



Co-funded by
the European Union

Νανοτεχνολογία στην Ιατρική: από τα Μόρια στη Στοχευμένη Θεραπεία



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

"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."



CEIPES Eduact



Co-funded by
the European Union

Εισαγωγή:	6
Ενότητα 1: Εξερεύνηση	8
Ενότητα 2: Εκτέλεση	12
Ενότητα 3: Βελτίωση	15
Σύνοψη:	16
Αναφορές	18



Project Number: 2023-I-DE03-KA220-SCH-000126516

"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."



Γενικό θέμα της μαθησιακής διαδρομής	Διεπιστημονικοί και Αναδυόμενοι Τομείς
Συγκεκριμένη ονομασία της μαθησιακής μονάδας	Νανοτεχνολογία στην Ιατρική: από τα Μόρια στη Στοχευμένη Θεραπεία
Ηλικία των χρηστών-στόχων	16-18 ετών
Απαιτήσεις για τον εκπαιδευόμενο	Οι μαθητές που συμμετέχουν σε αυτήν την μαθησιακή ενότητα θα πρέπει να διαθέτουν βασικές γνώσεις θεμελιωδών επιστημονικών εννοιών από τη φυσική, τη χημεία και τη βιολογία, ιδιαίτερα τη δομή των κυττάρων, την ιδέα της κλίμακας στη φύση και τις απλές αλληλεπιδράσεις μεταξύ ύλης και ενέργειας. Δεν απαιτούνται προηγούμενες γνώσεις νανοτεχνολογίας. Οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να συνεργάζονται σε μικρές ομάδες, να συμμετέχουν σε συζητήσεις και να αναλύουν οπτικά ή ψηφιακά υλικά. Συνιστώνται επίσης βασικές ψηφιακές δεξιότητες, καθώς οι μαθητές θα αλληλεπιδρούν με πολυμεσικούς πόρους και μια εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας. Η περιέργεια για την επιστημονική καινοτομία και το ενδιαφέρον για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι σύγχρονες τεχνολογίες μπορούν να βελτιώσουν τις ιατρικές θεραπείες θα υποστηρίξουν την ουσιαστική συμμετοχή στις δραστηριότητες.
Περιγραφή της μαθησιακής μονάδας	Σε αυτήν την μαθησιακή ενότητα, οι μαθητές θα εξερευνήσουν τις θεμελιώδεις αρχές της νανοτεχνολογίας στην ιατρική μέσω μιας διεπιστημονικής προσέγγισης που ενσωματώνει τη φυσική, τη χημεία, τη βιολογία και την ιατρική επιστήμη. Οι φοιτητές θα διερευνήσουν αρχικά τον κόσμο της νανοκλίμακας και τις ιδιότητες των νανοσωματιδίων. Στη συνέχεια, θα αναλύσουν πώς τα νανοσωματίδια μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς φαρμάκων και πώς





	αλληλεπιδρούν με βιολογικά συστήματα. Τέλος, θα εξερευνήσουν μια προσομοίωση Επαυξημένης Πραγματικότητας που απεικονίζει διεργασίες νανοκλίμακας που εμπλέκονται στην χορήγηση φαρμάκων και στη στοχευμένη θεραπεία του καρκίνου. Μέσω αυτής της μαθησιακής εμπειρίας, οι μαθητές θα αποκτήσουν μια βαθύτερη κατανόηση του πώς η σύγχρονη επιστήμη μεταφράζει τη νανοκλίμακα της μηχανικής σε πραγματικές ιατρικές εφαρμογές.
Θέμα: Εμπλεκόμενα μέρη	φυσική, χημεία, βιολογία και ιατρική επιστήμη
Λέξεις-κλειδιά	Νανοτεχνολογία Νανοϊατρική Νανοσωματίδια Στοχευμένη χορήγηση φαρμάκων Μάθηση με Επαυξημένη Πραγματικότητα
Βασικά προσόντα, δεξιότητες και γνώσεις που μπορούν να αποκτηθούν	Μέσω αυτής της μαθησιακής ενότητας, οι μαθητές αναπτύσσουν διεπιστημονικές γνώσεις στη διασταύρωση της φυσικής, της χημείας, της βιολογίας και της ιατρικής επιστήμης. Αποκτούν κατανόηση των νανοδιαστάσεων, των μοναδικών ιδιοτήτων των νανοσωματιδίων και των αρχών της νανοϊατρικής, ιδιαίτερα των στοχευμένων συστημάτων χορήγησης φαρμάκων που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες θεραπείες για τον καρκίνο. Οι μαθητές ενισχύουν την επιστημονική συλλογιστική και τις αναλυτικές δεξιότητες ερμηνεύοντας οπτικά μοντέλα, αναλύοντας επιστημονικές διαδικασίες και συζητώντας βιοϊατρικές εφαρμογές του πραγματικού κόσμου. Οι δραστηριότητες προωθούν επίσης τη συνεργατική επίλυση προβλημάτων, την κριτική σκέψη και την επικοινωνία μέσω ομαδικών ερευνών και παρουσιάσεων. Επιπλέον, οι μαθητές αποκτούν ψηφιακές ικανότητες αλληλεπιδρώντας με πολυμεσικούς πόρους και προσομοιώσεις Επαυξημένης Πραγματικότητας. Συνολικά, η ενότητα υποστηρίζει την ανάπτυξη του γραμματισμού STEM και την ευαισθητοποίηση σχετικά με τις αναδυόμενες τεχνολογίες που διαμορφώνουν το μέλλον της υγειονομικής περίθαλψης και της βιοϊατρικής έρευνας.
Χρησιμοποιήθηκαν πόροι και διδακτικά βοηθήματα	Η μαθησιακή μονάδα χρησιμοποιεί μια ποικιλία πολυμέσων και διαδραστικών πόρων για να εμπλέξει τους μαθητές και να ενισχύσει την κατανόηση της νανοϊατρικής. Τα οπτικά βοηθήματα περιλαμβάνουν διαγράμματα που συγκρίνουν βιολογικές δομές και νανοσωματίδια νανοκλίμακας, τρισδιάστατες κινούμενες εικόνες που απεικονίζουν τη συμπεριφορά των





