



TEASER

Teacher as Avatar

Σενάριο διδασκαλίας και μάθησης
Βιοϋλικά και 3D Βιοεκτύπωση σε
Κυτταρική Καλλιέργεια



Με τη χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι απόψεις και οι γνώμες που διατυπώνονται εκφράζουν αποκλειστικά τις απόψεις των συντακτών και δεν αντιπροσωπεύουν κατ'ανάγκη τις απόψεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή του Ευρωπαϊκού Εκτελεστικού Οργανισμού Εκπαίδευσης και Πολιτισμού (ΕΑΕΕ). Η Ευρωπαϊκή Ένωση και ο ΕΑΕΕ δεν μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνοι για τις εκφραζόμενες απόψεις.



Με τη συγχρηματοδότηση
της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Περιεχόμενα

I. Κύρια δεδομένα και πλαίσιο	3
II. Εκπαιδευτικός Σχεδιασμός	4
III. Τεχνολογική εφαρμογή	5
IV. Αναλυτικό Σχέδιο Μαθήματος	6
1. Εισαγωγή και προσανατολισμός	6
2. Εκτέλεση της εργασίας	6
3. Αξιολόγηση / Ανασκόπηση	7
4. Ολοκλήρωση της συνεδρίας	7
V. Πόροι και εξασφαλίσεις	8
1. Βίντεο	8
2. Διαδραστικά στοιχεία	8
3. Χαρτοφυλάκιο πολυμέσων.....	9

I. Κύρια δεδομένα και πλαίσιο

- **Τίτλος Σεναρίου και Περίληψη:** Το σενάριο έχει τίτλο «**Βιοϋλικά και 3D Βιοεκτύπωση σε Κυτταρική Καλλιέργεια**». Λειτουργεί ως μια προηγμένη μονάδα μάθησης που βασίζεται στα θεμέλια της κλασικής 2D κυτταρικής καλλιέργειας και χτίζει μια γέφυρα προς τις σύγχρονες **3D εφαρμογές και τις καινοτόμες ερευνητικές προσεγγίσεις**. Το βασικό περιεχόμενο περιλαμβάνει τη θεωρητική εισαγωγή και πρακτική εφαρμογή της **μηχανικής ιστών**. Οι εκπαιδευόμενοι θα μάθουν πώς τροποποιούνται οι υδρογέλες για να υποστηρίζουν βέλτιστα τα κύτταρα και πώς προετοιμάζονται οι κυτταρικές καλλιέργειες για τη διαδικασία της **3D βιοεκτύπωσης** για τη δημιουργία των πρώτων τρισδιάστατων κυτταρικών κατασκευών (π.χ. αλγινικές δομές). Ως συνήθως στα σενάρια TEASER, η μεταφορά γνώσης είναι υβριδική μέσω **βίντεο εκμάθησης που υποστηρίζονται από AI**, στα οποία μπορείτε να έχετε πρόσβαση απευθείας στους εργαστηριακούς σταθμούς μέσω κωδικών QR.
