



Co-funded by  
the European Union

# Φανταστείτε ένα μέλλον με ένα βιονικό σώμα χρησιμοποιώντας AR



**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."





# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

|                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Εισαγωγή.....                                                                                                                  | 2   |
| • Ενότητα Εξερεύνησης:<br>.....                                                                                                  | 3   |
| • Δεξιότητες στη φύση:<br>.....                                                                                                  | 3   |
| • Ενσωμάτωση Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR): Βελτίωση της<br>Βιοεμπνευσμένης Μάθησης.....                                      | 4   |
| • Η Βιολογία ως Μοντέλο: Γεφύρωση της Φύσης και της Τεχνολογίας<br>μέσω της Ενσωμάτωσης Επαυξημένης Πραγματικότητας<br>(AR)..... | 4   |
| • Επαυξημένη Πραγματικότητα για την Κατανόηση Βιολογικών και<br>Τεχνολογικών<br>Αναλογιών.....                                   | 5   |
| • Βιομιμητική έμπνευση για τη ρομποτική και την τεχνητή νοημοσύνη<br>μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας.....                   | 6   |
| • Βιολογικά υλικά για το ανθρώπινο σώμα.....                                                                                     | 7   |
| • Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) στην Επιστήμη Υλικών Εμπνευσμένη<br>από τη Βιοεπιστήμη.....                                     | 8   |
| • Πολυλειτουργικά και Βιώσιμα Βιοϋλικά.....                                                                                      | 11  |
| • Βιοαισθητήρες και οι Εφαρμογές τους: Μια Νέα Διάσταση με την<br>Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR)....                             | ... |
| • Βιοηλεκτρονικοί Αισθητήρες: Πρόοδοι στη Διαγνωστική με γνώμονα την<br>επαυξημένη Πραγματικότητα.....                           | 13  |
| • AR στην Ανάπτυξη και Εκπαίδευση Βιονικών<br>Προσθετικών.....                                                                   | 14  |





- Εκτέλεση Ενότητας: Τεχνολογίες Όρασης Εμπνευσμένες από τη Βιοεπιστήμη με Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR).....14
- Εκτέλεση Ενότητας: Τεχνολογίες Όρασης Εμπνευσμένες από τη Βιοεπιστήμη με Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR)... ..
- Συμπέρασμα... ....18
- Αναφορά.....19





|                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Γενικό θέμα της μαθησιακής διαδρομής</b>         | Φανταστείτε το μέλλον με ένα βιονικό σώμα                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Συγκεκριμένη ονομασία της μαθησιακής μονάδας</b> | Βιο-έμπνευση, καινοτομία και το ανθρώπινο σώμα                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Ηλικία των χρηστών-στόχων</b>                    | 14-18 ετών                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Απαιτήσεις για τον εκπαιδευόμενο</b>             | Βασικές γνώσεις μαθηματικών, βιολογίας, φυσικής, χημείας<br>Πρόσβαση σε συσκευές συμβατές με AR (smartphone, tablet ή γυαλιά AR)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Περιγραφή της μαθησιακής μονάδας</b>             | <p>Αυτή η ενότητα εισάγει εκπαιδευτικούς και μαθητές στη βιο-έμπνευση σε μια διεπιστημονική μαθησιακή διαδικασία, ενσωματώνοντας παράλληλα την Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) για μια πιο καθηλωτική και διαδραστική εμπειρία.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Οι μαθητές θα εξερευνήσουν πώς η φύση εμπνέει λύσεις στη βιοϊατρική, τη ρομποτική και την προσθετική, χρησιμοποιώντας προσομοιώσεις AR για να οπτικοποιήσουν βιο-εμπνευσμένες τεχνολογίες σε εφαρμογές στο ανθρώπινο σώμα.</li><li>• Τα εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) θα επιτρέπουν στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με τρισδιάστατα μοντέλα βιονικών άκρων, τεχνητών οργάνων και βιομηχανικών υλικών.</li><li>• Μέσω δραστηριοτήτων που βασίζονται στην επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), οι μαθητές θα οπτικοποιήσουν και θα χειριστούν μοριακές δομές, θα προσομοιώσουν βιομηχανική και θα παρατηρήσουν την επιρροή της φύσης στις ανθρώπινες καινοτομίες.</li></ul> |
| <b>Θέμα: Εμπλεκόμενα μέρη</b>                       | Φυσική, χημεία, βιολογία, μαθηματικά                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |





|                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Λέξεις-κλειδιά</b>                                                    | Βιολογία, βιοέμπνευση, βιομίμηση, βιοσχεδιασμός, ανθρώπινο σώμα, Επαυξημένη Πραγματικότητα                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Βασικά προσόντα, δεξιότητες και γνώσεις που μπορούν να αποκτηθούν</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Κατανόηση του ρόλου της φύσης στην επιστημονική καινοτομία</li> <li>• Εξερευνώντας βιομιμητικές λύσεις σε προκλήσεις του ανθρώπινου σώματος</li> <li>• Πρακτική εμπειρία με εφαρμογές STEM που βασίζονται σε AR</li> <li>• Ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων σχεδιάζοντας λύσεις εμπνευσμένες από τη βιολογία</li> <li>• Συμμετοχή σε διεπιστημονική μάθηση μέσω περιεχομένου εμπλουτισμένου με επαυξημένη πραγματικότητα (AR)</li> </ul>                                                                             |
| <b>Πόροι και διδακτικά βοηθήματα που χρησιμοποιήθηκαν</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας για διαδραστική μάθηση</li> <li>• Τρισδιάστατες προσομοιώσεις βιο-εμπνευσμένων σχεδίων (π.χ. βιονικά άκρα, συνθετικό δέρμα)</li> <li>• Επιστημονικές εργασίες, βιβλία και διαδικτυακές εκπαιδευτικές πλατφόρμες επαυξημένης πραγματικότητας (AR)</li> <li>• Βίντεο, κινούμενα σχέδια και εικονικές μελέτες περιπτώσεων</li> <li>• Αποτελέσματα επιστημονικών διαδικτυακών σεμιναρίων και συνεντεύξεων ειδικών</li> </ul>                                                               |
| <b>Κριτήρια αξιολόγησης και αξιολόγηση</b>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Η απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων αξιολογείται μέσω κουίζ που βασίζονται σε επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), διαδραστικών εργασιών επίλυσης προβλημάτων και μάθησης μέσω έργων (project-based learning)</li> <li>• Παρουσιάσεις φοιτητών που παρουσιάζουν τα δικά τους σχέδια εμπνευσμένα από τη βιολογία, ενισχυμένα με επαυξημένη πραγματικότητα (AR)</li> <li>• Αξιολόγηση της εμπλοκής και της κατανόησης μέσω συστημάτων ανατροφοδότησης που βασίζονται σε επαυξημένη πραγματικότητα (AR) σε πραγματικό χρόνο</li> </ul> |





## Εισαγωγή

Επί εκατομμύρια χρόνια, η εξέλιξη έχει διαμορφώσει τη φύση σε μια απaráμιλλη πηγή εξαιρετικά αποδοτικών λύσεων. Μελετώντας και μιμούμενοι βιολογικά συστήματα, οι άνθρωποι έχουν αναπτύξει πρωτοποριακές τεχνολογίες που βελτιώνουν τη ζωή μας. Από τη ρομποτική έως την ιατρική, η βιο-εμπνευσμένη καινοτομία συνεχίζει να διευρύνει τα όρια του εφικτού.

Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, εξελίσσεται και η ικανότητά μας να αναπαράγουμε και να προσαρμόζουμε τα σχέδια της φύσης. Ωστόσο, η άμεση μίμηση δεν είναι πάντα η πιο αποτελεσματική προσέγγιση. Για παράδειγμα, ενώ τα πουλιά ενέπνευσαν την ανθρώπινη πτήση, τα σύγχρονα αεροπλάνα δεν χτυπούν τα φτερά τους, αλλά αξιοποιούν την αεροδυναμική και τις αρχές της μηχανικής για να διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις και να μεταφέρουν βαρύτερα φορτία. Ομοίως, η τροχοφόρος μετακίνηση έφερε επανάσταση στις μεταφορές, ωστόσο αντιμετωπίζει προκλήσεις στην πλοήγηση σε πολύπλοκα εδάφη, όπου τα ρομπότ με πόδια, εμπνευσμένα από τα ζώα, μπορεί να παρέχουν καλύτερες λύσεις.

Σήμερα, μηχανικοί και επιστήμονες σχεδιάζουν ρομπότ εμπνευσμένα από τη βιολογία που μιμούνται την προσαρμοστικότητα των γκέκο, των χταποδιών και των λιβελούλων, ρομπότ που προσκολλώνται σε τοίχους, αλλάζουν σχήμα και επεξεργάζονται αποτελεσματικά τρισδιάστατα περιβάλλοντα σε πραγματικό χρόνο. Αυτές οι καινοτομίες προσφέρουν δυνατότητες για εφαρμογές που κυμαίνονται από την εξερεύνηση του διαστήματος έως τις ιατρικές εξελίξεις.

Με την ενσωμάτωση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR), μπορούμε πλέον να οπτικοποιήσουμε, να αλληλεπιδράσουμε και να κατανοήσουμε αυτές τις τεχνολογίες εμπνευσμένες από τη βιολογία με έναν πιο καθηλωτικό τρόπο. Η AR επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνήσουν τρισδιάστατα μοντέλα βιονικών άκρων, να αναλύσουν την κίνηση βιοεμπνευσμένων ρομπότ και να γίνουν μάρτυρες των μηχανισμών των πιο αποτελεσματικών σχεδίων της φύσης, φέρνοντας τη βιομιμητική ζωή στη ζωή όπως ποτέ άλλοτε (Zhang et al., 2024).

Ενώ πολλές πτυχές της βιολογίας παραμένουν πέρα από την κατανόησή μας, ο τομέας της βιομιμητικής συνεχίζει να εξελίσσεται, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ της φυσικής νοημοσύνης και της ανθρώπινης καινοτομίας [Bar-Cohen και Breazeal, 2003]. Μέσω αυτής της μαθησιακής εμπειρίας εμπλουτισμένης με επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), οι μαθητές θα ασχοληθούν με τη βιομιμητική από πρώτο χέρι, αποκτώντας μια βαθύτερη εκτίμηση για τη σύντηξη της βιολογίας, της μηχανικής και της τεχνολογίας στη διαμόρφωση του μέλλοντος.



## Εξερεύνηση ενότητας:

### Δεξιότητες στη Φύση: Βιο-Έμπνευση στην Επιστήμη και την Τεχνολογία

Ο όρος βιομιμητική, που επινοήθηκε από τον Otto H. Schmitt (Schmitt, 1969), αναφέρεται στη μελέτη και τη μίμηση των μεθόδων, των μηχανισμών και των διαδικασιών της φύσης. Οι ικανότητες της φύσης συχνά ξεπερνούν την ανθρώπινη τεχνολογία, προσφέροντας έμπνευση για πιο αποτελεσματικές, βιώσιμες και προσαρμοστικές λύσεις (Bar-Cohen, 2005; Vincent, 2001). Οι ζωντανοί οργανισμοί λειτουργούν όχι ως ακριβή σχέδια αλλά ως προσαρμοστικά συστήματα, ικανά για αυτοεπιδιόρθωση, εξέλιξη και βελτιστοποίηση με την πάροδο του χρόνου. Σε αντίθεση με τα ανθρωπογενή προϊόντα που απαιτούν ακριβή αντιγραφή, οι βιολογικές δομές διατηρούν την αποτελεσματικότητα και τη λειτουργικότητα διατηρώντας παράλληλα μοναδικές μεμονωμένες παραλλαγές μέσα σε ένα είδος. Αυτή η εγγενής προσαρμοστικότητα παρέχει ένα πολύτιμο πλαίσιο για τεχνολογικές εξελίξεις.