	νανοσωματιδίων και επιστημονικά βίντεο που εξηγούν τους μηχανισμούς χορήγησης φαρμάκων. Τα φύλλα εργασίας και τα δομημένα φύλλα δραστηριοτήτων καθοδηγούν τους μαθητές σε βασικές έννοιες, διασφαλίζοντας την ενεργό συμμετοχή και τον προβληματισμό. Οι εφαρμογές Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) επιτρέπουν την καθλωτική οπτικοποίηση διεργασιών νανοκλίμακας, επιτρέποντας στους μαθητές να χειρίζονται μεταβλητές και να παρατηρούν τη χορήγηση φαρμάκων σε πραγματικό χρόνο. Συνεργατικά εργαλεία, όπως κοινόχρηστοι ψηφιακοί πίνακες και προτροπές ομαδικής συζήτησης, υποστηρίζουν την ομαδική εργασία και την κριτική ανάλυση. Πρόσθετοι πόροι περιλαμβάνουν επιστημονικά άρθρα, επιστημονικές βάσεις δεδομένων και επιμελημένο διαδικτυακό υλικό που παρέχει ενημερωμένα παραδείγματα εφαρμογών νανοτεχνολογίας στην ιατρική. Αυτά τα βοηθήματα υποστηρίζουν συλλογικά μια πολυαισθητηριακή, διαδραστική και διερευνητική μαθησιακή προσέγγιση.
Κριτήρια αξιολόγησης και αξιολόγηση	Οι φοιτητές αξιολογούνται μέσω ενός συνδυασμού διαμορφωτικών και αθροιστικών μεθόδων που αξιολογούν τόσο την κατανόηση όσο και την εφαρμογή των εννοιών της νανοϊατρικής. Η αξιολόγηση που βασίζεται στη γνώση περιλαμβάνει κουίζ σχετικά με τους τύπους νανοσωματιδίων, τα στάδια χορήγησης φαρμάκων και τους μηχανισμούς στοχευμένης θεραπείας. Η πρακτική αξιολόγηση αξιολογεί τη συμμετοχή σε ομαδικές δραστηριότητες, την ακρίβεια στη συμπλήρωση φύλλων εργασίας και την ικανότητα ανάλυσης και παρουσίασης ευρημάτων. Οι εργασίες που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα (AR) χρησιμεύουν ως διαδραστικές αξιολογήσεις, όπου οι φοιτητές επιδεικνύουν κατανόηση χειριζόμενοι προσομοιώσεις, εξηγώντας παρατηρούμενες διαδικασίες και λύνοντας προκλήσεις που βασίζονται σε σενάρια. Η κριτική σκέψη και ο αναστοχασμός αξιολογούνται μέσω συζητήσεων σχετικά με τις ηθικές, ασφαλείς και κοινωνικές επιπτώσεις της νανοτεχνολογίας στην ιατρική. Η αξιολόγηση δίνει έμφαση τόσο στην ατομική κατανόηση όσο και στις συνεργατικές δεξιότητες, ανταμείβοντας ακριβείς εννοιολογικές εξηγήσεις, τη δημιουργικότητα στην επίλυση προβλημάτων και την ενεργό συμμετοχή με ψηφιακά και εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας (AR). Η ανατροφοδότηση είναι συνεχής, καθοδηγώντας τη





Co-funded by
the European Union

	βελτίωση και ενισχύοντας τα μαθησιακά αποτελέσματα.
--	---

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

"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."





Εισαγωγή:

Η νανοτεχνολογία αποτελεί μία από τις πιο επαναστατικές εξελίξεις στη σύγχρονη επιστήμη και ιατρική. Χειριζόμενοι την ύλη σε νανοκλίμακα —συνήθως μεταξύ 1 και 100 νανόμετρων— οι επιστήμονες μπορούν να δημιουργήσουν υλικά και συσκευές με μοναδικές ιδιότητες που διαφέρουν σημαντικά από αυτές που παρατηρούνται σε μεγαλύτερες κλίμακες. Αυτές οι δομές νανοκλίμακας μπορούν να αλληλεπιδράσουν με βιολογικά συστήματα με εξαιρετικά συγκεκριμένους τρόπους, ανοίγοντας νέες δυνατότητες για τη διάγνωση, τη θεραπεία και την πρόληψη ασθενειών.

Η ιατρική βασιζόταν πάντα στην τεχνολογική καινοτομία για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων των ασθενών. Τις τελευταίες δεκαετίες, η νανοτεχνολογία έχει γίνει βασικό εργαλείο για την ανάπτυξη προηγμένων θεραπευτικών στρατηγικών, ιδιαίτερα σε τομείς όπως η θεραπεία του καρκίνου, η χορήγηση φαρμάκων και η βιοϊατρική απεικόνιση. Τα νανοσωματίδια μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς που μεταφέρουν φάρμακα απευθείας σε νοσούντα κύτταρα, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τη βλάβη στους υγιείς ιστούς.

Οι παραδοσιακές θεραπείες, ειδικά η χημειοθεραπεία, συχνά έχουν σημαντικές παρενέργειες επειδή τα φάρμακα κυκλοφορούν σε ολόκληρο το σώμα. Η νανοτεχνολογία στοχεύει να ξεπεράσει αυτούς τους περιορισμούς επιτρέποντας τη στοχευμένη χορήγηση φαρμάκων, όπου τα θεραπευτικά μόρια μεταφέρονται σε συγκεκριμένα κύτταρα ή ιστούς.

Σε αυτήν την μαθησιακή ενότητα, οι μαθητές θα εξερευνήσουν τις θεμελιώδεις αρχές της νανοτεχνολογίας στην ιατρική μέσω μιας διεπιστημονικής προσέγγισης που ενσωματώνει τη φυσική, τη χημεία, τη βιολογία και την ιατρική επιστήμη. Η ενότητα είναι οργανωμένη σύμφωνα με το παιδαγωγικό μοντέλο 3Ε: Εξερεύνηση, Εκτέλεση, Βελτίωση.