- **Επαγγελματικός τομέας και ομάδα-στόχος:** Αυτό το σενάριο βρίσκεται στον τομέα της βιολογίας, της χημείας και της μηχανικής βιοδιεργασιών .
 - **Ομάδα-στόχος:** Το σενάριο απευθύνεται κυρίως σε **εκπαιδευόμενους (μαθητευόμενους ΕΕΚ) από το 2ο έτος μαθητείας**.
 - **Επαγγελματικά περιγράμματα:** Ιδιαίτερη προσοχή απευθύνονται στους **υποψήφιους βοηθούς εργαστηρίων βιολογίας και χημικών εργαστηρίων** που έχουν ήδη βασικές γνώσεις ασηπτικής εργασίας και πρόκειται τώρα να αποκτήσουν εξειδικευμένες δεξιότητες στην αναγεννητική ιατρική και την προσθετική κατασκευή.
- **Μαθησιακοί στόχοι:** Η ανάπτυξη ικανοτήτων χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες:
 - **Γνώσεις:** Οι συμμετέχοντες κατανοούν τις φυσικοχημικές βασικές αρχές της τροποποίησης υδρογέλης καθώς και τις τεχνικές αρχές της **3D βιοεκτύπωσης**. Θα αποκτήσετε γνώσεις σχετικά με τη σχέση μεταξύ των ιδιοτήτων των υλικών (π.χ. ιξώδες, βιοσυμβατότητα), της κυτταρικής συμβατότητας και του δομικού σχεδιασμού των κατασκευών των ιστών. Γνωρίζουν επίσης τους ειδικούς κανονισμούς υγιεινής και ασφάλειας για τη λειτουργία των βιοεκτυπωτών στο εργαστήριο.
 - **Δεξιότητες:** Οι μαθητές είναι σε θέση να τροποποιούν τις υδρογέλες σύμφωνα με ακριβείς προδιαγραφές και να ενσωματώνουν με ασφάλεια κύτταρα σε αυτές. Θα είστε ικανοί **στη ρύθμιση και τη λειτουργία ενός 3D βιοεκτυπωτή καθώς και στον έλεγχο των παραμέτρων εκτύπωσης**. Επιπλέον, μαθαίνουν τις δεξιότητες να αξιολογούν μικροσκοπικά τις εκτυπωμένες 3D κατασκευές και να τις τεκμηριώνουν ως προς την υγεία των κυττάρων, τη δομική ακεραιότητα και την απαλλαγή από μόλυνση.
 - **Ικανότητες:** Οι εκπαιδευόμενοι αναπτύσσουν την ικανότητα να αξιολογούν κριτικά την πρακτική συνάφεια των μεθόδων 3D βιοεκτύπωσης για έρευνα και κλινική εφαρμογή. Μπορούν να αναπτύξουν ανεξάρτητα ιδέες μεταφοράς για μελλοντικά έργα και να συγκρίνουν συστηματικά τα αποτελέσματά τους με τις τιμές-στόχους, προκειμένου να εντοπίσουν δυνατότητες βελτιστοποίησης στη διαδικασία εκτύπωσης.

