- Neuraalse signaali töötlemine AR-is: interaktiivsed AR-mudelid demonstreerivad, kuidas võrkkesta signaalid edastatakse nägemiskoorde, võrreldes tervete ja kahjustatud nägemisradasid.

Need täiustatud liitreaalsuse rakendused võimaldavad õpilastel reaajas katsetingimusi muuta, parandades seeläbi oma arusaama visuaalsest töötlemisest, andurite optimeerimisest ja andmeanalüüsist (Venkatesen jt, 2021).

AR-täiustustega protseduur

Enne tegevust

- Valmistage ette inimsilma, robotnägemissüsteemide ja närviteede 3D AR-visualiseeringud.
- Seadistage Panoptes robotnägemise mudelid, tagades ühilduvuse AR-toega visuaalse kaardistamise tööriistadega.
- Varusta õpilastega digitaalseid töölehti reaajas andmete märkimiseks ja analüüsimiseks.

Õpilastega (1. ja 2. päev)

1. samm: Nägemisteaduse uurimine liitreaalsuse abil

- Õpilased kasutavad liitreaalsuse tööriistu, et uurida, kuidas valgus läbib silma ja interakteerub fotoretseptorirakkudega.
- Simuleeritud AR-keskkonnad illustreerivad, kuidas nägemispuuded mõjutavad sügavustaju ja kontrastitundlikkust.

2. samm: AR-täiustatud nägemiskaardistamise katse

- Õpilased viivad Panoptestega läbi musta kasti katseid, salvestades, kuidas erinevad valguse orientatsioonid stimuleerivad robotsensoreid.
- AR-kihtide abil saab reaajas visuaalset tagasisidet, tuues esile andurite aktiveerimistsoonid ja andmeväljundid.

3. samm: andmete analüüs ja tõlgendamine liitreaalsuse abil

- Õpilased joonistavad eksperimentaalseid tulemusi graafikutele, kasutades liitreaalsusega (AR) toetatud histograme, võrreldes bioloogilise ja robotnägemise reaktsioone.
- Tehisintellektil põhinevad AR-simulatsioonid töötlevad suuri andmekogumeid, aidates õpilastel oma leidudest sisukaid teadmisi ammutada.

Hindamine ja hindamine

Õpitulemuste hindamiseks õpilased:

- Sooritage eel- ja järelviktoriine, mis hindavad nende arusaama bioloogilisest ja tehisnägemisest.





- Kasutage AR-põhiste visuaalse analüüsi tööriistade abil reaalses andurite reageerimisgraafikuid.
- Osale interaktiivsetes aruteludes selle üle, kuidas liitreaalsus täiustab bioonilise silma uuringuid ja robotnägemise rakendusi.

Kokkuvõte: liitreaalsuse tulevik nägemisteaduses

Liitreaalsuse (AR) integreerimine bioinspireeritud nägemisuuringutesse muudab seda, kuidas õpilased õpivad, katsetavad ja uuendavad. Kaasahaaravate 3D-simulatsioonide, interaktiivse visuaalse kaardistamise ja tehisintellektil põhineva analüütika abil ületab AR lõhe bioloogilise nägemisteaduse ja konstrueeritud optiliste süsteemide vahel.

Praktilise AR-võimendusega õppe kaudu on järgmine teadlaste ja inseneride põlvkond paremini varustatud täiustatud bioonilise nägemise tehnoloogiatega, tehisintellektil põhinevate robotsensorite ja täiustatud optiliste liidestega arendamiseks, kujundades bioinspireeritud innovatsiooni tulevikku.