Οι φοιτητές θα διερευνήσουν αρχικά τον κόσμο της νανοκλίμακας και τις ιδιότητες των νανοσωματιδίων. Στη συνέχεια, θα αναλύσουν πώς τα νανοσωματίδια μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς φαρμάκων και πώς αλληλεπιδρούν με βιολογικά συστήματα. Τέλος, θα εξερευνήσουν μια προσομοίωση Επαυξημένης Πραγματικότητας που απεικονίζει διεργασίες νανοκλίμακας που εμπλέκονται στην χορήγηση φαρμάκων και στη στοχευμένη θεραπεία του καρκίνου.

Μέσω αυτής της μαθησιακής εμπειρίας, οι μαθητές θα αποκτήσουν μια βαθύτερη κατανόηση του πώς η σύγχρονη επιστήμη μεταφράζει τη νανοκλίμακα της μηχανικής σε πραγματικές ιατρικές εφαρμογές.





Επιστημονικό Υπόβαθρο: Νανοϊατρική

Τι είναι η Νανοϊατρική;

Η νανοϊατρική είναι η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στην ιατρική επιστήμη. Περιλαμβάνει τη χρήση υλικών και συσκευών νανοκλίμακας για τη διάγνωση, την παρακολούθηση και τη θεραπεία ασθενειών.

Η νανοϊατρική περιλαμβάνει διάφορους σημαντικούς τομείς:

- στοχευμένη χορήγηση φαρμάκων
- ιατρική απεικόνιση και διαγνωστική
- μηχανική ιστών
- αναγεννητική ιατρική
- βιοαισθητήρες νανοκλίμακας

Επειδή τα νανოსωματίδια είναι εξαιρετικά μικρά, μπορούν να αλληλεπιδράσουν άμεσα με βιολογικά μόρια όπως πρωτεΐνες, DNA και κυτταρικές μεμβράνες.

Γιατί το μέγεθος έχει σημασία

Η νανοδιάσταση είναι κρίσιμη επειδή αντιστοιχεί στην κλίμακα των βιολογικών δομών.

Για παράδειγμα:

Δομή	Προσεγγιστικό μέγεθος
Ανθρώπινα μαλλιά	80.000–100.000 nm
Ερυθρά αιμοσφαίρια	7.000 nm
Ιός	100 nm
Πρωτεΐνη	10 nm
Νανοςωματίδιο	1–100 nm

Επομένως, τα νανοςωματίδια είναι αρκετά μικρά ώστε να κυκλοφορούν μέσω των αιμοφόρων αγγείων και να αλληλεπιδρούν με μεμονωμένα κύτταρα.

Σε νανοκλίμακα, τα υλικά εμφανίζουν μοναδικές ιδιότητες λόγω:

- μεγάλη αναλογία επιφάνειας προς όγκο
- αυξημένη χημική αντιδραστικότητα
- κβαντικά φαινόμενα
- βελτιωμένες οπτικές ιδιότητες

Αυτές οι ιδιότητες επιτρέπουν στα νανοςωματίδια να εκτελούν λειτουργίες που είναι αδύνατες για μεγαλύτερα σωματίδια.

Τύποι νανοςωματιδίων που χρησιμοποιούνται στην ιατρική





Διάφοροι τύποι νανοσωματιδίων χρησιμοποιούνται συνήθως στη νανοϊατρική.

Νανοσωματίδια χρυσού

Τα νανοσωματίδια χρυσού έχουν ειδικές οπτικές ιδιότητες και χρησιμοποιούνται ευρέως για:

- ιατρική απεικόνιση
- ανίχνευση καρκίνου
- φωτοθερμική θεραπεία

Μπορούν να απορροφήσουν το φως και να το μετατρέψουν σε θερμότητα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταστροφή των καρκινικών κυττάρων.

Νανοσωλήνες άνθρακα

Οι νανοσωλήνες άνθρακα είναι κυλινδρικές δομές άνθρακα με αξιοσημείωτη αντοχή και αγωγιμότητα.

Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν:

- μεταφορά ναρκωτικών
- βιοαισθητήρες
- μηχανική ιστών

Η κοίλη δομή τους τους επιτρέπει να μεταφέρουν μόρια μέσω βιολογικών περιβαλλόντων.

Λιποσώματα

Τα λιποσώματα είναι σφαιρικά κυστίδια που αποτελούνται από λιπιδικές διπλοστοιβάδες παρόμοιες με τις βιολογικές μεμβράνες.

Είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για:

- ενθυλάκωση φαρμάκου
- ελεγχόμενη απελευθέρωση φαρμάκου
- στοχευμένη θεραπεία

Τα λιποσώματα μπορούν να προστατεύσουν τα φάρμακα από την αποικοδόμηση ενώ τα μεταφέρουν μέσω της κυκλοφορίας του αίματος.

Ενότητα 1: Εξερεύνηση

Ανακαλύπτοντας τον κόσμο της νανοκλίμακας

Η φάση της Εξερεύνησης έχει σχεδιαστεί για να διεγείρει την περιέργεια των μαθητών και να ενεργοποιήσει τις προηγούμενες γνώσεις τους σχετικά με την ύλη, την κλίμακα και την ιατρική τεχνολογία. Στην αρχή του μαθήματος, ο/η εκπαιδευτικός παρουσιάζει το θέμα θέτοντας μια απλή αλλά ισχυρή ερώτηση: *«Πόσο μικρή μπορεί να γίνει η τεχνολογία και τι συμβαίνει όταν φτάσουμε στο μέγεθος βιολογικών μορίων;»*





Οι μαθητές ενθαρρύνονται να αναλογιστούν πώς η σύγχρονη επιστήμη λειτουργεί ολόένα και περισσότερο σε εξαιρετικά μικρές κλίμακες και πώς αυτό μπορεί να επηρεάσει την ιατρική. Για να διευκολυνθεί η συμμετοχή, ο/η εκπαιδευτικός παρουσιάζει μια σειρά από εικόνες και σύντομα κινούμενα σχέδια που απεικονίζουν φαινόμενα νανοκλίμακας και βιολογικές δομές.