Μία από τις πιο εντυπωσιακές πτυχές των βιολογικών συστημάτων είναι η αρχιτεκτονική τους που βασίζεται σε κύτταρα, η οποία επιτρέπει την ανοχή σε σφάλματα, την αυτοεπιδιόρθωση και την ανάπτυξη. Εάν μπορούμε να αναπτύξουμε βιομιμητικές δομές που αποτελούνται από αυτοαναγεννώμενα υλικά, θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε προσαρμοστικές, ανθεκτικές συσκευές - μια προσέγγιση που παραδοσιακά φαινόταν επιστημονική φαντασία, αλλά τώρα είναι ολοένα και πιο εφικτή με τις αναδυόμενες τεχνολογίες.

Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης, η φύση έχει πειραματιστεί με αμέτρητες λύσεις για τις περιβαλλοντικές προκλήσεις, βελτιώνοντας τις πιο επιτυχημένες. Αυτή η φυσική διαδικασία δοκιμής και λάθους έχει αποφέρει καινοτομίες στη φυσική, τη χημεία, τη μηχανική, την επιστήμη των υλικών, την κινητικότητα, τα συστήματα ελέγχου και την αισθητηριακή προσαρμογή. Οι αρχές κλιμάκωσης της φύσης, από νανο- και μικρο- έως μακρο- και mega-δομές, επιδεικνύουν αποτελεσματικότητα σε όλα τα επίπεδα. Οι μηχανισμοί γενετικής κωδικοποίησης και αυτο-αναπαραγωγής έχουν επιτρέψει στους βιολογικούς οργανισμούς να αρχειοθετούν και να μεταφέρουν τις εξελικτικές τους εξελίξεις (Bar-Cohen, 2006).

Τα βιολογικά υλικά συχνά ξεπερνούν σε απόδοση τα υλικά που έχουν κατασκευαστεί από τον άνθρωπο σε αντοχή, ευελιξία και αποτελεσματικότητα. Για παράδειγμα, το μετάξι, το δέρμα και το μαλλί (Carlson et al., 2005) έχουν ιδιότητες ανώτερες από πολλές συνθετικές εναλλακτικές λύσεις. Η δομή της κηρήθρας, που δημιουργείται φυσικά από τις μέλισσες, αποτελεί παράδειγμα της μηχανικής ιδιοφυΐας της φύσης: είναι ελαφριά αλλά απίστευτα ανθεκτική, εμπνέοντας εφαρμογές στην αεροδιαστημική, την αρχιτεκτονική και την επιστήμη των υλικών. Ενώ αυτά τα παραδείγματα υπογραμμίζουν τη βιολογική αποτελεσματικότητα, η πρόκληση παραμένει η αποτελεσματική μεταφορά αυτών των σχεδίων σε ανθρώπινες τεχνολογίες (Gordon, 1976).

### Ενσωμάτωση Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR): Ενίσχυση της Βιοεμπνευσμένης Μάθησης

Η ενσωμάτωση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) παρέχει μια μετασχηματιστική προσέγγιση στην κατανόηση της βιολογικής αποτελεσματικότητας και προσαρμογής. Χρησιμοποιώντας διαδραστικές προσομοιώσεις AR, οι μαθητές και οι ερευνητές μπορούν:

- Οπτικοποιήστε και χειριστείτε τρισδιάστατα μοντέλα βιολογικών δομών, όπως πλαίσια κηρήθρας, ίνες μεταξιού αράχνης και οστέινα ικρίωματα, επιτρέποντας συγκριτική ανάλυση με συνθετικά υλικά.
- Αλληλεπιδράστε με αυτοεπιδιορθούμενα και προσαρμοστικά υλικά στην επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) για να διερευνήσετε πώς οι διεργασίες σε κυτταρικό επίπεδο θα μπορούσαν να μεταφραστούν σε βιομιμητική μηχανική.
- Πειραματιστείτε με εξελικτικές διαδικασίες μέσω προσομοιώσεων που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα (AR), οι οποίες καταδεικνύουν τις στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων της φύσης σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες.





- Επικαλύψτε ψηφιακούς σχολιασμούς σε αντικείμενα του πραγματικού κόσμου, συγκρίνοντας βιολογικά μοτίβα με τεχνητές δομές σε πειράματα πραγματικού χρόνου.
- Χρησιμοποιήστε εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας (AR) ενισχυμένες με τεχνητή νοημοσύνη για την προσομοίωση προσαρμοστικών ιδιοτήτων υλικών, δείχνοντας πώς οι βιομηχανικές αρχές μπορούν να βελτιώσουν τον δομικό σχεδιασμό στην αρχιτεκτονική, τη ρομποτική και την αεροδιαστημική (Bacca et al., 2014, Billingham et al., 2015).

Συνδυάζοντας τη βιο-έμπνευση με την AR, οι μαθητές μπορούν να ξεπεράσουν την παθητική μάθηση και να ασχοληθούν ενεργά με δυναμικά, διαδραστικά μοντέλα, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ της νοημοσύνης της φύσης και της ανθρώπινης καινοτομίας. Αυτή η πρακτική ψηφιακή προσέγγιση ενισχύει την εκπαίδευση STEM και ενθαρρύνει τη δημιουργική επίλυση προβλημάτων, ενθαρρύνοντας την επόμενη γενιά μηχανικών και επιστημόνων να αξιοποιήσουν τις στρατηγικές της φύσης για τεχνολογικές εξελίξεις.

## Η βιολογία ως μοντέλο: Γεφύρωση της φύσης και της τεχνολογίας μέσω της ενσωμάτωσης της επαυξημένης πραγματικότητας (AR)

Η φύση έχει αναπτύξει μια τεράστια δεξαμενή καινοτομιών που έχουν αντέξει με επιτυχία τις δοκιμές πρακτικότητας και ανθεκτικότητας σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Αυτές οι λύσεις, που έχουν τελειοποιηθεί μέσα από εκατομμύρια χρόνια εξέλιξης, χρησιμεύουν ως ανεκτίμητη έμπνευση για τεχνολογικές εξελίξεις. Για να αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό της φύσης, είναι ζωτικής σημασίας να δημιουργηθούν ισχυρές διεπιστημονικές συνεργασίες μεταξύ βιολόγων και μηχανικών. Αυτή η διεπιστημονική προσέγγιση διευκολύνει τον μετασχηματισμό των βιολογικών δυνατοτήτων σε πρακτικές τεχνικές λύσεις, ανοίγοντας το δρόμο για εργαλεία, μηχανισμούς και συστήματα εμπνευσμένα από τη βιολογία (Bar-Cohen, 2006).

Για να αναλυθεί η φύση από τεχνολογική άποψη, οι βιολογικές λειτουργίες πρέπει να κατηγοριοποιηθούν σε τεχνολογικές εφαρμογές. Ο παρακάτω πίνακας παρέχει παραδείγματα βιολογικών συστημάτων και των τεχνολογικών αναλόγων τους.

| Βιολογία                    | Τεχνολογία                                  | Βιομηχανική, βιομηχανική, βιονική και βιομηχανική                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Σώμα                        | Σύστημα                                     | Αναπτύσσονται συστήματα με πολυλειτουργικά υλικά και δομές που μιμούνται τις δυνατότητες των βιολογικών συστημάτων.                                                                                                 |
| Σκελετός και οστά Εγκέφαλος | Δομή και στηρίγματα υποστήριξης Υπολογιστής | Οι υποστηρικτικές δομές αποτελούν μέρος κάθε ανθρωπογενούς συστήματος<br><br>Πρόδος στην ανάπτυξη υπολογιστών που μιμούνται τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου                                                  |
| Μυστική υπηρεσία            | Τεχνητή νοημοσύνη                           | Υπάρχουν πολλές πτυχές της τεχνητής νοημοσύνης που έχουν εμπνευστεί από τη βιολογία, όπως η επαυξημένη πραγματικότητα, τα αυτόνομα συστήματα, η υπολογιστική νοημοσύνη, τα έμπειρα συστήματα, η ασαφής λογική κ.λπ. |





|                                             |                                              |                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Αισθήσεις                                   | Αισθητήρες                                   | Η υπολογιστική όραση, η τεχνητή όραση, το ραντάρ και άλλοι ανιχνευτές εγγύτητας έχουν όλες άμεσες βιολογικές αναλογίες. Ωστόσο, οι δυνατότητες των τεχνητών αισθητήρων δεν είναι ούτε κατά διάνοια τόσο καλές όσο αυτές των βιοαισθητήρων. |
| Μύες<br>Ηλεκτροχημική<br>Παραγωγή ενέργειας | Ενεργοποιητές<br>Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες | Τα ηλεκτροενεργά πολυμερή είναι ενεργοποιητές που είναι λειτουργικά παρόμοιοι με τους φυσικούς μύες. Η χρήση βιολογικών υλικών για την παραγωγή ενέργειας θα προσφέρει τεράστια πλεονεκτήματα στα μηχανικά συστήματα.                      |

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικές ομοιότητες μεταξύ βιολογίας και τεχνικών συστημάτων, πηγή: Bar-Cohen, 2006

## Επαυξημένη Πραγματικότητα για την Κατανόηση Βιολογικών και Τεχνολογικών Αναλογιών

Οι παραδοσιακές μέθοδοι μάθησης συχνά δυσκολεύονται να απεικονίσουν αποτελεσματικά τις πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ βιολογίας και μηχανικής. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) γεφυρώνει αυτό το κενό επιτρέποντας στους μαθητές να:

- Επικάλυψη διαδραστικών τρισδιάστατων μοντέλων σε αντικείμενα του πραγματικού κόσμου, επιτρέποντας συγκρίσεις σε πραγματικό χρόνο μεταξύ βιολογικών και συνθετικών δομών.
- Προσομοίωση μοντέλων μάθησης τεχνητής νοημοσύνης εμπνευσμένων από τη βιολογική νοημοσύνη, βοηθώντας τους μαθητές να οπτικοποιήσουν νευρωνικά δίκτυα και γνωστικές λειτουργίες (Billinghurst et al., 2015).
- Χρησιμοποιήστε εργαλεία ανατομής με βελτιωμένη επαυξημένη πραγματικότητα (AR) για να εξερευνήσετε βιολογικούς αισθητηριακούς μηχανισμούς και τα αντίστοιχα σχεδιασμένα μοντέλα, όπως κόλλες εμπνευσμένες από γκέκο και αισθητήρες όρασης εμπνευσμένους από τη βιολογία.

## Βιομιμητική έμπνευση για τη ρομποτική και την τεχνητή νοημοσύνη μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας (AR)

Πολλές από τις ικανότητες της φύσης αποτελούν πρότυπα για την προηγμένη ρομποτική, την επιστήμη των υλικών και την πληροφορική. Για παράδειγμα:

- Το κρανίο του δρυοκολάπτη, το οποίο απορροφά τους κραδασμούς, έχει εμπνεύσει τον προστατευτικό εξοπλισμό και τα συστήματα απόσβεσης.
- Η δύναμη πρόσφυσης van der Waals του γκέκο έχει δημιουργήσει ξηρές κόλλες και ρομπότ αναρρίχησης.
- Η βιοεμπνευσμένη μετακίνηση έχει βελτιώσει την ευελιξία των εναέριων, υποβρύχιων και ρομπότ που διασχίζουν έδαφος.





- Οι ενεργειακά αποδοτικές στρατηγικές κίνησης της φύσης, όπως η προσαρμοστική αναμόρφωση του σώματος ενός χαμαιλέοντα ή η ευελιξία των μαλακών ιστών ενός χταποδιού, επηρεάζουν τις ρομποτικές δομές που αλλάζουν σχήμα (Bar-Cohen, 2006).