Faas	Kirjeldus
Ava sta	- Päring ja avastamine Õpilased uurivad looduses esinevaid bioinspireeritud struktuure (nt ämbliku siid, kaheksajala jäsemed, kärgstruktuur).
	- Sisu raamimine Õpetajad tutvustavad bioinspiratsiooniga seotud STEM-i põhimõisteid kureeritud lugemismaterjalide, AR-visualiseeringute ja reaalsete juhtumianalüüside kaudu.
	- Vajaduste tuvastamine Hinnake õpilaste eelnevaid teadmisi loodusteadustes ja enesekindlust liitreaalsuse tööriistade abil, et toetada diferentseerimist.
Käi vita	- Kaasahaaravad AR-tunnid Rakendage mooduleid, kus õpilased suhtlevad biooniliste süsteemide (nt jäsemed, silmad, organid) liitreaalsuse mudelitega.
	- STEM-projekti kavandamine Õpilased loovad, testivad ja täiustavad oma biomimeetilisi prototüüpe (nt gekodest inspireeritud adhesioonisüsteemid või nägemissensorid), kasutades liitreaalsuse keskkondi.
	- Kujundav tagasiside Õpetajad ja eakaaslased annavad tagasisidet esitluste arvustuste ja reaalses liitreaalsuse andmetega suhtlemise kaudu.
Täi usta ma	AR-integratsioon: - Kõrge täpsusega simulatsioonid Õpilased uurivad keerulisi biosüsteeme, kasutades detailseid liitreaalsuse keskkondi (nt nägemisrajad, pehme robotika, isetervenevad materjalid). - AR-märkuste ja manipulatsioonide tegemine Digitaalsete siltide pealekandmine ja reaalses struktuuriliste muudatuste võimaldamine biofunktsionaalsuse mõistmiseks. - Täiustatud interaktsioon Kasutage sügavama kaasatuse saavutamiseks žestipõhiseid või häälega aktiveeritavaid liitreaalsuse tööriistu.
	Mängustatud sisu: - Punktid ja märgid Teeni punkte biomehaaniliste mõistatuste lahendamise, bioloogiliste analoogide tuvastamise või AR STEM-väljakutsetega tegelemise eest. - Taseme edenemine Liikuge läbi AR-ülesannete tasemetega (nt lihtsate biooniliste osade ehitamisest kuni täiskehast süsteemide kujundamiseni). - Meeskonna väljakutsed Võistle koostööl põhinevates liitreaalsuse missioonides, et lahendada reaalse maailma bioinseneri probleeme.
	AR-põhised hinnangud: - Interaktiivsed viktoriinid Täitke ülesandeid liitreaalsuse tööriistade abil (nt sobitage bioloogilised funktsioonid virtuaalses laboris konstrueeritud analoogidega). - Toimivusülesanded Esitlege õpilaste loodud biooniliste süsteemide liitreaalsusega täiustatud mudeleid ning selgitage nende funktsiooni, disainiprotsessi ja bioloogilist inspiratsiooni. - Reaalses tagasiside süsteemid Kasutage õppimise edenemise ja kaasatuse jälgimiseks liitreaalsuse analüütikat ja juhtpaneeli.

Viited:





Abriata.L.A, 2018, Towards Commodity, Web-Based Augmented Reality Applications for Research and Education in Chemistry and Structural Biology, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1806.08332>

Alkhabra.Y.A, Ibrahim.U.M, Alkhabra.S.A, 2023, Augmented reality technology in enhancing learning retention and critical thinking according to STEAM program, <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01650-w>

Allin S, Eckel E, Markham H, Brewer BR. Recent trends in the development and evaluation of assistive robotics for manipulation. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2010;21: 59e77.

Anderson.f, Bischof.W, 2014, Augmented reality improves myoelectric prosthesis training, <https://doi.org/10.1515/ijdh-2014-0327>

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.

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

Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology & Society*, 17 (4), 133–149.

Bar-Cohen Y., and C. Breazeal (Eds), "Biologically-Inspired Intelligent Robots", SPIE Press, Vol. PM122, ISBN 0-8194-4872-9 (May 2003), pp. 1-393.

Bar-Cohen Y 2005b Current and future developments in artificial muscles using electroactive polymers (EAP) *Expert Rev. Med. Devices J. Future Drugs* 2 731-40.

Bar-Cohen Y 2005 Biomimetics-Biologically Inspired Technologies (Boca Raton, FL: CRC Press) pp. 1-552 Currey J.D. Materials science-hierarchies in biomineral structures. *Science*. 2005;309:253-254. doi: 10.1126/science.1113954. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Bar-Cohen Y 2006 Biomimetics- using nature to inspire human innovation. *Bioinspiration & Biomimetics*. doi:10.1088/1748-3182/1/1/P01.

Bartlett P N and Gardner J W 1999 *Electronic Noses: Principles and Applications* (Oxford: Oxford University Press) pp. 1-264.

Bialek W 1987 Physical limits of sensation and perception *Ann. Rev. Biophys. Biophys. Chem.* 16 455-78.