Ο στόχος αυτής της φάσης δεν είναι ακόμη η παροχή επίσημων εξηγήσεων, αλλά μάλλον η ενθάρρυνση των μαθητών να παρατηρούν, να αμφισβητούν και να διατυπώνουν υποθέσεις.

Βίντεο αρραβώνων

Το μάθημα ξεκινά με σύντομα βίντεο που παρουσιάζουν την ιδέα ότι η τεχνολογία νανοκλίμακας μπορεί να φέρει επανάσταση στην ιατρική.

<https://www.youtube.com/watch?v=emEua2eJp1U&t=3s>

Χορήγηση νανοσωματιδίων φαρμάκων στη θεραπεία του καρκίνου (3D επιστημονική κινούμενη εικόνα)

Αυτό το βίντεο βοηθά τους μαθητές να οπτικοποιήσουν πώς αλληλεπιδρούν οι φυσικές διεργασίες και τα βιολογικά συστήματα σε μικροσκοπική και νανοσκοπική κλίμακα. Η κατανόηση αυτών των αλληλεπιδράσεων είναι απαραίτητη για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο συμπεριφέρονται τα νανοσωματίδια μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Η έρευνα δείχνει ότι η νανοτεχνολογία επιτρέπει νέες στρατηγικές για τη μεταφορά φαρμάκων απευθείας σε νοσούντες ιστούς, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τη βλάβη στα υγιή κύτταρα.

Δραστηριότητα Καταιγισμού Ιδεών: Η Επιστήμη στην Καθημερινή Ζωή

Οι μαθητές χωρίζονται σε μικρές ομάδες και τους ζητείται να εντοπίσουν παραδείγματα επιστημονικών τεχνολογιών που αλληλεπιδρούν με βιολογικά συστήματα. Παραδείγματα θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν:

- εμβόλια
- τεχνικές ιατρικής απεικόνισης
- διαγνωστικές εξετάσεις
- φορητοί βιοαισθητήρες

Οι ομάδες γράφουν τις ιδέες τους σε έναν κοινόχρηστο πίνακα και εξηγούν σύντομα πώς η τεχνολογία βοηθά στη διάγνωση ή τη θεραπεία ασθενειών. Στη συνέχεια, ο/η εκπαιδευτικός εισάγει την έννοια ότι η νανοτεχνολογία αντιπροσωπεύει το επόμενο σύνορο σε αυτήν την τεχνολογική εξέλιξη.





Δραστηριότητα: Οπτικοποίηση της νανοκλίμακας

Μία από τις μεγαλύτερες εννοιολογικές δυσκολίες για τους μαθητές είναι η κατανόηση του πόσο μικρή είναι στην πραγματικότητα η νανοκλίμακα. Για να αντιμετωπίσει αυτήν την πρόκληση, ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει μια οπτική σύγκριση μεταξύ διαφορετικών βιολογικών και φυσικών δομών.

Οι μαθητές εξετάζουν διαγράμματα συγκρίνοντας:

- ανθρώπινα μαλλιά
- κύτταρα
- ιοί
- νανοσωματίδια

Ερωτήσεις για συζήτηση:

Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις καθοδήγησης:

- Γιατί η νανοκλίμακα είναι παρόμοια με την κλίμακα των βιολογικών δομών;
- Γιατί τα νανοσωματίδια μπορεί να αλληλεπιδρούν πιο εύκολα με τα κύτταρα από ό,τι τα μεγαλύτερα σωματίδια;
- Γιατί τα νανοσωματίδια είναι κατάλληλα για ιατρικές εφαρμογές;
- Πώς μπορούν τα νανοσωματίδια να ταξιδεύουν μέσα από τα αιμοφόρα αγγεία;

Αυτή η συζήτηση βοηθά τους μαθητές να αναγνωρίσουν ότι η **νανοκλίμακα αντιστοιχεί στενά στην κλίμακα των βιολογικών διεργασιών**, γεγονός που εξηγεί γιατί η νανοτεχνολογία είναι τόσο πολλά υποσχόμενη στην ιατρική.

Δραστηριότητα: Καθημερινή Νανοτεχνολογία

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες για να ερευνήσουν παραδείγματα νανοτεχνολογίας που χρησιμοποιούνται στην ιατρική, όπως:

- θεραπεία καρκίνου με βάση νανοσωματίδια
- λιπιδικά νανοσωματίδια που χρησιμοποιούνται σε εμβόλια
- νανοαισθητήρες για την ανίχνευση ασθενειών
- νανοϋλικά στην αναγεννητική ιατρική

Οι φοιτητές συνοψίζουν τα ευρήματά τους σε μια σύντομη παρουσίαση. Στόχος είναι να τονιστεί ότι η νανοϊατρική είναι ένας ιδιαίτερα διεπιστημονικός τομέας που συνδυάζει τη φυσική, τη χημεία, τη βιολογία και τη μηχανική.





Ηθικά ζητήματα και ζητήματα ασφάλειας στη νανοϊατρική

Ενώ η νανοτεχνολογία προσφέρει πολλά οφέλη, εγείρει επίσης σημαντικά ηθικά ζητήματα και ζητήματα ασφάλειας. Η φάση της Εξερεύνησης ολοκληρώνεται με μια συζήτηση στην τάξη σχετικά με τις ηθικές επιπτώσεις των αναδυόμενων ιατρικών τεχνολογιών.

Οι μαθητές εξετάζουν πιθανά ζητήματα όπως:

- τοξικότητα νανοσωματιδίων
- μακροχρόνια συσσώρευση σε όργανα
- περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- άνιση πρόσβαση σε προηγμένες θεραπείες





Επειδή τα νανοσωματίδια είναι εξαιρετικά μικρά, ενδέχεται να αλληλεπιδράσουν με βιολογικά συστήματα με απροσδόκητους τρόπους.

Πιθανές ανησυχίες περιλαμβάνουν:

- τοξικότητα
- συσσώρευση σε όργανα
- περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι επιστήμονες πρέπει να ελέγχουν προσεκτικά τα νανοσωματίδια για να βεβαιωθούν ότι είναι ασφαλή για ιατρική χρήση.