### Ενσωμάτωση AR στη Βιομηχανική Ρομποτική και την Τεχνητή Νοημοσύνη

Αξιοποιώντας την Επαυξημένη Πραγματικότητα, οι μαθητές και οι ερευνητές μπορούν:

- Δοκιμάστε τις αρχές της βιομηχανικής κίνησης σε προσομοιώσεις με τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας (AR), οπτικοποιώντας πώς κινούνται και προσαρμόζονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα ρομπότ που μοιάζουν με γκέκο, χταπόδια με μαλακό σώμα ή drones εμπνευσμένα από λιβελούλες.
- Χρησιμοποιήστε επιδείξεις βιομηχανικής που βασίζονται σε επαυξημένη πραγματοποίηση (AR) για να αναλύσετε πώς τα ρομποτικά άκρα που κινούνται με τεχνητή νοημοσύνη μιμούνται βιολογικές μυϊκές δομές.
- Εκπαίδευση εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας (AR) που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη ώστε να ανταποκρίνονται σε ερεθίσματα του πραγματικού κόσμου, αναπαράγοντας βιολογικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων σε ρομποτικά συστήματα (Dünser et al., 2012).

### Μινιατούρες Βιολογικά Εμπνευσμένες Συσκευές: Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) για τον Σχεδιασμό Τεχνολογιών του Μέλλοντος

Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις στη βιομηχανία είναι ο σχεδιασμός μικροσκοπικών συσκευών εμπνευσμένων από τη βιολογία, ικανών για:

**Πέταγμα**με εξαιρετική ευκινησία, σαν λιβελούλα

**Προσκόλληση**σε λείους και τραχείς τοίχους, σαν γκέκο

**Προσαρμογή**σε περιβαλλοντικές δομές, σαν χαμαιλέοντα

**Επεξεργασία**σύνθετες τρισδιάστατες εικόνες σε πραγματικό χρόνο, παρόμοιες με την ανθρώπινη όραση

**Ανακύκλωση**ενέργεια κινητικότητας, ενισχύοντας την ενεργειακή απόδοση

**Αυτοαναπαραγόμενο**και αναπτύσσεται αξιοποιώντας τους περιβαλλοντικούς πόρους

**Δημιουργία**και αποθήκευση χημικής ενέργειας, αντικατοπτρίζοντας βιολογικές διεργασίες

### Σχεδιασμός και Δοκιμή Βιολογικά Εμπνευσμένων Μικροσκοπικών Συσκευών με Βασισμό την Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR)

- Η δημιουργία πρωτοτύπων επαυξημένης πραγματικότητας (AR) επιτρέπει την αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο με ψηφιακά μοντέλα βιοεμπνευσμένων ρομπότ, βοηθώντας τους μηχανικούς να βελτιώσουν τα σχέδια πριν από τα φυσικά παραγωγή.
- Οι δοκιμές αισθητήρων που βασίζονται στην επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) επιτρέπουν στους μαθητές να αναλύσουν εικονικά πώς οι βιολογικοί αισθητήρες, όπως τα μουστάκια ή το σόναρ, θα μπορούσαν να βελτιώσουν την ρομποτική αντίληψη (Bacca et al., 2014).
- Τα βιολογικά εργαστήρια εικονικής πραγματικότητας που χρησιμοποιούν επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) επιτρέπουν στους μαθητές να προσομοιώνουν βιοεμπνευσμένες λύσεις αποθήκευσης ενέργειας, όπως μπαταρίες που βασίζονται στη φωτοσύνθεση ή βιολογικά αποδοτικά συστήματα ισχύος.

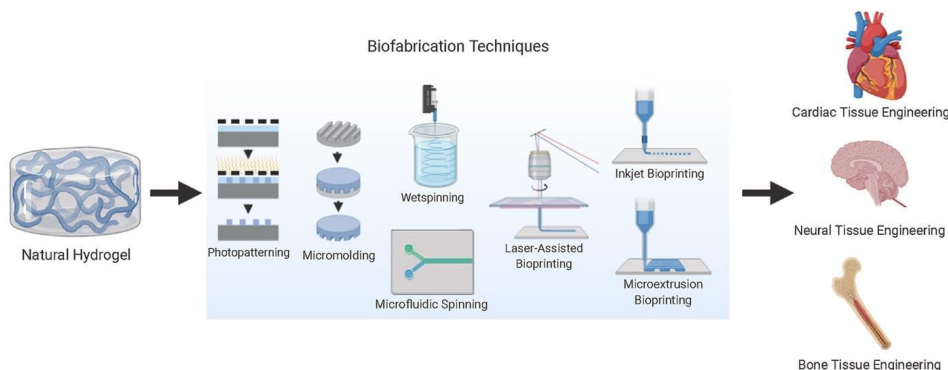


## Βιολογικά υλικά για το ανθρώπινο σώμα:

Η φύση παρέχει μια εκτεταμένη γκάμα υλικών με ποικίλες λειτουργίες, προσφέροντας μια πολύτιμη πηγή έμπνευσης για τους επιστήμονες και τους μηχανικούς υλικών. Τα βιολογικά υλικά αποτελούν τη δομική βάση όλων των ζωντανών οργανισμών, επιτρέποντας στα κύτταρα να λειτουργούν, στα μάτια να επεξεργάζονται το φως, στα φυτά να στέκονται όρθια και στα ζώα να κινούνται αποτελεσματικά. Αυτά τα φυσικά υλικά έχουν εμπνεύσει τους ανθρώπους να αναπτύξουν συνθετικές εναλλακτικές λύσεις που βελτιώνουν την καθημερινή λειτουργικότητα και τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Από την αρχιτεκτονική έως την αεροδιαστημική μηχανική, οι δομές εμπνευσμένες από τη βιοτεχνολογία έχουν φέρει επανάσταση στις διαδικασίες σχεδιασμού. Παραδείγματα περιλαμβάνουν ελαφριά αλλά ισχυρά κυψελοειδή μοτίβα, αυτοεπιδιορθούμενα υλικά και βιοδιασπώμενα σύνθετα υλικά (Kemp, 2004; Nachtigall, 1998; Jeronimidis & Atkins, 1995). Παρά το γεγονός ότι αποτελούνται από ένα περιορισμένο σύνολο οργανικών συστατικών, τα φυσικά υλικά παρουσιάζουν αξιοσημείωτες ιδιότητες όπως ευελιξία, ανθεκτικότητα και προσαρμοστικότητα.

Αντίθετα, τα υλικά που έχουν κατασκευαστεί από τον άνθρωπο ιστορικά βασίζονταν σε ένα ευρύτερο φάσμα χημικών στοιχείων, οδηγώντας στην ανάπτυξη κραμάτων, πολυμερών και σύνθετων υλικών. Ωστόσο, τα περισσότερα βιομηχανικά υλικά απαιτούν επεξεργασία σε υψηλή θερμοκρασία, ένας περιορισμός που δεν υπάρχει στα βιολογικά υλικά. Αντίθετα, η φύση κατασκευάζει αποτελεσματικά σύνθετα υλικά υπό συνθήκες περιβάλλοντος μέσω ιεραρχικής δομής και γενετικού προγραμματισμού (Lakes, 1993; Tirrell, 1994; Currey, 2005).



Σχήμα 2: Τεχνικές  
βιοκατασκευής, πηγή:  
Elkhoury.K &all, 2021

## Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) στην Επιστήμη Υλικών Εμπνευσμένη από τη Βιοεπιστήμη

Η πολυπλοκότητα των δομών των βιολογικών υλικών συχνά καθιστά δύσκολη τη μελέτη τους με παραδοσιακές μεθόδους. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) παρέχει μια μετασχηματιστική προσέγγιση στην οπτικοποίηση, την ανάλυση και τον πειραματισμό με βιολογικά υλικά μέσω: Δημιουργία διαδραστικών τρισδιάστατων μοντέλων βιολογικών δομών, όπως ίνες μεταξιού αράχνης, διατάξεις κηρήθρας και ικρίωματα μαλακών ιστών.





Η ενεργοποίηση προσομοιώσεων υλικών σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στους χρήστες να τροποποιούν παραμέτρους όπως η αντοχή, η ελαστικότητα και η βιοδιασπασιμότητα, για να μελετήσουν τις επιπτώσεις τους.

Η επικάλυψη μικροσκοπίας ενισχυμένης με επαυξημένη πραγματικότητα (AR) βοηθά τους μαθητές να εξερευνήσουν βιολογικές δομές σε νανο- και μικρο-κλίμακα (Bacca et al., 2014).

Ανάπτυξη εφαρμογών δοκιμών υλικών βασισμένων σε επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) για την προσομοίωση μηχανικής καταπόνησης, ανθεκτικότητας και ιδιοτήτων αυτοϊασης βιοεμπνευσμένων υλικών (Billingham et al., 2015).

Το σώμα είναι ένα χημικό εργαστήριο που επεξεργάζεται φυσικές χημικές ουσίες και τις μετατρέπει σε ενέργεια, δομικά υλικά, απόβλητα και διάφορες πολυλειτουργικές δομές (Mann 1995). Οι άνθρωποι έχουν αναγνωρίσει τα φυσικά υλικά ως πηγές τροφής, ένδυσης, άνεσης κ.λπ., συμπεριλαμβανομένων, για να αναφέρουμε μερικές, της γούνας, του δέρματος, του μελιού, του κεριού, του γάλακτος και του μεταξιού (Carlson et al. 2005). Αν και ορισμένα από τα πλάσματα και τα έντομα που παράγουν υλικά είναι σχετικά μικρά, μπορούν να παράγουν ποσότητες επαρκείς για ανθρώπινη κατανάλωση σε μαζική παραγωγή (π.χ. μέλι, μετάξι και μαλλί). Η χρήση φυσικών υλικών μπορεί να εντοπιστεί χιλιάδες χρόνια πριν. Το μετάξι, που παράγεται για να προστατεύει το κουκούλι του σκώρου του μεταξοσκώληκα, έχει εξαιρετικές ιδιότητες όπως ομορφιά, αντοχή και ανθεκτικότητα. Αυτά τα οφέλη αναγνωρίστηκαν από τους ανθρώπους και η ανάγκη παραγωγής τους σε οποιαδήποτε επιθυμητή ποσότητα οδήγησε στην παραγωγή ανθρωπογενών εκδόσεων και απομιμήσεων. Οι συναρπαστικές δυνατότητες των φυσικών υλικών περιλαμβάνουν την αυτοϊαση, την αυτοαναπαραγωγή, την αναδιαμόρφωση, τη χημική ισορροπία και την πολυλειτουργικότητα. Πολλά τεχνητά υλικά υποβάλλονται σε επεξεργασία με θέρμανση και υπό πίεση, σε αντίθεση με τη φύση τους, η οποία λειτουργεί πάντα υπό συνθήκες περιβάλλοντος.

Η παραγωγή βιο-κατασκευασμένων υλικών παράγει ελάχιστα απόβλητα και ρύπανση, με αποτέλεσμα να είναι κυρίως βιοδιασπώμενα και ανακυκλώσιμα από τη φύση. Μαθαίνοντας πώς να επεξεργαζόμαστε τέτοια υλικά, μπορούμε να αυξήσουμε τις επιλογές υλικών μας και να βελτιώσουμε την ικανότητά μας να παράγουμε ανακυκλώσιμα υλικά που προστατεύουν καλύτερα το περιβάλλον (Bar-Cohen, 2006).