II. Εκπαιδευτικός Σχεδιασμός

- **Το «Εκπαιδευτικό Ερώτημα»:** Η κεντρική παιδαγωγική πρόκληση αυτού του σεναρίου έγκειται στην πολυπλοκότητα της μετάβασης από την κλασική 2D κυτταρική καλλιέργεια σε σύγχρονες **3D εφαρμογές όπως η μηχανική ιστών**. Οι εκπαιδευόμενοι πρέπει όχι μόνο να κατακτήσουν εξαιρετικά ευαίσθητες βιολογικές τεχνικές, αλλά και να κατανοήσουν τις φυσικοχημικές παραμέτρους νέων εργαλείων όπως οι **3D βιοεκτυπωτές**. Το συγκεκριμένο «εκπαιδευτικό ερώτημα» είναι: **«Πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα avatar με τεχνητή νοημοσύνη και τα προσαρμοστικά μέσα για να κάνουν τη διδασκαλία πολύπλοκων, τεχνολογικά εξελιγμένων ροών διαδικασιών (όπως η τροποποίηση υδρογέλης) πιο συνεπή, σχετική με την εργασία και ατομική;»**. Η χρήση μέσων τεχνητής νοημοσύνης λύνει το πρόβλημα της γνωστικής **υπερφόρτωσης** στον ταυτόχρονο χειρισμό βιολογικού υλικού και τεχνολογίας ψηφιακών μηχανών παρέχοντας ασύγχρονη υποστήριξη απευθείας στο σημείο δράσης.
- **Διδακτικό σκηνικό:** Το σενάριο είναι θεωρητικά ενσωματωμένο στο **μοντέλο SAMR** και φτάνει στο επίπεδο της **«τροποποίησης» (επανασχεδιασμός)**, καθώς η χρήση οδηγίων avatar που βασίζονται σε κώδικα QR και εργασιών που δημιουργούνται από AI αλλάζει λειτουργικά τη διαδικασία μάθησης και επιτρέπει την εξατομίκευση που δεν θα ήταν εφικτή χωρίς αυτήν την τεχνική. Επιπλέον, το ευρωπαϊκό πλαίσιο ικανοτήτων **DigComp 2.2** (ή DigCompEdu) εφαρμόζεται με την προώθηση της **ψηφιακής κυριαρχίας** των εκπαιδευομένων στην αντιμετώπιση συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης και ελέγχου διαδικασιών. Η μάθηση με βάση το σταθμό χρησιμοποιείται ως μέθοδος διδασκαλίας : Οι μαθητές μετακινούνται ανεξάρτητα ή σε μικρές ομάδες μεταξύ διαφορετικών σταθμών εργασίας (π.χ. αποστειρωμένος πάγκος εργασίας για την προετοιμασία των κυττάρων και σταθμός του 3D βιοεκτυπωτή), συνδέοντας τη θεωρία και την πράξη μέσω της αλληλεπίδρασης με το avatar και τις ψηφιακές οδηγίες εργασίας.
- **Ρόλος του εκπαιδευτή/δασκάλου:** Σε αυτό το σενάριο, ο δάσκαλος υφίσταται μια αλλαγή από μεταδότη καθαρής γνώσης σε **συντονιστή, προπονητή και παιδαγωγικό σύμβουλο**. Ενώ το avatar αναλαμβάνει τις τυποποιημένες, επαναλαμβανόμενες οδηγίες (π.χ. για την ασφάλεια της συσκευής ή την παραγωγή υδρογέλης), ο εκπαιδευτής εστιάζει στις ακόλουθες εργασίες:
 - **Παρακολούθηση ασφάλειας:** Παρακολούθηση της συμμόρφωσης με τους κανόνες υγείας και ασφάλειας (H&S) κατά τη λειτουργία του βιοεκτυπωτή.
 - **Τεχνική εξειδίκευση:** Απάντηση σε εις βάθος επιστημονικές ερωτήσεις σχετικά με τη συμβατότητα των κυττάρων και τις ιδιότητες του υλικού που υπερβαίνουν τις τυπικές οδηγίες.
 - **Διασφάλιση ποιότητας και ανατροφοδότηση:** Διενέργεια ελέγχων αληθοφάνειας των αποτελεσμάτων AI και ατομική υποστήριξη στην ανάλυση των μικροσκοπικών εικόνων των 3D κατασκευών.
 - **Υποστήριξη αναστοχασμού:** Συντονισμός της τελικής συζήτησης σχετικά με τις ηθικές πτυχές και το μέλλον της βιοεκτύπωσης στην έρευνα και την κλινική εφαρμογή.