Ηθικές Σκέψεις

Αρκετά ηθικά ερωτήματα προκύπτουν κατά την ανάπτυξη τεχνολογιών νανοϊατρικής.

Ασφάλεια Ασθενών

Οι νέες θεραπείες πρέπει να υποβάλλονται σε αυστηρές κλινικές δοκιμές πριν χρησιμοποιηθούν σε ασθενείς.

Προσβασιμότητα και Ισότητα

Οι προηγμένες ιατρικές τεχνολογίες μπορεί να είναι ακριβές, γεγονός που εγείρει ανησυχίες σχετικά με την ισότιμη πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη.

Ιδιωτικότητα και Προστασία Δεδομένων

Η νανοτεχνολογία μπορεί να επιτρέψει την ανάπτυξη προηγμένων βιοαισθητήρων ικανών να παρακολουθούν βιολογικά σήματα. Αυτό εγείρει ερωτήματα σχετικά με το απόρρητο των ιατρικών δεδομένων.

Υπεύθυνη Καινοτομία

Οι ερευνητές πρέπει να εξισορροπούν την καινοτομία με την ηθική ευθύνη, διασφαλίζοντας ότι οι τεχνολογίες ωφελούν την κοινωνία, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τους κινδύνους.





Co-funded by
the European Union

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

"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."





Ενότητα 2: Εκτέλεση

Συστήματα χορήγησης φαρμάκων από νανοσωματίδια

Στη φάση Εκτέλεσης, οι φοιτητές προχωρούν από την εξερεύνηση σε μια βαθύτερη ανάλυση των επιστημονικών μηχανισμών που διέπουν τη νανοϊατρική. Η έμφαση δίνεται στην κατανόηση του πώς τα νανοσωματίδια μπορούν να λειτουργήσουν ως συστήματα χορήγησης φαρμάκων ικανά να μεταφέρουν θεραπευτικά μόρια σε συγκεκριμένες θέσεις στο σώμα.

Οι παραδοσιακές ιατρικές θεραπείες συχνά βασίζονται σε φάρμακα που κυκλοφορούν σε ολόκληρη την κυκλοφορία του αίματος. Ενώ είναι αποτελεσματική στη θεραπεία ασθενειών, αυτή η προσέγγιση συχνά προκαλεί σοβαρές παρενέργειες επειδή και οι υγιείς ιστοί εκτίθενται στο φάρμακο.

Η νανοτεχνολογία προσφέρει μια λύση σε αυτό το πρόβλημα μέσω της στοχευμένης χορήγησης φαρμάκων. Τα νανοσωματίδια μπορούν να κατασκευαστούν για να μεταφέρουν φάρμακα επιλεκτικά σε νοσούντες ιστούς, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα της θεραπείας και μειώνοντας παράλληλα την τοξικότητα.

Η διαδικασία χορήγησης φαρμάκων

Οι μαθητές εξετάζουν τα τρία κύρια στάδια που εμπλέκονται στην χορήγηση φαρμάκων από νανοσωματίδια.

Στάδιο 1 – Σχεδιασμός νανοσωματιδίων

Οι επιστήμονες σχεδιάζουν νανοσωματίδια με συγκεκριμένες ιδιότητες που καθορίζουν τη συμπεριφορά τους μέσα στο σώμα. Σημαντικές παράμετροι περιλαμβάνουν:

- μέγεθος σωματιδίων
- σχήμα
- χημεία επιφανειών
- ηλεκτρικό φορτίο

Αυτά τα χαρακτηριστικά επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο τα νανοσωματίδια κυκλοφορούν στο αίμα, αλληλεπιδρούν με τα κύτταρα και φτάνουν στους ιστούς-στόχους.

Στάδιο 2 – Φόρτωση Φαρμάκου

Μόλις δημιουργηθεί η δομή των νανοσωματιδίων, αυτή φορτώνεται με θεραπευτικά μόρια.

Για παράδειγμα:





- Τα λιποσώματα ενθυλακώνουν φάρμακα μέσα σε μια λιπιδική διπλοστιβάδα παρόμοια με τις βιολογικές μεμβράνες.
 - Τα πολυμερικά νανοσωματίδια συνδέουν μόρια φαρμάκων στην επιφάνειά τους.
 - Οι νανοσωλήνες άνθρακα μπορούν να μεταφέρουν μόρια μέσω της κοίλης κυλινδρικής δομής τους.
- Αυτό το στάδιο διασφαλίζει ότι το φάρμακο παραμένει σταθερό κατά τη διέλευσή του από το σώμα.

Στάδιο 3 – Ελεγχόμενη απελευθέρωση φαρμάκου

Αφού φτάσει στον ιστό-στόχο, το νανοσωματίδιο απελευθερώνει το φάρμακο.

Η απελευθέρωση φαρμάκων μπορεί να προκληθεί από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως:

- Αλλαγές στο pH σε περιβάλλοντα όγκων
- συγκεκριμένα ένζυμα
- διαφορές θερμοκρασίας
- εξωτερικά ερεθίσματα όπως το φως ή τα μαγνητικά πεδία

Η ελεγχόμενη απελευθέρωση επιτρέπει στο φάρμακο να δράσει ακριβώς εκεί που χρειάζεται.

Στοχευμένη θεραπεία για τον καρκίνο

Τα καρκινικά κύτταρα συχνά παρουσιάζουν συγκεκριμένες πρωτεΐνες στην επιφάνειά τους που ονομάζονται υποδοχείς. Οι επιστήμονες σχεδιάζουν νανοσωματίδια με μόρια γνωστά ως υποκαταστάτες που συνδέονται επιλεκτικά με αυτούς τους υποδοχείς.

Αυτή η αλληλεπίδραση ακολουθεί το μοντέλο κλειδαριάς-κλειδιού, μια έννοια που χρησιμοποιείται συνήθως στη μοριακή βιολογία.

Όταν το νανοσωματίδιο συναντά ένα καρκινικό κύτταρο:

1. Ο συνδέτης συνδέεται με τον υποδοχέα.
2. Το νανοσωματίδιο προσκολλάται στην κυτταρική μεμβράνη.
3. Το κύτταρο εσωτερικεύει το νανοσωματίδιο.
4. Το φάρμακο απελευθερώνεται μέσα στο καρκινικό κύτταρο.