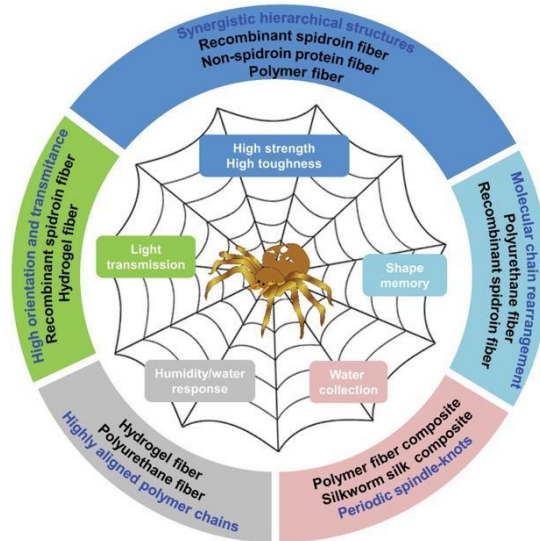
Η βιοεμπνευση οδηγεί άμεσα σε έναν τομέα της επιστήμης που σήμερα αυξάνεται σε σημασία και ενδιαφέρον: την επιστήμη, και ιδιαίτερα την επιστήμη των υλικών, της μαλακής ύλης (Hamley IW, 2013). Η επιστήμη των υλικών αναπτύχθηκε γύρω από «σκληρές» δομές (ανθεκτικές, με σταθερή μορφή και λειτουργία, ανθεκτικές σε βλάβες). Τα περισσότερα βιολογικά συστήματα (ακόμα και τα οστά σε κάποιο βαθμό) είναι «μαλακά», δηλαδή ελαστικά και εύκολα παραμορφώσιμα. Αυτός ο τύπος ύλης έχει εξερευνηθεί πολύ λιγότερο από την «σκληρή» ύλη και, ως εκ τούτου, προσφέρει ευκαιρίες για ανακαλύψεις και εφευρέσεις που είναι σχετικά ανεξερεύνητες (στην επιστήμη) και, ταυτόχρονα, είναι ανεξάρτητες από τη βιολογία και σχετικές με τη βιολογία. Η κατανόηση του πώς οι οργανισμοί χρησιμοποιούν τη μαλακή ύλη, όπως οι μύες, οι τένοντες, οι συνδετικοί ιστοί, οι μεμβράνες και τα νεύρα, προσφέρει ένα τεράστιο φάσμα ιδεών για νέα ήπια επιστήμη (Whitesides, 2015).



Ακολουθούν ορισμένα παραδείγματα βιολογικών υλικών και οι προδιαγραφές τους:

- Ισχυρές ίνες ιστού αράχνης

Η αράχνη είναι ένας από τους καλύτερους «μηχανικούς κατασκευής» στη βιολογία και έχει μια απίστευτα αποτελεσματική ικανότητα να παράγει υλικά. Κατασκευάζει τον ιστό της από μια στιβαρή, αδιάλυτη, ελαφριά συνεχή ίνα ανθεκτική στη βροχή, τον άνεμο και το ηλιακό φως. Αποτελείται από υπέροχες ίνες που είναι μόλις ορατές για να εκπληρώσουν τη λειτουργία της ως παγίδα εντόμων. Η αράχνη έχει αρκετές πρώτες ύλες για το μετάξι της ώστε να τεντώσει τον ιστό σε μεγάλες αποστάσεις γύρω από το σώμα της. Ιστοσελίδες διαφόρων σχημάτων (συμπεριλαμβανομένων επίπεδων) συχνά φαίνονται υφασμένες ανάμεσα σε μακρινά δέντρα, και ο ιστός είναι εκπληκτικά μεγάλος σε σύγκριση με το μέγεθος της αράχνης. Οι πρόσφατες εξελίξεις στη νανοτεχνολογία υπόσχονται την παραγωγή λεπτών, συνεχών ινών με τεράστια αντοχή. Για το σκοπό αυτό, έχει αναπτυχθεί μια διαδικασία ηλεκτροϊονοποίησης (Dzenis 2004) που επιτρέπει την παραγωγή ινών με διάμετρο 2  $\mu\text{m}$  από διαλύματα πολυμερών ή τήγματα σε υψηλά ηλεκτρικά πεδία. Οι νανοΐνες που προκύπτουν αποδείχθηκαν σχετικά ομοιόμορφες και δεν απαιτούσαν εκτεταμένο καθαρισμό.



Σχήμα 3: Ιστός αράχνης, πηγή: Jiatian & all, 2021

## Εφαρμογές AR στην έρευνα για το μετάξι της αράχνης

Οι τρισδιάστατες προσομοιώσεις επαυξημένης πραγματικότητας (AR) δομών μεταξιού αράχνης μπορούν να καταδείξουν μοριακές αλληλεπιδράσεις που ευθύνονται για την αντοχή και την ευελιξία του. Οι προσομοιώσεις δοκιμών εφελκυσμού που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα (AR) επιτρέπουν στους μαθητές να πειραματιστούν με διαφορετικές τροποποιήσεις βιοπολυμερών για την ενίσχυση της παραγωγής τεχνητού μεταξιού.

- Η μέλισσα παράγει διάφορα υλικά

Η μέλισσα φτιάχνει μέλι από το νέκταρ που συλλέγει από τα λουλούδια και παράγει μια κηρήθρα από κερί. Τα κεριά παλιά φτιάχνονταν από κερί μέλισσας, αλλά με την έλευση της πετρελαϊκής βιομηχανίας, τα κεριά πλέον κατασκευάζονται κυρίως από κερί κηροζίνης (Bar-Cohen, 2006).

## Εφαρμογές AR στην Honeycomb Engineering

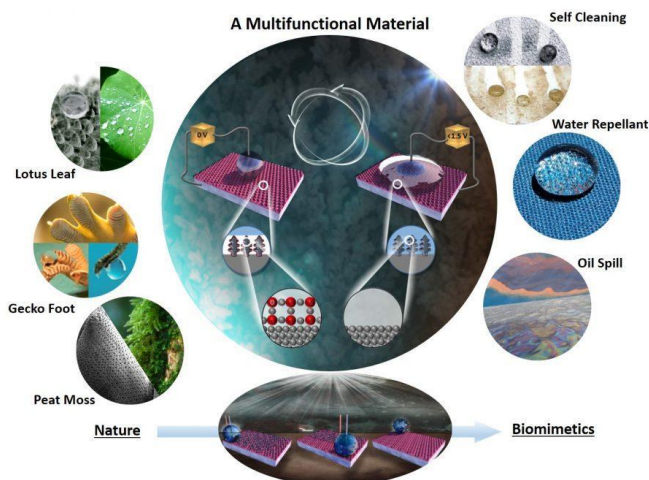
Τα εργαλεία εικονικής δοκιμής επαυξημένης πραγματικότητας (AR) επιτρέπουν στους μαθητές να αλλάζουν τις διαστάσεις των κυψελοειδών κελιών και να παρατηρούν αλλαγές σε πραγματικό χρόνο στην ικανότητα φόρτισης. Η συγκριτική μοντελοποίηση επαυξημένης πραγματικότητας (AR) μπορεί να



επικαλύψει φυσικές δομές κυψελοειδών κελιών με κατασκευασμένα υλικά πλέγματος, παρέχοντας μια παράλληλη ανάλυση απόδοσης (Dünser et al., 2012).

- Πολυλειτουργικά υλικά

Η χρήση υλικών που επιτελούν πολλαπλές λειτουργίες επιτρέπει στη φύση να εξοπλίσει τα ζωντανά της όντα με χαμηλότερο σωματικό βάρος. Πολλοί ερευνητές και μηχανικοί διερευνούν τις έννοιες των πολυλειτουργικών υλικών και δομών (Nemat-Nasser et al. 2005). Καταβάλλονται αυξανόμενες προσπάθειες για την μίμηση αυτής της ιδιότητας χρησιμοποιώντας διάφορους κλάδους όπως η επιστήμη των υλικών, η εφαρμοσμένη μηχανική, η ηλεκτρονική, η φωτονική και η κατασκευή.



Σχήμα 4: Πολυλειτουργικό υλικό Πηγή: Zahiri &all, 2017

Τα μαλακά βιολογικά υλικά, όπως οι μύες, οι συνδετικοί ιστοί και οι κυτταρικές μεμβράνες, προσφέρουν έμπνευση για τη βιοτεχνική μαλακή ρομποτική και τα υλικά που ανταποκρίνονται στις ανάγκες. Ενώ η παραδοσιακή επιστήμη των υλικών έχει επικεντρωθεί σε άκαμπτες δομές, ο αναδυόμενος τομέας της επιστήμης των μαλακών υλικών επιτρέπει την ανάπτυξη εξαιρετικά προσαρμόσιμων, ελαστικών και πολυλειτουργικών υλικών (Hamley, 2013).

### AR για εξερεύνηση μαλακής ύλης

Ο σχεδιασμός βιοϋλικών με βελτιωμένη επαυξημένη πραγματικότητα (AR) επιτρέπει στους μαθητές να οπτικοποιούν και να αλληλεπιδρούν με παραμορφώσιμα, μαλακά υλικά, προσομοιώνοντας τη μηχανική και χημική τους συμπεριφορά.

Οι δοκιμές ρομποτικής εμπνευσμένες από τη βιοτεχνολογία στην επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) μπορούν να μοντελοποιήσουν εύκαμπτες δομές που μοιάζουν με χταπόδι και αλλάζουν σχήμα ως απόκριση σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα.





## Πολυλειτουργικά και Βιώσιμα Βιοϋλικά

Ένα από τα πιο αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά της φύσης είναι η ικανότητά της να αναπτύσσει πολυλειτουργικά υλικά που εξισορροπούν την απόδοση, την ενεργειακή απόδοση και τη βιωσιμότητα. Η σύγχρονη επιστήμη των υλικών ενσωματώνει πλέον την πολυλειτουργικότητα εμπνευσμένη από τη βιολογία στις εφαρμογές της μηχανικής, της υγειονομικής περίθαλψης και της νανοτεχνολογίας (Nemat-Nasser et al., 2005).

## Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) για Βιώσιμη Καινοτομία Βιοϋλικών

Τα εργαλεία επιλογής οικολογικών υλικών με τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) επιτρέπουν στους χρήστες να συγκρίνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των βιολογικών έναντι των συνθετικών υλικών.

Οι εικονικοί προσομοιωτές αποσύνθεσης επαυξημένης πραγματικότητας (AR) μπορούν να δείξουν πώς τα βιοδιασπώμενα υλικά διασπώνται σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η μελέτη των βιοεμπνευσμένων υλικών έχει προωθήσει σημαντικά τη μηχανική, την ιατρική και τη βιωσιμότητα. Ωστόσο, οι παραδοσιακές μέθοδοι ανάλυσης υλικών συχνά δυσκολεύονται να αποδώσουν την πλήρη πολυπλοκότητα των βιολογικών δομών, περιορίζοντας την προσβασιμότητά τους για ερευνητές και φοιτητές. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) αναδύεται ως ένα επαναστατικό εργαλείο που γεφυρώνει αυτό το κενό, επιτρέποντας τη διαδραστική εξερεύνηση, τον εικονικό πειραματισμό και την ψηφιακή προσομοίωση βιοεμπνευσμένων υλικών.

Πρόσφατη έρευνα υπογραμμίζει τον μετασχηματιστικό ρόλο της AR στη βιολογία και την εκπαίδευση στην επιστήμη των υλικών. Μια συστηματική ανασκόπηση της AR στην εκπαίδευση στη βιολογία κατέδειξε πώς τα διαδραστικά μαθησιακά περιβάλλοντα βελτιώνουν την κατανόηση των μαθητών σχετικά με σύνθετες βιολογικές δομές και βιομιμητικά υλικά. Ομοίως, μια μελέτη του 2024 σε βιοεμπνευσμένα μοντέλα AR ανέπτυξε ένα ψηφιακό δίδυμο του *C. elegans*, επιτρέποντας στους χρήστες να οπτικοποιούν και να χειρίζονται τη νευρωνική και μυϊκή δραστηριότητα, καταδεικνύοντας πώς η AR μπορεί να διευκολύνει τον βιολογικό πειραματισμό σε πραγματικό χρόνο (BioRxiv, 2024).