III. Τεχνολογική εφαρμογή

- **Λύση AI και avatar:** Σε αυτό το σενάριο, **τα γραμμικά avatar που δημιουργούνται από 2D AI** χρησιμοποιούνται κυρίως για να λειτουργήσουν ως **ψηφιακοί δάσκαλοι και επιδείξεις**. Στη μαθησιακή διαδικασία, το avatar αναλαμβάνει το ρόλο ενός εξειδικευμένου εργαστηριακού συντρόφου που εισάγει τα πολύπλοκα θεωρητικά θεμέλια της **μηχανικής ιστών** και καθοδηγεί τους μαθητές βήμα προς βήμα στις φάσεις της τροποποίησης της υδρογέλης. Μια κεντρική λειτουργία είναι η χρήση του ως **επίδειξη για την ασφάλεια του μηχανήματος**, όπου το avatar εξηγεί οπτικά τη σωστή ρύθμιση και λειτουργία του **3D βιοεκτυπωτή** και θέτει συγκεκριμένες ερωτήσεις κατανόησης στο τέλος των ακολουθιών βίντεο που πρέπει να απαντηθούν στο σύστημα. Αν και το έργο πειραματίζεται επίσης με 3D περιβάλλοντα και avatars, η οπτική ενσάρκωση εδώ παραμένει σκόπιμα χαμηλού κατωφλίου προκειμένου να διασφαλιστεί η εύκολη πρακτικότητα στην καθημερινή εργαστηριακή ζωή.
- **Τεχνικά εργαλεία:** Η τεχνολογική υποδομή για αυτό το σενάριο συνδυάζει πραγματικό εργαστηριακό υλικό με εξειδικευμένο λογισμικό AI:
 - **Λογισμικό AI: Το ChatGPT (GPT-4)** χρησιμοποιείται για τη βελτιστοποίηση διδακτικών σεναρίων και για την αυτοματοποιημένη δημιουργία κουίζ γνώσεων από μεταγραφές βίντεο.
 - **Δημιουργία avatar και ομιλίας:** Το HeyGen **χρησιμοποιείται για την οπτική κινούμενη εικόνα των avatar**, ενώ η φυσική έξοδος ομιλίας δημιουργείται από την **Eleven Labs (11 Labs)**.
 - **Διαδραστικά μέσα: Το H5P** και το **Hedra** χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία συμπληρωματικών περιβαλλόντων μάθησης 360 μοιρών όπου οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να αλληλεπιδρούν με εργαστηριακά αντικείμενα.
 - **Ενεργοποιητές υλικού:** Οι φυσικοί **κωδικοί QR** συνδέονται απευθείας στους εργαστηριακούς σταθμούς (π.χ. στον βιοεκτυπωτή) και επιτρέπουν την πρόσβαση από κινητά στα βίντεο οδηγιών μέσω **tablet ή smartphone**.
 - **Υλικό για συγκεκριμένο θέμα:** Η πρακτική εφαρμογή πραγματοποιείται σε **3D βιοεκτυπωτή** (π.χ. για τη δημιουργία αλγινικών δομών) και με τη χρήση **αναστρέψιμου μικροσκοπίου** για ποιοτικό έλεγχο.
- **Προσέγγιση Software-hopping:** Το περιεχόμενο δημιουργείται μέσω μιας τεχνικής αλυσίδας που δημιουργήθηκε στο έργο TEASER (**software hopping**), η οποία επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να παράγουν επαγγελματικά μέσα χωρίς γνώσεις προγραμματισμού:
 1. **Λήψη περιεχομένου:** Ο δάσκαλος δημιουργεί πρώτα έναν τεχνικό οδηγό ή ένα ακατέργαστο σενάριο βασισμένο σε πραγματικές εργαστηριακές διαδικασίες.
 2. **Βελτιστοποίηση κειμένου:** Αυτή η μεταγραφή βελτιώνεται γλωσσικά από το **ChatGPT** και μετατρέπεται σε ένα διδακτικά δομημένο σενάριο avatar.
 3. **Σύνθεση πολυμέσων:** Το βελτιστοποιημένο κείμενο εκφράζεται στο **Eleven Labs** και στη συνέχεια εισάγεται στο **HeyGen** για συγχρονισμό των χειλιών του avatar.
 4. **Διανομή:** Το τελικό βίντεο μεταφορτώνεται στο **YouTube** και συνδέεται μέσω ενός **κωδικού QR**. Αυτή η διαδικασία εξασφαλίζει υψηλό επίπεδο συνέπειας των οδηγιών ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί την προσπάθεια δημιουργίας.

IV. Αναλυτικό Σχέδιο Μαθήματος

Αυτό το σχέδιο μαθήματος έχει σχεδιαστεί για να συνδυάζει τις βασικές αρχές της κλασικής κυτταρικής καλλιέργειας με την υπερσύγχρονη κατασκευή προσθέτων και υποστηρίζεται υβριδικά από μέσα τεχνητής νοημοσύνης.