Επειδή τα υγιή κύτταρα δεν διαθέτουν αυτούς τους υποδοχείς, αλληλεπιδρούν πολύ λιγότερο με τα νανοσωματίδια. Ως αποτέλεσμα, η στοχευμένη νανοθεραπεία μπορεί να μειώσει σημαντικά τη βλάβη στους υγιείς ιστούς.

Δραστηριότητες Φοιτητών

Οι μαθητές εργάζονται μέσω δομημένων φύλλων εργασίας που ενισχύουν τις βασικές έννοιες.

Οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν:

- ταξινόμηση βιολογικών δομών κατά μέγεθος





- αντιστοίχιση τύπων νανοσωματιδίων με τις εφαρμογές τους
- περιγράφοντας τα βήματα χορήγησης φαρμάκων
- εξηγώντας τον μηχανισμό αλληλεπίδρασης υποδοχέα-συνδέτη

Αυτές οι ασκήσεις βοηθούν τους μαθητές να μεταφράσουν αφηρημένες επιστημονικές ιδέες σε συγκεκριμένη κατανόηση.

Φύλλα Δραστηριοτήτων για Μαθητές

Φύλλο Δραστηριότητας 1 – Κατανόηση της Κλίμακας

1. Τακτοποιήστε τις ακόλουθες δομές από τη μεγαλύτερη στη μικρότερη:
 - ιός
 - ανθρώπινα μαλλιά
 - νανοσωματίδιο
 - ερυθρά αιμοσφαίρια
2. Γιατί είναι χρήσιμο το μέγεθος σε νανοκλίμακα για ιατρικές εφαρμογές;

Φύλλο Δραστηριότητας 2 – Τύποι Νανοσωματιδίων

Αντιστοιχίστε κάθε τύπο νανοσωματιδίου με τη λειτουργία του:

Νανοσωματίδιο Λειτουργία

Νανοσωματίδια χρυσού

Νανοσωλήνες άνθρακα

Λιποσώματα

Φύλλο Δραστηριότητας 3 – Διαδικασία Χορήγησης Φαρμάκων

Περιγράψτε τα τρία στάδια της χορήγησης φαρμάκων από νανοσωματίδια.

- 1.
- 2.
- 3.

Εξηγήστε γιατί η στοχευμένη χορήγηση φαρμάκων μειώνει τις παρενέργειες.

Φύλλο Δραστηριότητας 4 – Στόχευση του Καρκίνου

Εξηγήστε πώς τα νανοσωματίδια αναγνωρίζουν τα καρκινικά κύτταρα.

Χρησιμοποιήστε το μοντέλο κλειδαριάς και κλειδιού για να περιγράψετε την αλληλεπίδραση.

Φύλλο Δραστηριότητας 5 – Ερωτήσεις Αναστοχασμού

1. Ποια πλεονεκτήματα προσφέρει η νανοτεχνολογία στην ιατρική;
2. Ποιους πιθανούς κινδύνους πρέπει να λάβουν υπόψη οι επιστήμονες;





Ενότητα 3: Βελτίωση

Επαυξημένη Πραγματικότητα για Βαθύτερη Κατανόηση

Η φάση Βελτίωσης ενσωματώνει τεχνολογίες Επαυξημένης Πραγματικότητας για να διευρύνει την κατανόηση των μαθητών πέρα από αυτό που μπορεί να παρατηρηθεί μέσω παραδοσιακών πειραμάτων. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα επιτρέπει στους μαθητές να οπτικοποιήσουν διεργασίες νανοκλίμακας που δεν μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα.

Στην άσκηση AR «*Νανοτεχνολογία στην Ιατρική: Από τα Μόρια στη Στοχευμένη Θεραπεία*», οι μαθητές αλληλεπιδρούν με μια ακολουθία σκηνών που απεικονίζουν τη συμπεριφορά των νανοσωματιδίων.

Σκηνή 1 Επαυξημένης Πραγματικότητας – Εισαγωγή

Οι μαθητές σαρώνουν έναν δείκτη AR χρησιμοποιώντας ένα tablet ή smartphone.

Μια τρισδιάστατη κινούμενη εικόνα εισάγει την έννοια της νανοϊατρικής και απεικονίζει τον τρόπο με τον οποίο τα νανοσωματίδια κινούνται στην κυκλοφορία του αίματος.

Σκηνή AR 2 – Σύγκριση κλίμακας

Οι μαθητές παρατηρούν μια διαδραστική οπτικοποίηση που συγκρίνει:

- ανθρώπινα μαλλιά
- ερυθρά αιμοσφαίρια
- ιοί
- νανοσωματίδια

Αυτή η σκηνή ενισχύει την έννοια της σχετικής κλίμακας, βοηθώντας τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα πώς τα νανοσωματίδια αλληλεπιδρούν με τα βιολογικά συστήματα.

Σκηνή 3 AR – Είδη νανοσωματιδίων

Οι μαθητές εξερευνούν τρισδιάστατα μοντέλα τριών τύπων νανοσωματιδίων που χρησιμοποιούνται συνήθως:

- νανοσωματίδια χρυσού
- νανοσωλήνες άνθρακα
- λιποσώματα

Κάθε δομή μπορεί να περιστραφεί και να εξεταστεί από διαφορετικές γωνίες.

Ένα σύντομο κουίζ ζητά από τους μαθητές:





Ποιος τύπος νανοσωματιδίων ενθυλακώνει φάρμακα μέσα σε μια λιπιδική μεμβράνη;

Σωστή απάντηση: λιποσώματα

Σκηνή 4 AR – Μηχανισμός χορήγησης φαρμάκων

Οι μαθητές παρατηρούν την πλήρη διαδικασία χορήγησης φαρμάκων:

1. κενό νανοσωματίδιο
2. νανοσωματίδιο φορτωμένο με φάρμακο
3. νανοσωματίδια που φτάνουν στον ιστό-στόχο
4. απελευθέρωση φαρμάκου

Τα διαδραστικά στοιχεία επιτρέπουν στους μαθητές να ενεργοποιούν κάθε βήμα.