Επιπλέον, η ανάπτυξη εφαρμογών που βασίζονται στην επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) στη βιοϊατρική επιστήμη έχει παράσχει διαδραστικά εργαλεία για την εκμάθηση βιοϋλικών, νανοτεχνολογίας και μηχανικής ιστών. Αυτές οι εφαρμογές ενισχύουν την αλληλεπίδραση και την κατανόηση, καταδεικνύοντας τις δυνατότητες της επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) να προσομοιώνει βιομιμητικές διεργασίες του πραγματικού κόσμου (PMC, 2023).

Οι μελλοντικοί επιστήμονες και μηχανικοί θα αποκτήσουν μια βαθύτερη κατανόηση των βιο-εμπνευσμένων υλικών μέσω της εκπαίδευσης σε βιοϋλικά ενισχυμένης με επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), οδηγώντας σε πιο αποτελεσματικές, βιώσιμες και υψηλής απόδοσης καινοτομίες. Προσφέροντας αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο με βιομιμητικές δομές, η AR προωθεί μια νέα εποχή ψηφιακής μάθησης, βελτιώνοντας τελικά την επιστημονική ανακάλυψη και εφαρμογή σε πολλαπλούς τομείς.

## Βιοαισθητήρες και οι Εφαρμογές τους: Μια Νέα Διάσταση με την Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR)

### Κατανόηση των βιοαισθητήρων και του ρόλου τους στη σύγχρονη τεχνολογία

Τα βιολογικά αισθητήρια συστήματα είναι εξαιρετικά ευαίσθητα, λειτουργώντας σε μοριακό και κβαντικό επίπεδο για την ανίχνευση περιβαλλοντικών αλλαγών. Αυτοί οι εξαιρετικά εξελιγμένοι μηχανισμοί αποτελούν τη βάση για τους σύγχρονους βιοαισθητήρες, οι οποίοι μιμούνται βιολογικές διεργασίες για την παρακολούθηση, την ανάλυση και την ανταπόκριση σε εξωτερικά ερεθίσματα. Οι βιοαισθητήρες έχουν φέρει επανάσταση σε διάφορους κλάδους, από την υγειονομική περίθαλψη και την περιβαλλοντική



παρακολούθηση έως την ασφάλεια και την ασφάλεια των τροφίμων. Στην καθημερινότητά μας, αισθητήρες εμπνευσμένοι από βιολογικές αρχές είναι πανταχού παρόντες - ρυθμίζουν τη θερμοκρασία στα κτίρια, παρακολουθούν την κίνηση στα συστήματα ασφαλείας, ελέγχουν τους διανομείς χωρίς επαφή και παρακολουθούν ζωτικές παραμέτρους υγείας. Αυτές οι εξελίξεις έχουν οδηγήσει σε συνεχείς βελτιώσεις στην ευαισθησία, την αποτελεσματικότητα και τη σμίκρυνση, επιτρέποντας στους βιοαισθητήρες να ανιχνεύουν ακόμη και τις μικρότερες μοριακές αλλαγές στο περιβάλλον τους.

Ωστόσο, ενώ οι βιοαισθητήρες συνεχίζουν να εξελίσσονται, οι παραδοσιακές εκπαιδευτικές και ερευνητικές μεθοδολογίες συχνά δυσκολεύονται να αποδείξουν αποτελεσματικά την πολυπλοκότητά τους. Η ενσωμάτωση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) στην τεχνολογία βιοαισθητήρων παρουσιάζει μια καινοτόμο προσέγγιση, επιτρέποντας την διαδραστική οπτικοποίηση και προσομοίωση, ενισχύοντας τόσο τη μάθηση όσο και την εφαρμογή στον πραγματικό κόσμο (Venkatesen et al., 2021).

## **Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) ως Εργαλείο για την Εξερεύνηση της Τεχνολογίας Βιοαισθητήρων**

Η αφηρημένη φύση των μηχανισμών των βιοαισθητήρων καθιστά δύσκολη τη μελέτη τους χρησιμοποιώντας στατικά δισδιάστατα διαγράμματα ή παραδοσιακές διαλέξεις. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) αντιμετωπίζει αυτήν την πρόκληση παρέχοντας καθηλωτική, διαδραστική και σε πραγματικό χρόνο οπτικοποίηση των λειτουργιών των βιοαισθητήρων.

Για παράδειγμα, με την επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), οι χρήστες μπορούν:

- Εξερευνήστε τρισδιάστατα ολογραφικά μοντέλα βιοαισθητήρων, επιτρέποντάς τους να αλληλεπιδρούν με δομές αισθητήρων σε μοριακό επίπεδο, όπως οι αλληλεπιδράσεις πρωτεΐνης-συνδέτη σε βιοηλεκτρονικές συσκευές.
- Προσομοίωση της διαδικασίας ανίχνευσης βιοαισθητήρων, όπου οι χρήστες μπορούν να εισάγουν διαφορετικές ουσίες και να παρατηρούν εικονικές αντιδράσεις σε πραγματικό χρόνο σε χημικά και βιολογικά ερεθίσματα.
- Επικάλυψη διαγνωστικών πραγματικού κόσμου με βάση την επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), που βοηθούν τους επαγγελματίες του ιατρικού κλάδου να δουν πώς οι βιοαισθητήρες αναλύουν τα επίπεδα γλυκόζης, ανιχνεύουν λοιμώξεις ή παρακολουθούν την καρδιαγγειακή υγεία.

Αυτή η διαδραστική προσέγγιση βελτιώνει την εννοιολογική κατανόηση και ενισχύει την ικανότητα καινοτομίας και εφαρμογής τεχνολογιών βιοαισθητήρων σε πραγματικό περιβάλλον.

## **Βιοηλεκτρονικοί Αισθητήρες: Πρόοδοι στη Διαγνωστική με γνώμονα την επαυξημένη Πραγματικότητα (AR)**

Πρόσφατα, οι βιοαισθητήρες έχουν εξελιχθεί σε ηλεκτρονικές συσκευές που μιμούνται τα ανθρώπινα αισθητήρια συστήματα. Μερικά από τα πιο αξιοσημείωτα παραδείγματα περιλαμβάνουν ηλεκτρονικές μύτες και γλώσσες, οι οποίες έχουν προσαρμοστεί με επιτυχία για βιομηχανικές και βιοϊατρικές εφαρμογές.

- Οι ηλεκτρονικές μύτες (E-noses) αντιγράφουν τους ανθρώπινους οσφρητικούς υποδοχείς, επιτρέποντάς τους να ανιχνεύουν και να ταξινομούν οσμές, αέρια και πτητικές ενώσεις. Αυτοί οι βιοαισθητήρες χρησιμοποιούνται στην παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, στην ασφάλεια των τροφίμων και στη διάγνωση ασθενειών.
- Οι ηλεκτρονικές γλώσσες (E-tongues) λειτουργούν παρόμοια, αναλύοντας τη χημική σύνθεση των υγρών, καθιστώντας τις χρήσιμες για τον έλεγχο ναρκωτικών, την παρακολούθηση του περιβάλλοντος και τον έλεγχο της ποιότητας των ποτών.

### **Ο ρόλος της AR στην ενίσχυση της έρευνας για τους βιοηλεκτρονικούς αισθητήρες**

Μέσω της Επαυξημένης Πραγματικότητας, ερευνητές και μαθητές μπορούν να προσομοιώσουν τη διαδικασία χημικής ανάλυσης ηλεκτρονικών μύτων και γλωσσών, επιτρέποντάς τους να:



- Οπτικοποιήστε τις μοριακές αλληλεπιδράσεις μεταξύ βιοαισθητήρων και χημικών ενώσεων, βοηθώντας τους χρήστες να κατανοήσουν πώς οι αισθητήρες διακρίνουν μεταξύ διαφόρων ουσιών.
- Ασχοληθείτε με διαδραστικά περιβάλλοντα επαυξημένης πραγματικότητας (AR), όπου οι επικαλύψεις δεδομένων σε πραγματικό χρόνο δείχνουν πώς οι βιοαισθητήρες αναλύουν δείγματα αέρα για ρύπους ή ανιχνεύουν αλλοιώσεις σε τρόφιμα.

Αυτή η πρακτική εμπειρία προάγει μια βαθύτερη κατανόηση των δυνατοτήτων των βιοαισθητήρων, επιτρέποντας σε φοιτητές και ερευνητές να αναπτύξουν νέες εφαρμογές για τη βιοηλεκτρονική τεχνολογία.

#### 5.4 Έξυπνα Πολυμερή στη Βιοϊατρική Μηχανική: Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) για Προσομοίωση Υλικών

Τα πολυμερικά βιοϋλικά έχουν καταστεί απαραίτητα στα ιατρικά εμφυτεύματα, την αναγεννητική ιατρική και την χορήγηση φαρμάκων. Τα ευφυή πολυμερή, όπως τα βιοϋλικά με βάση το κυτταρικό άλας, έχουν σχεδιαστεί για να βιοδιασπώνται φυσικά μέσα στο σώμα, καθιστώντας τα ιδανικά για εφαρμογές όπως προσωρινά εμφυτεύματα και επούλωση τραυμάτων (Tang et al., 2015).

- Εφαρμογές AR στην Έρευνα για Έξυπνα Πολυμερή

Η τεχνολογία AR έχει χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της οπτικοποίησης και του χειρισμού σύνθετων μοριακών δομών, κάτι που είναι κρίσιμο στην έρευνα πολυμερών. Μια μελέτη που δημοσιεύτηκε στο Journal of Chemical Information and Modeling συζητά πώς η AR επιτρέπει στους χρήστες να αναπαριστούν και να αλληλεπιδρούν με τρισδιάστατες (3D) χημικές δομές, διευκολύνοντας μια βαθύτερη κατανόηση των μοριακών διαμορφώσεων και συμπεριφορών. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στους επιστήμονες να προσαρμόζουν ιδιότητες όπως η ελαστικότητα, οι ρυθμοί αποικοδόμησης και η βιοδραστικότητα σε εικονικά πειράματα σε πραγματικό χρόνο, επιταχύνοντας έτσι την ανάπτυξη υλικών και μειώνοντας την εξάρτηση από τις παραδοσιακές εργαστηριακές μεθόδους (Fombona-Pascual et al., 2022).

Επιπλέον, έρευνα που επισημάνθηκε στο Journal of Chemical Education παρουσιάζει μια ροή εργασίας για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων πολυμερών χρησιμοποιώντας μοριακή δυναμική και λογισμικό Blender. Αυτά τα μοντέλα μπορούν να φιλοξενηθούν σε πλατφόρμες όπως το r3d.in, όπου είναι προσβάσιμα ως αναπαραστάσεις AR. Τέτοια εργαλεία επιτρέπουν στους ερευνητές να επικαλύπτουν μοντέλα ενσωμάτωσης πολυμερών που βασίζονται στην AR, επιτρέποντας τον έλεγχο των αλληλεπιδράσεων βιοϋλικών με ζωντανούς ιστούς πριν από την εμφύτευση (Roshandel et al., 2023).

#### AR στην ανάπτυξη και εκπαίδευση βιονικών προσθετικών

Η επαυξημένη Πραγματικότητα (ARM) έχει δείξει σημαντικές προοπτικές στην ανάπτυξη και εκπαίδευση βιονικών προθέσεων. Μια μελέτη που είναι διαθέσιμη στο ResearchGate παρουσιάζει το ARM Trainer, ένα σύστημα βασισμένο στην επαυξημένη Πραγματικότητα (ARM Trainer), σχεδιασμένο για να εκπαιδεύει άτομα με ακρωτηριασμό στη χρήση μυοηλεκτρικών προθέσεων. Αυτό το σύστημα παρέχει μια φυσική και διαισθητική μέθοδο στους χρήστες για την ανάπτυξη μυϊκού ελέγχου, προσφέροντας απτική ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο και καθηλωτικές προσομοιώσεις. Τέτοια περιβάλλοντα εκπαίδευσης βοηθούν τους χρήστες να





προσαρμόσθουν στη δύναμη λαβής, την επιδεξιότητα και τον χρόνο απόκρισης, βελτιώνοντας την ταχύτητα προσαρμογής και την εμπειρία χρήστη.