1. Εισαγωγή και προσανατολισμός

- **Διάρκεια:** 30–45 λεπτά.
- **Περιεχόμενο:** Οι εκπαιδευόμενοι θα λάβουν μια εισαγωγή στα **βασικά της τροποποίησης υδρογέλης** και στις τεχνικές αρχές της **3D βιοεκτύπωσης**. Διδάσκεται η κρίσιμη σχέση μεταξύ των ιδιοτήτων του υλικού (π.χ. ιξώδες), της **κυτταρικής συμβατότητας** και του δομικού σχεδιασμού των κατασκευών ιστών. Επιπλέον, εξηγούνται οι **ειδικοί κανονισμοί υγείας και ασφάλειας** για την εργασία με βιοεκτυπωτές στο εργαστήριο.
- **Δραστηριότητες:**
 - **Μαθητές:** Ακολουθήστε το **εκπαιδευτικό βίντεο που υποστηρίζεται από AI μέσω κωδικού QR**, κρατήστε σημειώσεις για τις πολύπλοκες διαδικασίες και σχεδιάστε τα πρακτικά βήματα εργασίας για την επακόλουθη τροποποίηση υδρογέλης. Προετοιμάζουν επίσης τον εργαστηριακό τους σταθμό και τα απαιτούμενα υλικά ανεξάρτητα.
 - **Καθηγητές:** συντονίστε την εισαγωγή, διευκρινίστε τεχνικά ζητήματα κατανόησης και ελέγξτε τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς ασφαλείας καθώς και τη σωστή παροχή των πρώτων υλών.
- **Πολυμέσα:** **Βίντεο avatar AI** (σε συνδυασμό με ηχεία AI), ψηφιακές οδηγίες εργασίας, δελτία δεδομένων ασφαλείας, υλικά υδρογέλης και κυτταροκαλλιέργειες.

2. Εκτέλεση της εργασίας

- **Διάρκεια:** 90–120 λεπτά.
- **Περιεχόμενα:** Πρακτική τροποποίηση υδρογέλης, **προετοιμασία κυττάρων** (π.χ. L929) και ενσωμάτωσή τους στο βιοϋλικό καθώς και δημιουργία **πρώτων 3D κυτταρικών κατασκευών**. Η εστίαση είναι στον ακριβή έλεγχο των παραμέτρων εκτύπωσης και στην παρακολούθηση της ακεραιότητας του υλικού.
- **Δραστηριότητες:**
 - **Μαθητευόμενοι:** Τροποποιήστε τις υδρογέλες σύμφωνα με ακριβείς προδιαγραφές, ενσωματώστε τα κύτταρα ασηπτικά και ρυθμίστε τον **3D βιοεκτυπωτή**. Κατά τη διαδικασία εκτύπωσης, ελέγχουν συνεχώς τις κατασκευές για δομή, υγεία κυττάρων και πιθανή μόλυνση.
 - **Εκπαιδευτές:** Παρακολουθούν τις αποστειρωμένες **εργασίες** κάτω από τον πάγκο εργασίας καθώς και τις τεχνικές παραμέτρους του εκτυπωτή και παρέχουν άμεση τεχνική ανατροφοδότηση σε περίπτωση προβλημάτων.
- **Μέσα:** 3D βιοεκτυπωτής, αποστειρωμένος πάγκος εργασίας, αναστρέψιμο μικροσκόπιο, πιπέτες, ειδικά βίντεο εκμάθησης AI σχετικά με τη λειτουργία του εκτυπωτή και την τροποποίηση υδρογέλης.