Μια ερώτηση κουίζ ενισχύει την ιδέα:

Ποιο είναι το κύριο πλεονέκτημα της χορήγησης φαρμάκων με νανοσωματίδια;

Σωστή απάντηση: στοχευμένη θεραπεία με μειωμένες παρενέργειες

Σκηνή 5 AR – Στόχευση καρκινικών κυττάρων

Οι μαθητές παρατηρούν νανοσωματίδια που συνδέονται με υποδοχείς σε καρκινικά κύτταρα.

Αυτή η οπτικοποίηση απεικονίζει τον μηχανισμό αναγνώρισης υποδοχέα-συνδέτη και δείχνει πώς τα νανοσωματίδια εισέρχονται στα καρκινικά κύτταρα.

Ερώτηση κουίζ:

Πώς αναγνωρίζουν τα νανοσωματίδια τα καρκινικά κύτταρα;

Σωστή απάντηση: ειδική αλληλεπίδραση υποδοχέα-συνδέτη

Σκηνή 6 AR – Τελική Αξιολόγηση

Η δραστηριότητα AR ολοκληρώνεται με ένα σύντομο διαδραστικό κουίζ που εξετάζει τις βασικές έννοιες που μάθαμε κατά τη διάρκεια της ενότητας.

Οι μαθητές αναλογίζονται ερωτήματα όπως:

- Πώς η νανοτεχνολογία βελτιώνει τις ιατρικές θεραπείες;
- Γιατί είναι σημαντική η νανοκλίμακα μηχανική για τη σύγχρονη ιατρική;
- Ποιες προκλήσεις παραμένουν στην ανάπτυξη ασφαλών νανοϊατρικών τεχνολογιών;

Επιπτώσεις στη μάθηση

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα ενισχύει τη μάθηση με:

- κάνοντας ορατές τις αόρατες διαδικασίες
- βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης
- αυξανόμενη εμπλοκή των φοιτητών





- σύνδεση της θεωρητικής γνώσης με εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο
Μέσα από αυτή την καθηλωτική εμπειρία, οι μαθητές αποκτούν μια βαθύτερη εκτίμηση για το πώς η επιστήμη της νανοκλίμακας μεταμορφώνει την υγειονομική περίθαλψη.

Συμπέρασμα:

Η νανοτεχνολογία μετασχηματίζει τη σύγχρονη ιατρική επιτρέποντας νέες προσεγγίσεις στη διάγνωση και τη θεραπεία.

Σε αυτήν την μαθησιακή ενότητα, οι μαθητές εξερεύνησαν νανοδομές, τύπους νανοσωματιδίων και μηχανισμούς χορήγησης φαρμάκων. Έμαθαν πώς τα νανοσωματίδια μπορούν να μεταφέρουν φάρμακα απευθείας σε νοσούντα κύτταρα και να μειώσουν τις επιβλαβείς παρενέργειες.

Η ενσωμάτωση της Επαυξημένης Πραγματικότητας παρείχε μια καθηλωτική εμπειρία που επέτρεψε στους μαθητές να οπτικοποιήσουν διεργασίες σε νανοκλίμακα και να κατανοήσουν πώς τα νανοσωματίδια αλληλεπιδρούν με τα βιολογικά συστήματα.

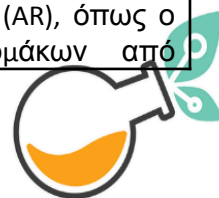
Η νανοϊατρική αποτελεί ένα ισχυρό παράδειγμα διεπιστημονικής επιστήμης, συνδυάζοντας τη φυσική, τη χημεία, τη βιολογία και τη μηχανική για την αντιμετώπιση των πραγματικών ιατρικών προκλήσεων. Η κατανόηση αυτών των αρχών προετοιμάζει τους φοιτητές για μελλοντικές σπουδές και σταδιοδρομίες σε αναδυόμενους επιστημονικούς τομείς όπως η βιοϊατρική μηχανική, η φαρμακευτική επιστήμη και η νανοτεχνολογία.

Φάση	Περιγραφή
Εξερευ νώ	- Έρευνα και Ανακάλυψη: Οι μαθητές διερευνούν παραδείγματα νανοτεχνολογίας στην καθημερινή ζωή και την ιατρική, όπως εμβόλια με βάση νανοσωματίδια, διαγνωστικούς βιοαισθητήρες και συστήματα χορήγησης φαρμάκων. Μέσω καθοδηγούμενης έρευνας στο διαδίκτυο και συζήτησης στην τάξη, διερευνούν πώς τα υλικά νανοκλίμακας αλληλεπιδρούν με τα βιολογικά συστήματα και γιατί το μέγεθος έχει σημασία στις ιατρικές εφαρμογές.
	- Ανάπτυξη Περιεχομένου: Οι εκπαιδευτικοί εισάγουν την έννοια της νανοκλίμακας και της νανοϊατρικής μέσω οπτικών συγκρίσεων (ανθρώπινα μαλλιά, ερυθρά αιμοσφαίρια, ιοί, νανοσωματίδια) και σύντομων επιστημονικών βίντεο που εξηγούν την χορήγηση φαρμάκων με νανοσωματίδια και τη νανοτεχνολογία στην υγειονομική περίθαλψη. Διαγράμματα, κινούμενα σχέδια και εννοιολογικά μοντέλα βοηθούν τους μαθητές να οπτικοποιήσουν δομές που δεν μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα.