Επιπλέον, έρευνα που δημοσιεύτηκε στην ψηφιακή βιβλιοθήκη IEEE Xplore συζητά την ανάπτυξη ενός εργαλείου AR για την υποστήριξη της διδασκαλίας της χημείας, το οποίο, ενώ επικεντρώνεται στην εκπαίδευση στη χημεία, υπογραμμίζει την ευρύτερη εφαρμογή της AR στην ενίσχυση της κατανόησης σύνθετων δομών και συστημάτων. Αυτό το εργαλείο επιτρέπει την οπτικοποίηση μοριακών δομών σε 3D, παρέχοντας μια διαδραστική μαθησιακή εμπειρία που μπορεί να μεταφραστεί σε προσθετική εκπαίδευση μέσω της προσομοίωσης της αλληλεπίδρασης των προσθετικών συστατικών σε μοριακό επίπεδο (Maier και Klinker, 2013). Αυτές οι μελέτες καταδεικνύουν συλλογικά την αποτελεσματικότητα της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) στην παροχή διαδραστικών, πραγματικού χρόνου και καθηλωτικών εμπειριών που ενισχύουν τόσο την εξαιρετική έρευνα για τα πολυμερή όσο και την εκπαίδευση σε βιονικά προσθετικά.

### **Εκτέλεση Ενότητας: Τεχνολογίες Όρασης Εμπνευσμένες από τη Βιοεπιστήμη με Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR)**

**Πανόπτης και το Βιονικό Μάτι: Μια Νέα Προσέγγιση Μάθησης με Επαυξημένη Πραγματικότητα**

Η όραση είναι η κύρια αισθητηριακή λειτουργία για πολλούς οργανισμούς και τα βιολογικά οπτικά συστήματα έχουν εμπνεύσει εδώ και καιρό καινοτομίες στη μηχανική. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η όραση επεξεργάζεται το νευρικό σύστημα των θηλαστικών έχει οδηγήσει σε πρωτοποριακές εξελίξεις στην τεχνολογία βιονικών ματιών και στα ρομποτικά συστήματα όρασης.

Η νέα μας προσέγγιση, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), ενισχύει αυτήν την μαθησιακή εμπειρία παρέχοντας διαδραστικές, τρισδιάστατες απεικονίσεις βιολογικών και τεχνητών οπτικών συστημάτων. Η AR δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να αναλύσουν τον τρόπο με τον οποίο οι οπτικές πληροφορίες συλλαμβάνονται, υποβάλλονται σε επεξεργασία και ερμηνεύονται σε φυσικά και μηχανικά συστήματα, ενθαρρύνοντας μια πιο βαθιά, πρακτική κατανόηση του βιο-εμπνευσμένου σχεδιασμού (Venkatesen et al., 2021).

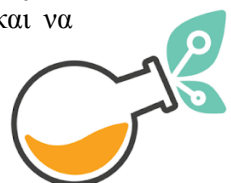
### **Πειραματισμός με ενίσχυση επαυξημένης πραγματικότητας (AR) στην οπτική αντίληψη**

Σε αυτήν τη δραστηριότητα, οι μαθητές συμμετέχουν σε ένα διαδραστικό πείραμα μοντέλου για να χαρτογραφήσουν την απόκριση του οπτικού πεδίου ενός ρομποτικού ματιού Panoptes. Εμπνευσμένο από τον Άργο Panoptes της ελληνικής μυθολογίας - τον παντογνώστη γίγαντα φύλακα με τα 100 μάτια, αυτό το σύστημα είναι μια βιο-εμπνευσμένη πλατφόρμα για τη μελέτη της ρομποτικής όρασης και της προσθετικής του αμφιβληστροειδούς.

Με προσομοιώσεις ενισχυμένες με επαυξημένη πραγματικότητα (AR), οι μαθητές μπορούν:

- Αλληλεπιδράστε με τρισδιάστατα μοντέλα του ανθρώπινου οπτικού συστήματος, εντοπίζοντας πώς το φως συλλαμβάνεται, μεταδίδεται και ερμηνεύεται στον πρωτογενή οπτικό φλοιό.
- Προσομοιώστε οφθαλμικές παθήσεις όπως η μελαγχρωστική αμφιβληστροειδοπάθεια και η εκφύλιση της ωχράς κηλίδας για να κατανοήσετε πώς η οπτική βλάβη επηρεάζει την αντίληψη.
- Επικάλυψη οπτικοποιήσεων επαυξημένης πραγματικότητας (AR) σε πραγματικό χρόνο στο σύστημα Panoptes, που δείχνουν πώς διαφορετικά οπτικά ερεθίσματα επηρεάζουν την επεξεργασία της ρομποτικής και βιολογικής όρασης.

Αυτές οι διαδραστικές εμπειρίες επαυξημένης πραγματικότητας (AR) επιτρέπουν στους μαθητές να πειραματιστούν με οπτικά ερεθίσματα, να τροποποιήσουν τις διαμορφώσεις των αισθητήρων και να





παρατηρήσουν πώς οι νευρωνικές οδοί αντιδρούν σε διαφορετικά μοτίβα φωτός, μιμούμενοι την έρευνα στον πραγματικό κόσμο της νευροεπιστήμης (Venkatesen et al., 2021).

### Τεχνική Σύνδεση: AR για τη Μελέτη Προθέσεων Αμφιβληστροειδούς και Αποκατάστασης Όρασης

Η όραση των ζώων είναι ένα αξιοσημείωτο φυσικό σύστημα, που χρησιμεύει ως μοντέλο για τους μηχανικούς που αναπτύσσουν προθετικά αμφιβληστροειδούς - τεχνητά εμφυτεύματα σχεδιασμένα για την αποκατάσταση της όρασης σε άτομα με βλάβη στα κύτταρα των φωτούποδοχέων. Αυτές οι βιοϊατρικές συσκευές διεγείρουν άμεσα τα οπτικά νευρικά κύτταρα, παρακάμπτοντας μη λειτουργικές περιοχές του αμφιβληστροειδούς για την αναδημιουργία της οπτικής αντίληψης.

Με ενότητες ιατρικής εκπαίδευσης που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα (AR), οι φοιτητές και οι ερευνητές μπορούν:

- Χειριστείτε μοντέλα επαυξημένης πραγματικότητας (AR) εμφυτευμάτων αμφιβληστροειδούς για να εξερευνήσετε τον δομικό σχεδιασμό και τη λειτουργικότητά τους.
- Προσομοιώστε εφαρμογές πραγματικού κόσμου βιονικών συστημάτων όρασης, όπως διεπαφές προσθετικών ματιών με τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας (AR).
- Αναλύστε τη μετάδοση σήματος οπτικού νεύρου μέσω διαδραστικών επικαλύψεων επαυξημένης πραγματικότητας (AR), χαρτογραφώντας τον τρόπο με τον οποίο τα οπτικά δεδομένα μετατρέπονται σε νευρικές ώσεις.

Ενσωματώνοντας την επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) στην έρευνα για τα βιονικά μάτια, οι μαθητές μπορούν να συμμετάσχουν σε εικονικά περιβάλλοντα δοκιμών που αναπαράγουν κλινικές συνθήκες, βελτιώνοντας την κατανόησή τους σχετικά με τις τεχνολογίες αποκατάστασης όρασης (Anderson και Bischof, 2014).

### Μαθησιακοί Στόχοι με Ενσωμάτωση AR

Μετά από αυτήν την άσκηση ενισχυμένη με επαυξημένη πραγματικότητα, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να:

- Εξηγήστε την οπτική οδό και τον ρόλο της στην επεξεργασία των φωτεινών ερεθισμάτων.
- Ερμηνεύστε πειραματικά δεδομένα χρησιμοποιώντας διαδραστικά ιστογράμματα AR και οπτικά γραφήματα.
- Αναλύστε την χωρική ευαισθησία του οπτικού φλοιού, εφαρμόζοντάς την στην ανάπτυξη της ρομποτικής όρασης.
- Συγκρίνετε την ανθρώπινη όραση με οπτικά συστήματα εμπνευσμένα από τη βιολογία χρησιμοποιώντας προσομοιώσεις που βασίζονται σε επαυξημένη όραση.

### Εισαγωγή & Κίνητρα: Βελτίωση της Οπτικής Μάθησης με Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR)

Η όραση παίζει κυρίαρχο ρόλο στην ανθρώπινη αντίληψη, επηρεάζοντας τον τρόπο που ερμηνεύουμε και αλληλεπιδρούμε με το περιβάλλον μας. Οι ομοιότητες μεταξύ της βιολογικής όρασης και των οπτικών συστημάτων που βασίζονται σε κάμερες παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τους μηχανικούς που αναπτύσσουν αισθητήρες εμπνευσμένους από τη βιολογία.

Χρησιμοποιώντας την Επαυξημένη Πραγματικότητα, οι μαθητές μπορούν:

Συγκρίνετε τους μηχανισμούς ενός ανθρώπινου ματιού και ενός φακού κάμερας σε πραγματικό χρόνο, επικαλύπτοντας οπτικά μοντέλα σε αντικείμενα του πραγματικού κόσμου.

- Οπτικοποιήστε πώς διαθλάται και εστιάζεται το φως μέσα στο μάτι, εντοπίζοντας την πορεία του από τον κερατοειδή στον αμφιβληστροειδή.





- Αλληλεπιδράστε με ένα προσομοιωμένο οπτικό πεδίο, ρυθμίζοντας τη φωτεινότητα, την αντίθεση και την εστίαση για να μιμηθείτε διάφορες συνθήκες φωτισμού.

Ενσωματώνοντας διαδραστικές ψηφιακές επικαλύψεις, οι μαθητές μπορούν να βιώσουν από πρώτο χέρι την επιστήμη της όρασης, βελτιώνοντας την ικανότητά τους να συνδέουν τις βιολογικές αρχές με τις τεχνολογικές καινοτομίες.

### Πειραματική Ρύθμιση με Υποστήριξη AR

Το ρομποτικό σύστημα όρασης Panoptes είναι μια οπτική συσκευή εμπνευσμένη από τη βιολογία που χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση και ανάλυση του οπτικού πεδίου σε συστήματα τεχνητής όρασης. Το πείραμα προσομοιώνει τον τρόπο με τον οποίο διαφορετικές πηγές φωτός αλληλεπιδρούν με τους αισθητήρες όρασης, επιτρέποντας στους μαθητές να χαρτογραφήσουν την χωρική ευαισθησία μέσω μιας ελεγχόμενης ακολουθίας οπτικών ερεθισμάτων.

### Νέες δυνατότητες πειραματισμού με γνώμονα την επαυξημένη πραγματικότητα (AR)

- Χαρτογράφηση οπτικού πεδίου με βάση την επαυξημένη Πραγματικότητα (AR): Οι μαθητές μπορούν να επικαλύψουν ψηφιακά γραφήματα χωρικής ευαισθησίας στο σύστημα Panoptes για να δουν πώς οι διαφορετικοί προσανατολισμοί του φωτός επηρεάζουν την αντίληψη.
- Εικονικές προσομοιώσεις παρακολούθησης φωτός: Η επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) παρέχει ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο τα ρομποτικά μάτια προσαρμόζονται στις αλλαγές στον φωτισμό και την αντίθεση.
- Επεξεργασία νευρωνικών σημάτων στην επαυξημένη πραγματοποίηση (AR): Διαδραστικά μοντέλα επαυξημένης πραγματοποίησης (AR) καταδεικνύουν πώς τα σήματα του αμφιβληστροειδούς μεταδίδονται στον οπτικό φλοιό, συγκρίνοντας υγιείς έναντι μειωμένων οπτικών οδών.