Billinghurst, M., & Duenser, A. (2012). Augmented Reality in the Classroom. *Computer*, 45, 56-63. <https://doi.org/10.1109/MC.2012.111>

Brandacher G, Ninkovic M, Piza-Katzer H, Gabl M, Hussl H, Rieger M, et al. The Innsbruck hand transplant program: update at 8 years after the first transplant. *Transplant Proc* 2009;41:491e4.

Carlson J, Ghaey S, Moran S, Tran C A and Kaplan D L 2005 Biological materials in engineering mechanisms Biomimetics-Biologically Inspired Technologies (Boca Raton,FL: CRC Press) chapter 14, pp 365-80.

Carleigh Samson, ITL Program, College of Engineering, University of Colorado Boulder 2015.





Craven M A and Gardner J W 1996 Electronic noses - development and future prospects Trends Anal. Chem. 15 486-93.

Denise W. Carlso, ITL Program, College of Engineering, University of Colorado Boulder 2015.

Dickinson T A, White J, Kauer J S and Walt D R 1998 Current trends in artificial nose technology Trends Biotechnol. 16 250-8.

Dünser.A, Walker.L, Horner.H, Bentall.D, 2012,Creating Interactive Physics Education Books with Augmented Reality.

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

Elkhoury.K, Morsink.M, Sanchez-Gonzalez.L, Kahn.C, Tamayol.A, Arab-Tehrany.E.2021. Biofabrication of natural hydrogels for cardiac, neural, and bone tissue engineering applications. Bioactive Materials. Volume 6, Issue 11.

Fombona-Pascual.A, Fombona.J, Vicente.R, 2022, Augmented Reality, a Review of a Way to Represent and Manipulate 3D Chemical Structures, DOI: 10.1021/acs.jcim.1c01255

Gordon J E 1976 The New Science of Strong Materials, or Why You Don't Fall Through the Floor 2nd edn (London: Pelican-Penguin) pp 1-287.

George M. Whitesides. 2015. bioinspiration: something for everyone. Interface Focus 5: 20150031.

<http://dx.doi.org/10.1098/rsfs.2015.0031>.

Hamley IW. 2013 Introduction to soft matter: synthetic and biological self-assembling materials. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Inc. Iconographic database 1665, Warburg Institute Library, UK.

Jaehwan.K, Hyang-Ki.K, Seung-Bok.C .2002. a hybrid inchworm linear motor. Mechatronics. Volume 12, Issue 4. [https://doi.org/10.1016/S0957-4158\(01\)00016-2](https://doi.org/10.1016/S0957-4158(01)00016-2).

Jeronimidis G, Atkins A.G. Mechanics of biological materials and structures-Nature's lessons for the engineer. J. Mech. Eng. Sci. 1995;209:221-235 [Google Scholar].

Jiatian Li, Sitong Li, Jiayi Huang, Abdul Qadeer Khan, Baigang An, Xiang Zhou, Zunfeng Liu, Meifang Zhu.2021. Spider Silk-Inspired Artificial Fibers.Advanced Science.<https://doi.org/10.1002/advs.202103965>

Jones JW, Gruber SA, Barker JH, Breidenbach WC. Successful hand transplantation. One-year follow-up. Louisville Hand Transplant Team. N Engl J Med 2000;343:468e73.

Kemp, M. 2004 Structural intuitions and metamorphic thinking in art, architecture and science. In Metamorph-9th Int. Architecture Exhibition Focus, pp. 30-43. Fondazione La Biennale di Venezia.

Kwang Lee.E, Yoo.H and Hwan Lee.C.2020. Advanced materials and assembly strategies for wearable biosensors: A Review. Biosensors - Current and Novel Strategies for Biosensing. DOI: 10.5772/intechopen.94451.

Lakes R. Materials with structural hierarchy. Nature. 1993;361:511-515. doi: 10.1038/361511a0. [CrossRef] [Google Scholar] Lawrence Livermore National Laboratory 2010.





Maier,P, Klinker,G, 2013, Augmented Chemical Reactions: An Augmented Reality Tool to support Chemistry Teaching, 978-1-4799-2741-8/13/\$31.00 IEEE

Mann S 1995 Biomimetic Materials Chemistry (New York: Wiley) pp. 1-400.