3. Αξιολόγηση / Ανασκόπηση

- **Διάρκεια:** 30–45 λεπτά.
- **Περιεχόμενα:** Συστηματική **τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων της εκτύπωσης και της τροποποίησης του υλικού** καθώς και αξιολόγηση της **μορφολογίας** των κυττάρων εντός των εκτυπωμένων δομών.
- **Δραστηριότητες:**
 - **Μαθητές:** Φωτογραφίστε τις εκτυπωμένες κυτταρικές κατασκευές χρησιμοποιώντας μια **κάμερα προσοφθάλμιου μικροσκοπίου**. Δημιουργούν ένα λεπτομερές πρωτόκολλο, αξιολογούν **την ακρίβεια εκτύπωσης και τη συρροή** και συγκρίνουν κριτικά τα αποτελέσματά τους με τα καθορισμένα **σημεία ρύθμισης**.
 - **Εισηγητές:** **Ελέγξτε** την τεκμηρίωση για πληρότητα, υποστηρίξτε τη δύσκολη ανάλυση εικόνας των 3D κατασκευών και δώστε σχόλια σχετικά με την ποιότητα εκτύπωσης που επιτεύχθηκε.
- **Μέσα:** Μικροσκόπιο οπισθοπορείας με κάμερα προσοφθάλμιου φακού, βίντεο avatar για λειτουργία κάμερας, πρότυπα ψηφιακού πρωτοκόλλου.

4. Ολοκλήρωση της συνεδρίας

- **Διάρκεια:** 20–30 λεπτά.
- **Περιεχόμενα:** Αναστοχασμός σχετικά με την **πρακτική συνάφεια** των μεθόδων στην έρευνα και την αναγεννητική ιατρική καθώς και συζήτηση σχετικά με την επεκτασιμότητα των μεθόδων.
- **Δραστηριότητες:**
 - **Μαθητευόμενοι:** Λάβετε μέρος σε μια τελική παρουσίαση, παρατηρήστε παραδείγματα κλινικών εφαρμογών και αναπτύξτε **τις δικές τους ιδέες μεταφοράς** για μελλοντικά ερευνητικά έργα.
 - **Εισηγητές:** Παρουσιάστε περαιτέρω παραδείγματα εφαρμογής από την πρακτική (π.χ. μηχανική ιστών), συντονίστε τη συζήτηση και αξιολογήστε τις προτάσεις μεταφοράς των εκπαιδευόμενων.
- **Μέσα:** Ψηφιακές παρουσιάσεις ή αφίσες, φύλλα λεπτών για τελικούς προβληματισμούς.

V. Πόροι και εξασφαλίσεις

1. Βίντεο

Η τεχνική διαμεσολάβηση βασίζεται σε βίντεο avatar HeyGen βελτιστοποιημένα για AI:

- **Βίντεο 1: Φτιάχνοντας το αλγινικό μελάνι**
 - *Περιεχόμενα:* Οδηγίες για την ακριβή ζύγιση **αλγινικού νατρίου (0,2 g)** και **υαλουρονικού οξέος (0,02 g)**.
 - *Διαδικασία:* Επεξήγηση βήμα προς βήμα της προσθήκης απιονισμένου νερού και της ομογενοποίησης μέσω ράβδου ανάδευσης και της επακόλουθης αποθήκευσης στο σωλήνα Falcon των 15 ml.
- **Βίντεο 2: Παραγωγή του εναιωρήματος ζελατίνης**
 - *Περιεχόμενο:* Παρουσίαση του απαιτούμενου εργαστηριακού εξοπλισμού (φυγόκεντρος, θερμαντική πλάκα ανάμειξης, μίξερ κουζίνας) και χημικών ουσιών (**σκόνη ζελατίνης και διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου**).
 - *Διαδικασία:* Εστιάστε στην αφαίρεση του αφρισμού με επαναλαμβανόμενη φυγοκέντρηση για να επιτύχετε εκτυπώσιμη συνέπεια.
- **Βίντεο 3: Προετοιμασία και 3D βιοεκτύπωση**
 - *Περιεχόμενα:* Τεχνική ρύθμιση του βιοεκτυπωτή, συμπεριλαμβανομένης της πλήρωσης της σύριγγας πίεσης (χωρίς φυσαλίδες) και της στερέωσης του τρυβλίου Petri με γράσο κενού.
 - *Λογισμικό:* Οδηγίες για το πρόγραμμα κοπής **Cura Lulzbot**, ιδίως πώς να ρυθμίσετε τον **ρυθμό ροής από 75% έως 100%** για βέλτιστη εξώθηση.
- **Βίντεο 4: Τροποποίηση και επανακαλλιέργεια υδρογέλης (L929)**
 - *Περιεχόμενο:* Σύγκριση διαφορετικών επικαλύψεων (**πολυ-L-λυσίνη έναντι κολλαγόνου**) για αύξηση της προσκόλλησης των κυττάρων στη βιοσυμβατή επιφάνεια.
 - *Αποτέλεσμα:* Οπτική αξιολόγηση της σταθερότητας της γέλης και των αποτελεσμάτων επανακαλλιέργειας μετά την προσθήκη του θρεπτικού μέσου.