Αυτές οι βελτιωμένες εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας (AR) επιτρέπουν στους μαθητές να τροποποιούν πειραματικές συνθήκες σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας την κατανόησή τους για την οπτική επεξεργασία, τη βελτιστοποίηση αισθητήρων και την ανάλυση δεδομένων (Venkatesen et al., 2021).

### Η διαδικασία με τις Βελτιώσεις AR

#### Πριν από τη Δραστηριότητα

- Προετοιμάστε τρισδιάστατες απεικονίσεις επαυξημένης πραγματικότητας (AR) του ανθρώπινου ματιού, ρομποτικών συστημάτων όρασης και νευρωνικών οδών.
- Ρυθμίστε ρομποτικά μοντέλα όρασης Panoptes, διασφαλίζοντας τη συμβατότητα με εργαλεία οπτικής χαρτογράφησης με τη βοήθεια επαυξημένης πραγματικότητας (AR).
- Παρέχετε στους μαθητές ψηφιακά φύλλα εργασίας για σχολιασμό και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

#### Με τους μαθητές (Ημέρα 1 & 2)

##### Βήμα 1: Εξερευνώντας την Επιστήμη της Όρασης με Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR)

- Οι μαθητές χρησιμοποιούν εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) για να εξετάσουν πώς το φως διέρχεται από το μάτι και αλληλεπιδρά με τα φωτούποδοχείς.
- Τα προσομοιωμένα περιβάλλοντα επαυξημένης πραγματικότητας (AR) δείχνουν πώς οι οπτικές βλάβες επηρεάζουν την αντίληψη βάθους και την ευαισθησία αντίθεσης.

##### Βήμα 2: Πείραμα χαρτογράφησης όρασης με βελτιωμένη επαυξημένη πραγματικότητα





- Οι μαθητές διεξάγουν πειράματα μαύρου κουτιού με τον Πανόπτη, καταγράφοντας πώς διαφορετικοί προσανατολισμοί φωτός διεγείρουν τους ρομποτικούς αισθητήρες.
- Οι επικαλύψεις AR παρέχουν οπτική ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο, επισημαίνοντας ζώνες ενεργοποίησης αισθητήρων και εξόδους δεδομένων.

### Βήμα 3: Ανάλυση και Ερμηνεία Δεδομένων με Χρήση Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR)

- Οι μαθητές απεικονίζουν γραφικά τα πειραματικά αποτελέσματα χρησιμοποιώντας ιστογράμματα με τη βοήθεια επαυξημένης πραγματικότητας (AR), συγκρίνοντας βιολογικές και ρομποτικές οπτικές αποκρίσεις.
- Οι προσομοιώσεις επαυξημένης πραγματικότητας (AR) με τεχνητή νοημοσύνη επεξεργάζονται μεγάλα σύνολα δεδομένων, βοηθώντας τους μαθητές να εξαγάγουν ουσιαστικές πληροφορίες από τα ευρήματά τους.

### Αξιολόγηση & Εκτίμηση

Για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, οι μαθητές θα πρέπει:

- Ολοκληρώστε προκαταρκτικά και μετα-κουίζ που αξιολογούν την κατανόσή τους σχετικά με τη βιολογική έναντι της τεχνητής όρασης.
- Χρησιμοποιήστε εργαλεία οπτικής ανάλυσης με τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) για να ερμηνεύσετε γραφήματα απόκρισης αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο.
- Συμμετέχετε σε διαδραστικές συζητήσεις σχετικά με το πώς η επαυξημένη πραγματοποίηση (AR) ενισχύει την έρευνα για τα βιονικά μάτια και τις εφαρμογές ρομποτικής όρασης.

### Συμπέρασμα: Το μέλλον της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) στην επιστήμη της όρασης

Η ενσωμάτωση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) στην έρευνα για την όραση εμπνευσμένη από τη βιολογία μεταμορφώνει τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές μαθαίνουν, πειραματίζονται και καινοτομούν. Μέσω καθηλωτικών τρισδιάστατων προσομοιώσεων, διαδραστικής οπτικής χαρτογράφησης και αναλυτικών στοιχείων με την υποστήριξη της Τεχνητής Νοημοσύνης, η AR γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ της επιστήμης της βιολογικής όρασης και των μηχανικών οπτικών συστημάτων.

Μέσω της πρακτικής μάθησης με την επαυξημένη πραγματικότητα (AR), η επόμενη γενιά επιστημόνων και μηχανικών θα είναι καλύτερα εξοπλισμένη για να αναπτύξει προηγμένες τεχνολογίες βιονικής όρασης, ρομποτικούς αισθητήρες που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη και επαυξημένες οπτικές διεπαφές, διαμορφώνοντας το μέλλον της βιο-εμπνευσμένης καινοτομίας.





| Φάση     | Περιγραφή                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Εξερευνώ | - <b>Έρευνα και Ανακάλυψη</b> Οι μαθητές διερευνούν βιοεμπνευσμένες δομές στη φύση (π.χ. μεταξύ αράχνης, άκρα χταποδιού, κηρήθρα).                                                                                                                      |
|          | - <b>Πλαίσιο Περιεχομένου</b> Οι εκπαιδευτικοί εισάγουν βασικές έννοιες STEM που συνδέονται με βιο-έμπνευση μέσω επιμελημένων αναγνώσεων, οπτικοποιήσεων AR και μελετών περιπτώσεων από τον πραγματικό κόσμο.                                           |
|          | - <b>Αναγνώριση αναγκών</b> Αξιολόγηση των προηγούμενων γνώσεων των μαθητών στις φυσικές επιστήμες και της εξοικείωσής τους με εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) για την ενημέρωση της διαφοροποίησης.                                          |
| Εκτελώ   | - <b>Μαθήματα AR που σε καθηλώνουν</b> Υλοποίηση ενοτήτων όπου οι μαθητές αλληλεπιδρούν με μοντέλα AR βιονικών συστημάτων (π.χ. άκρα, μάτια, όργανα).                                                                                                   |
|          | - <b>Σχεδιασμός Έργου STEM</b> Οι μαθητές δημιουργούν, δοκιμάζουν και βελτιώνουν τα δικά τους βιομιμητικά πρωτότυπα (π.χ. συστήματα πρόσφυσης εμπνευσμένα από γκέκο ή αισθητήρες όρασης) χρησιμοποιώντας περιβάλλοντα επαυξημένης πραγματικότητας (AR). |
|          | - <b>Διαμορφωτική Ανατροφοδότηση</b> Οι εκπαιδευτικοί και οι συνάδελφοι παρέχουν ανατροφοδότηση μέσω ανασκοπήσεων παρουσιάσεων και αλληλεπίδρασης δεδομένων επαυξημένης πραγματικότητας σε πραγματικό χρόνο.                                            |
| Επαυξάνω | <b>Ενσωμάτωση AR:</b>                                                                                                                                                                                                                                   |
|          | - <b>Προσομοιώσεις υψηλής πιστότητας</b> Οι μαθητές εξερευνούν σύνθετα βιοσυστήματα χρησιμοποιώντας λεπτομερή περιβάλλοντα επαυξημένης πραγματικότητας (π.χ. οπτικές οδοί, ήπια ρομποτική, αυτοθεραπευόμενα υλικά).                                     |
|          | - <b>Σχολιασμός και χειρισμός AR:</b> Επικάλυψη ψηφιακών ετικετών και δυνατότητα δομικών επεξεργασιών σε πραγματικό χρόνο για την κατανόηση της βιολειτουργικότητας.                                                                                    |
|          | - <b>Προηγμένη Αλληλεπίδραση</b> Χρησιμοποιήστε εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) που βασίζονται σε χειρονομίες ή ενεργοποιούνται με φωνή για βαθύτερη αλληλεπίδραση.                                                                           |
|          | <b>Παιχνιδοποιημένο Περιεχόμενο:</b>                                                                                                                                                                                                                    |
| Επαυξάνω | - <b>Πόντοι και Εμβλήματα</b> Κερδίστε πόντους λύνοντας βιομηχανικά παζλ, εντοπίζοντας βιολογικά ανάλογα ή ολοκληρώνοντας προκλήσεις AR STEM.                                                                                                           |
|          | - <b>Πρόοδος Επιπέδου:</b> Μετακίνηση σε επίπεδα αποστολών AR (π.χ., από την κατασκευή απλών βιονικών εξαρτημάτων έως τον σχεδιασμό συστημάτων ολόκληρου του σώματος).                                                                                  |
|          | - <b>Ομαδικές Προκλήσεις:</b> Συμμετέχετε σε συνεργατικές αποστολές επαυξημένης πραγματικότητας (AR) για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων βιοϊατρικής.                                                                                               |
|          | <b>Αξιολογήσεις που βασίζονται σε AR:</b>                                                                                                                                                                                                               |
|          | - <b>Διαδραστικά Κουίζ</b> Ολοκλήρωση εργασιών χρησιμοποιώντας εργαλεία AR (π.χ. αντιστοίχιση βιολογικών λειτουργιών με μηχανικά ανάλογα σε ένα εικονικό εργαστήριο).                                                                                   |
| Επαυξάνω | - <b>Εργασίες απόδοσης</b> Παρουσιάστε μοντέλα βιονικών συστημάτων σχεδιασμένων από φοιτητές, ενισχυμένα με επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) και εξηγήστε τη λειτουργία τους, τη διαδικασία σχεδιασμού τους και τη βιολογική τους έμπνευση.               |
|          | - <b>Συστήματα ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο</b> Χρησιμοποιήστε αναλυτικά στοιχεία και πίνακες ελέγχου επαυξημένης πραγματικότητας (AR) για να παρακολουθείτε την πρόοδο της μάθησης και την εμπλοκή.                                             |
|          |                                                                                                                                                                                                                                                         |





## Αναφορές:

Abriata.L.A, 2018, Προς τα Εμπορεύματα, Εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας που βασίζονται στο Διαδίκτυο για Έρευνα και Εκπαίδευση στη Χημεία και τη Δομική Βιολογία,<https://doi.org/10.48550/arXiv.1806.08332>

Alkhabra.Y.A, Ibrahim.U.M, Alkhabra.S.A, 2023, Τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας για την ενίσχυση της απομνημόνευσης της μάθησης και της κριτικής σκέψης σύμφωνα με το πρόγραμμα STEAM,<https://doi.org/10.1057/s41599-023-01650-w>

Allin S, Eckel E, Markham H, Brewer BR. Πρόσφατες τάσεις στην ανάπτυξη και αξιολόγηση της υποβοηθητικής ρομποτικής για χειραγώγηση. Phys Med Rehabil Clin N Am 2010;21: 59e77.

Anderson.f, Bischof.W, 2014, Η επαυξημένη πραγματικότητα βελτιώνει την εκπαίδευση μυοηλεκτρικής πρόθεσης,<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 και Full R J 2002 Τα στοιχεία για την προσκόλληση του van der Waals από τρίχες ποδιών γκέκο εμπνέουν το σχεδιασμό συνθετικής κόλλας Proc. Natl Acad. Sci. USA 99 12252-6.

Autumn K και Peattie A M 2003 Μηχανισμοί προσκόλλησης σε γκέκο J. Integr. Comp. Biol. 42 1081-90.

Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Τάσεις Επαυξημένης Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση: Μια συστηματική ανασκόπηση της έρευνας και των εφαρμογών. Εκπαιδευτική Τεχνολογία & Κοινωνία, 17 (4), 133–149.

Bar-Cohen Y., και C. Breazeal (Επιμ.), «Βιολογικά Εμπνευσμένα Ευφυή Ρομπότ», SPIE Press, Τόμος PM122, ISBN 0-8194-4872-9 (Μάιος 2003), σελ. 1-393.