Margreiter R, Brandacher G, Ninkovic M, Steurer W, Kreczy A, Schneeberger S. A two-hand transplant can be worthwhile! Transplantation 2002;74:85e90.

Nachtigall W. Springer; Berlin, Germany: 1998. Bionics basics and examples for engineers and scientists.

Nagle H T, Gutierrez-Osuna R and Schiffman S S 1998 The how and why of electronic noses IEEE Spectrum pp 22-38.

Nemat-Nasser S, Nemat-Nasser S, Plaisted T, Starr A and Vakil-Amirkhizi A 2005 Multifunctional materials Biomimetics-Biologically Inspired Technologies (Boca Raton, FL: CRC Press) chapter 12, pp 309-40.

Regents of the University of Colorado; Original © 2013 Polytechnic Institute of New York University. Panoptes and the Bionic Eye© 2013.

Russell S J and Norvig P 2003 Artificial Intelligence: A Modern Approach (Harlow: Pearson Education) pp. 1-1132.

Tirrell D.A. National Academy Press; Washington, DC: 1994. Hierarchical structures in biology as a guide to new materials technologies.

Tran,R, Yang,J, Ameer,G.A, 2015, Citrate-Based Biomaterials and Their Applications in Regenerative Engineering, doi: [10.1146/annurev-matsci-070214-020815](https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-070214-020815)

Schmitt O H 1969 Some interesting and useful biomimetic transforms Proc. 3rd Int. Biophysics Congress (Boston, MA, 29 Aug. to 3 Sept.) p. 297.

Szema R and Lee L P 2005 Biologically Inspired Optical Systems Biomimetics-Biologically Inspired Technologies (Boca Raton, FL: CRC Press) Chapter 11, pp. 291-308

Roshandel,H, Shammami,M, Lin,S, Wong.Y.P, Diaconescu.P.L, 2023, App-Free Method for Visualization of Polymers in 3D and Augmented Reality, DOI: 10.1021/acs.jchemed.2c01131

Trumpis.M, Polytechnic Institute of NYU 2013

Venkatesen.M, Mohan.H, Ryan.J, Scürch.C.M, Nolan.G.P, Frakes.D.H, Coskun.A.F,2021, Virtual and augmented reality for biomedical applications, PMCID: PMC8324499 PMID: [34337564](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34337564/)

Vincent J F V 2001 Stealing ideas from nature Deployable Structures ed S Pellegrino (Vienna: Springer) Chapter 3, pp. 51-8.

Vlasov Y and Legin A 1998 Non-selective chemical sensors in analytical chemistry: from the "electronic nose" to the "electronic tongue" J. Anal. Chem. 361 255-66.

Wasilewski.T, Kamysz.W, Gębicki.J.2020. Bioelectronic tongue: current status and perspectives. Biosensors and Bioelectronics. Volume 150 <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111923>

Wikimedia Commons 2009





Wu Y, Zhou D, Spinks G M, Innis P C, McGill W M and Wallace G G 2005 TITAN: a conducting polymer-based microfluidic pump Smart Mater. Struct. 14 1511-6.

Yee Ng.H, Alvin Lee.K, Kuo.C, Shen.Y.2018. bioprinting of artificial blood vessels. Int J Bioprint, 4(2): 140.
<http://dx.doi.org/10.18063/IJB.v4i2.140>

Zahiri.B, Kumar Sow.P, Haow Kung.C, Mérida.W. 2017. active control of wettability from superhydrophobic to superhydrophilic by electrochemical change of oxidation state in a low voltage range. Advanced Materials Interfaces. <https://doi.org/10.1002/admi.201700121>

Zhang.Y, Feijoo-Garcia.M, Gu.Y, Poescu.V, Benes.B, J.Magana.A, 2024, Virtual and Augmented Reality in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: An Umbrella Review,
<https://doi.org/10.3390/info15090515>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Field_of_view.svg

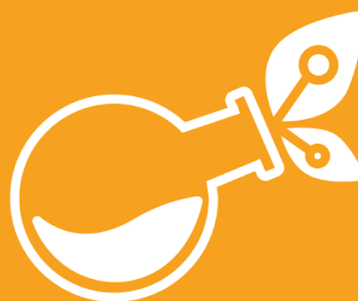
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Visualcortex.gif>

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gabor-ocr.png>





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.