2. Διαδραστικά στοιχεία

Το σενάριο ενσωματώνει διάφορα εργαλεία για ενεργή επαλήθευση γνώσεων και υποστήριξη σε περίπτωση τεχνικών προβλημάτων:

- **Κουίζ γνώσεων (ερωτήσεις 37–52):** Ένας εκτενής κατάλογος 16 ερωτήσεων καλύπτει όλες τις λεπτομέρειες που σχετίζονται με τη διαδικασία.
 - *Παραδείγματα:* Γιατί η ζελατίνη πρέπει να αναμειγνύεται κατά την κατανομή; (Εξασφάλιση ίσης συγκέντρωσης). Τι συμβαίνει με το μη επικαλυμμένο αλγινικό; (Διαλύεται γρήγορα).
 - *Βρόχοι ανατροφοδότησης:* Κάθε ερώτηση παρέχει **άμεση παιδαγωγική ανατροφοδότηση** που όχι μόνο επιβεβαιώνει τη σωστή απάντηση, αλλά παρέχει

επίσης την επιστημονική αιτιολόγηση (π.χ. επίδραση των φυσαλίδων αέρα στην πίεση).

- **Περιβάλλοντα 360 μοιρών (H5P/Hedra):** Οι διαδραστικές απεικονίσεις επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν εικονικά με εργαστηριακά αντικείμενα και να λαμβάνουν πιο εμπειριστατωμένες πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες του υλικού.

3. Χαρτοφυλάκιο πολυμέσων

- **Avatar Suite:** Γραμμικά βίντεο 2D που δημιουργήθηκαν με **το HeyGen** και εκφωνήθηκαν σε **11 εργαστήρια** που λειτουργούν ως δομημένες οπτικές οδηγίες.
- **Αρχείο YouTube:** Όλα τα εκπαιδευτικά βίντεο είναι προσβάσιμα μέσω του κεντρικού **λογαριασμού TEASER στο YouTube** και συνδέονται μέσω **κωδικών QR** απευθείας στους εργαστηριακούς σταθμούς (βιοεκτυπωτής, αποστειρωμένος πάγκος εργασίας).
- **Οπτική τεκμηρίωση:**
 - Στιγμιότυπα οθόνης των σωστών ρυθμίσεων στο πρόγραμμα Slicer (δημιουργία G-code).
 - Γραφικές αναπαραστάσεις της μορφολογίας των κυττάρων σε 3D κατασκευές για την υποστήριξη της ανάλυσης εικόνας χρησιμοποιώντας **κάμερα προσοφθάλμιου μικροσκοπίου**.
 - Πρότυπα ελέγχου αληθοφάνειας για τον εντοπισμό παραπληροφόρησης AI (ψευδαισθήσεις).