Bar-Cohen Y 2005b Τρέχουσες και μελλοντικές εξελίξεις σε τεχνητούς μύες με χρήση ηλεκτροενεργών πολυμερών (EAP) Expert Rev. Med. Devices J. Future Drugs 2 731-40.

Bar-Cohen Y 2005 Βιομιμητική-Βιολογικά Εμπνευσμένες Τεχνολογίες (Boca Raton, FL: CRC Press) σελ. 1-552 Currey J.D. Επιστήμη υλικών-ιεραρχίες σε βιομεταλλικές δομές. Science. 2005;309:253-254. doi: 10.1126/science.1113954. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Bar-Cohen Y 2006 Βιομιμητική - χρήση της φύσης για την έμπνευση της ανθρώπινης καινοτομίας. Βιοέμπνευση & Βιομιμητική. doi:10.1088/1748-3182/1/1/P01.

Bartlett P N και Gardner J W 1999 Ηλεκτρονικές Μύτες: Αρχές και Εφαρμογές (Οξφόρδη: Oxford University Press) σελ. 1-264.

Bialek W 1987 Φυσικά όρια αίσθησης και αντίληψης Ann. Rev. Biophys. Biophys. Chem. 16 455-78.

Billinghurst, M., & Duenser, A. (2012). Επαυξημένη Πραγματικότητα στην Τάξη. Υπολογιστής, 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. Το πρόγραμμα μεταμόσχευσης χεριού στο Ίνσμπρουκ: ενημέρωση 8 χρόνια μετά την πρώτη μεταμόσχευση. Transplant Proc 2009;41:491e4.

Carlson J, Ghaey S, Moran S, Tran C A και Kaplan D L 2005 Βιολογικά υλικά σε μηχανισμούς μηχανικής Βιομηχανική-Βιολογικά Εμπνευσμένες Τεχνολογίες (Boca Raton, FL: CRC Press) κεφάλαιο 14, σελ. 365-80.

Carleigh Samson, Πρόγραμμα ITL, Κολλέγιο Μηχανικών, Πανεπιστήμιο του Κολοράντο, Boulder, 2015.

Craven M A και Gardner J W 1996 Ηλεκτρονικές μύτες - ανάπτυξη και μελλοντικές προοπτικές Trends Anal. Chem. 15 486-93.

Denise W. Carlso, Πρόγραμμα ITL, Κολλέγιο Μηχανικών, Πανεπιστήμιο του Κολοράντο, Boulder, 2015.

Dickinson T A, White J, Kauer J S και Walt D R 1998 Σύγχρονες τάσεις στην τεχνολογία τεχνητής μύτης Trends Biotechnol. 16 250-8.

Dünser.A, Walker.L, Horner.H, Bentall.D, 2012, Δημιουργία διαδραστικών βιβλίων εκπαίδευσης Φυσικής με Επαυξημένη Πραγματικότητα.

Dzenis Y 2004 Κλώση συνεχών ινών για νανοτεχνολογία Science 304 1917-9.

Elkhoury.K, Morsink.M, Sanchez-Gonzalez.L, Kahn.C, Tamayol.A, Arab-Tehrany.E.2021. Βιοκατασκευή φυσικών υδρογελών για εφαρμογές καρδιακών, νευρικών και οστικών ιστών. Βιοενεργά Υλικά. Τόμος 6, Τεύχος 11.

Fombona-Pascual.A, Fombona.J, Vicente.R, 2022, Επαυξημένη Πραγματικότητα, μια ανασκόπηση ενός τρόπου αναπαράστασης και χειρισμού τρισδιάστατων χημικών δομών, DOI: 10.1021/acs.jcim.1c01255

Gordon J E 1976 Η Νέα Επιστήμη των Ισχυρών Υλικών, ή Γιατί Δεν Πέφτεις Από το Πάτωμα 2η Έκδοση (Λονδίνο: Pelican-Penguin) σελ. 1-287.

George M. Whitesides. 2015. βιοέμπνευση: κάτι για όλους. Interface Focus 5: 20150031. <http://dx.doi.org/10.1098/rsfs.2015.0031>.

Hamley IW. 2013 Εισαγωγή στη μαλακή ύλη: συνθετικά και βιολογικά αυτοσυναρμολογούμενα υλικά. Τσίτσεστερ, Ηνωμένο Βασίλειο: John Wiley & Sons, Inc. Εικονογραφική βάση δεδομένων 1665, Βιβλιοθήκη του Ινστιτούτου Werbung, Ηνωμένο Βασίλειο.

Jaehwan.K, Hyang-Ki.K, Seung-Bok.C. 2002. ένας υβριδικός γραμμικός κινητήρας τύπου inchworm. Mechatronics. Τόμος 12, Τεύχος 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. Μηχανική βιολογικών υλικών και δομών - Μαθήματα της φύσης για τον μηχανικό. 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. Τεχνητές Ίνες εμπνευσμένες από το μετάξι αράχνης. Προηγμένη Επιστήμη. <https://doi.org/10.1002/adv.202103965>





Jones JW, Gruber SA, Barker JH, Breidenbach WC. Επιτυχής μεταμόσχευση χεριού. Παρακολούθηση ενός έτους. Ομάδα Μεταμόσχευσης Χεριού Louisville. N Engl J Med 2000;343:468e73.

Kemp, M. 2004 Δομικές διαισθήσεις και μεταμορφική σκέψη στην τέχνη, την αρχιτεκτονική και την επιστήμη. Στο Metamorph-9η Διεθνής Έκθεση Αρχιτεκτονικής Focus, σελ. 30-43. Fondazione La Biennale di Venezia.

Kwang Lee.E, Yoo.H και Hwan Lee.C.2020. Προηγμένα υλικά και στρατηγικές συναρμολόγησης για φορετούς βιοαισθητήρες: Μια ανασκόπηση. Βιοαισθητήρες - Σύγχρονες και νέες στρατηγικές για τη βιοανίχνευση. DOI: 10.5772/intechopen.94451.

Lakes R. Υλικά με δομική ιεραρχία. Nature. 1993;361:511-515. doi: 10.1038/361511a0. [CrossRef] [Google Scholar] Εθνικό Εργαστήριο Lawrence Livermore 2010.

Maier.P, Klinker.G, 2013, Επαυξημένες Χημικές Αντιδράσεις: Ένα Εργαλείο Επαυξημένης Πραγματικότητας για την Υποστήριξη της Διδασκαλίας Χημείας, 978-1-4799-2741-8/13/\$31.00 IEEE

Mann S 1995 Βιομιμητική Χημεία Υλικών (Νέα Υόρκη: Wiley) σελ. 1-400.

Margreiter R, Brandacher G, Ninkovic M, Steurer W, Kreczy A, Schneeberger S. Μια μεταμόσχευση με δύο χέρια μπορεί να αξίζει τον κόπο! Transplantation 2002;74:85e90.

Nachtigall W. Springer· Βερολίνο, Γερμανία: 1998. Βασικά στοιχεία και παραδείγματα βιονικής για μηχανικούς και επιστήμονες.

Nagle H T, Gutierrez-Osuna R και Schiffman S S 1998 Το πώς και το γιατί των ηλεκτρονικών μύτων IEEE Spectrum σελ. 22-38.

Nemat-Nasser S, Nemat-Nasser S, Plaisted T, Starr A και Vakil-Amirkhizi A 2005 Πολυλειτουργικά υλικά Βιομιμητική - Βιολογικά Εμπνευσμένες Τεχνολογίες (Boca Raton, FL: CRC Press) κεφάλαιο 12, σελ. 309-40.

Αντιβασιλείς του Πανεπιστημίου του Κολοράντο· Πρωτότυπο © 2013 Πολυτεχνικό Ινστιτούτο του Πανεπιστημίου της Νέας Υόρκης. Ο Πανόπτης και το Βιονικό Μάτι© 2013.

Russell S J και Norvig P 2003 Τεχνητή Νοημοσύνη: Μια Σύγχρονη Προσέγγιση (Harlow: Pearson Education) σελ. 1-1132.

Tirrell D.A. National Academy Press· Ουάσινγκτον, DC: 1994. Ιεραρχικές δομές στη βιολογία ως οδηγός για νέες τεχνολογίες υλικών.

Tran.R, Yang.J, Ameer.G.A, 2015, Βιοϋλικά με βάση το κιτρικό άλας και οι εφαρμογές τους στην αναγεννητική μηχανική,doi:[10.1146/annurev-matsci-070214-020815](https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-070214-020815)

Schmitt O H 1969 Μερικοί ενδιαφέροντες και χρήσιμοι βιομιμητικοί μετασχηματισμοί Πρακτικά 3ου Διεθνούς Συνεδρίου Βιοφυσικής (Βοστώνη, Μασαχουσέτη, 29 Αυγούστου έως 3 Σεπτεμβρίου) σελ. 297.

Szema R και Lee L P 2005 Βιολογικά Εμπνευσμένα Οπτικά Συστήματα Βιομιμητική - Βιολογικά Εμπνευσμένες Τεχνολογίες (Boca Raton, FL: CRC Press) Κεφάλαιο 11, σελ. 291-308





Roshandel.H, Shammami.M, Lin.S, Wong.Y.P, Diaconescu.P.L, 2023, Μέθοδος χωρίς εφαρμογή για την απεικόνιση πολυμερών σε τρισδιάστατη και επαυξημένη πραγματικότητα, DOI: 10.1021/acs.jchemed.2c01131

Trumpis.M, Πολυτεχνικό Ινστιτούτο του NYU 2013

Venkatesen.M, Mohan.H, Ryan.J, Scürch.C.M, Nolan.G.P, Frakes.D.H, Coskun.A.F, 2021, Εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα για βιοϊατρικές εφαρμογές, PMCID: PMC8324499 PMID: [34337564](#)

Vincent J F V 2001 Κλέβοντας ιδέες από τη φύση Αναπτυσσόμενες Δομές επιμ. S Pellegrino (Βιέννη: Springer) Κεφάλαιο 3, σελ. 51-8.

Vlasov Y και Legin A 1998 Μη επιλεκτικοί χημικοί αισθητήρες στην αναλυτική χημεία: από την «ηλεκτρονική μύτη» στην «ηλεκτρονική γλώσσα» J. Anal. Chem. 361 255-66.

Wasilewski.T, Kamysz.W, Gębicki.J.2020. Βιοηλεκτρονική γλώσσα: τρέχουσα κατάσταση και προοπτικές. Βιοαισθητήρες και Βιοηλεκτρονική. Τόμος 150 <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111923>

Wikimedia Commons 2009

Wu Y, Zhou D, Spinks G M, Innis P C, Megill W M και Wallace G G 2005 TITAN: μια μικρορευστολογική αντλία με βάση αγωγή πολυμερές Smart Mater. Struct. 14 1511-6.

Yee Ng.H, Alvin Lee.K, Kuo.C, Shen.Y.2018. βιοεκτύπωση τεχνητών αιμοφόρων αγγείων. 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. ενεργός έλεγχος της διαβρεξιμότητας από υπερυδρόφιλη σε υπερυδρόφιλη μέσω ηλεκτροχημικής αλλαγής της κατάστασης οξειδωσης σε εύρος χαμηλής τάσης. 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, Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση Επιστημών, Τεχνολογίας, Μηχανικής και Μαθηματικών (STEM): Μια Ανασκόπηση Ομπρέλας, <https://doi.org/10.3390/info15090515>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Field\\_of\\_view.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Field_of_view.svg)

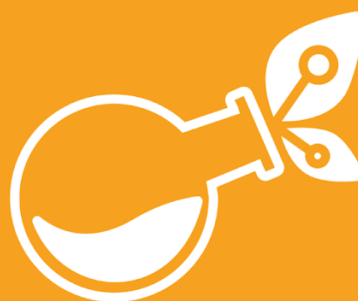
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Visualcortex.gif>

<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.\*