	- Ανάλυση Αναγκών: Οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν τις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών σχετικά με την κλίμακα, τα κύτταρα και τις βασικές βιοϊατρικές τεχνολογίες. Οι μαθητές μοιράζονται τις αρχικές τους ιδέες σχετικά με το πώς τα φάρμακα ταξιδεύουν μέσα στο σώμα και συζητούν πιθανές παρανοήσεις σχετικά με τη νανοτεχνολογία, όπως η σύγχυση μεταξύ των διαστάσεων μικρο- και νανοκλίμακας.
Εκτελώ	- Υλοποίηση Προγράμματος Σπουδών: Οι μαθητές μελετούν πώς σχεδιάζονται και χρησιμοποιούνται τα νανοσωματίδια σε στοχευμένα συστήματα χορήγησης φαρμάκων. Μέσω καθοδηγούμενων δραστηριοτήτων και φύλλων εργασίας, αναλύουν τη δομή και τη λειτουργία διαφορετικών τύπων νανοσωματιδίων (νανοσωματίδια χρυσού, νανοσωλήνες άνθρακα, λιπосώματα) και εξερευνούν πώς τα φάρμακα μπορούν να φορτωθούν και να απελευθερωθούν σε συγκεκριμένες θέσεις-στόχους.. - Διαδραστικές ασκήσεις: Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες για να ολοκληρώσουν δομημένες μαθησιακές δραστηριότητες, όπως η ταξινόμηση βιολογικών δομών κατά μέγεθος, η αντιστοίχιση τύπων νανοσωματιδίων με τις λειτουργίες τους και η περιγραφή των σταδίων χορήγησης φαρμάκων από νανοσωματίδια. Οι ομάδες αναλύουν από κοινού μελέτες περιπτώσεων θεραπειών για τον καρκίνο με βάση τα νανοσωματίδια. - Συλλογή σχολίων: Οι μαθητές παρουσιάζουν τα ευρήματά τους στην τάξη και συζητούν τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς της νανοϊατρικής. Οι εκπαιδευτικοί καθοδηγούν τον αναστοχασμό σχετικά με το πώς οι στοχευμένες θεραπείες μπορούν να μειώσουν τις παρενέργειες σε σύγκριση με τις παραδοσιακές θεραπείες. Η συζήτηση μεταξύ ομοτίμων βοηθά στην αποσαφήνιση παρανοήσεων και στην ενίσχυση βασικών εννοιών.
Επαυξάνω	- Ενσωμάτωση AR: Οι μαθητές χρησιμοποιούν μια εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) για να απεικονίσουν νανοδομές και διαδικασίες που εμπλέκονται στη νανοϊατρική. Η εμπειρία AR περιλαμβάνει σκηνές που δείχνουν συγκρίσεις μεγέθους σε νανοκλίμακα, τύπους νανοσωματιδίων και τον μηχανισμό στοχευμένης χορήγησης φαρμάκων στο σώμα. - Διαδραστική Μάθηση: Μέσω προσομοιώσεων AR, οι μαθητές παρατηρούν πώς τα νανοσωματίδια κινούνται μέσω των αιμοφόρων αγγείων, συνδέονται με συγκεκριμένους υποδοχείς στα καρκινικά κύτταρα και απελευθερώνουν φάρμακα σε ιστούς-στόχους. Μπορούν να χειριστούν μεταβλητές όπως ο τύπος των νανοσωματιδίων ή ο μηχανισμός απελευθέρωσης φαρμάκων και να παρατηρήσουν τις αλλαγές που προκύπτουν. Παιχνιδοποιημένο Περιεχόμενο: - Πόντοι και Εμβλήματα: Οι μαθητές κερδίζουν πόντους και ψηφιακά badges απαντώντας σωστά στις ερωτήσεις του κουίζ AR, αναγνωρίζοντας τύπους νανοσωματιδίων και ολοκληρώνοντας μαθησιακές δραστηριότητες που σχετίζονται με τη νανοϊατρική. - Αποστολές και Επίπεδα: Οι ομάδες ολοκληρώνουν προοδευτικές προκλήσεις AR, όπως η αναγνώριση δομών νανοκλίμακας, η εξήγηση των σταδίων χορήγησης φαρμάκων και η επίλυση σεναρίων που βασίζονται σε περιπτώσεις και σχετίζονται με τη θεραπεία του καρκίνου. - Ανταμοιβές για Εξερεύνηση: Πρόσθετοι βαθμοί απονέμονται όταν οι μαθητές εντοπίζουν νέες εφαρμογές της νανοτεχνολογίας στον πραγματικό κόσμο στην ιατρική ή προτείνουν καινοτόμες ιδέες για μελλοντικές νανοϊατρικές τεχνολογίες. - Συνεργατικές Παιχνιδοποιημένες Εργασίες: Οι ομάδες συνεργάζονται για την επίλυση αποστολών που βασίζονται στην επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), όπως ο σχεδιασμός ενός αποτελεσματικού συστήματος χορήγησης φαρμάκων από





	νανοσωματίδια ή η επιλογή του καταλληλότερου τύπου νανοσωματιδίων για ένα συγκεκριμένο ιατρικό πρόβλημα.
	Αξιολογήσεις που βασίζονται σε AR: Οι μαθητές επιδεικνύουν την κατανόησή τους ολοκληρώνοντας εργασίες με καθοδήγηση από επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και συντάσσοντας σύντομες αναφορές που εξηγούν πώς τα νανοσωματίδια αλληλεπιδρούν με τα βιολογικά συστήματα και πώς λειτουργούν οι στοχευμένες θεραπείες.

Αναφορές

Γουάιτσαϊντς, Γ. (2018). *Νανοεπιστήμη και Νανοτεχνολογία*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Χάρβαρντ.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2022). *Νανοτεχνολογία στην Υγειονομική Περίθαλψη*.

De Jong, W. H., & Borm, P. J. A. (2008). Χορήγηση φαρμάκων και νανοσωματίδια: Εφαρμογές και κίνδυνοι. Διεθνές Περιοδικό Νανοϊατρικής.

Kumar, M., & Pathak, D. (2025). Συστήματα χορήγησης νανογαλακτωμάτων βασισμένα στη νανοτεχνολογία για στοχευμένη χορήγηση φαρμάκων. Φαρμακευτική Νανοτεχνολογία.

Ashraf, M., Zulfiqar, F., & Ijaz, U. (2025). Εφαρμογές νανοσωματιδίων σε νέα συστήματα χορήγησης φαρμάκων. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences

Peer, D. et al. (2007). Νανοφορείς ως αναδυόμενη πλατφόρμα για τη θεραπεία του καρκίνου. Nature Nanotechnology.

Ferrari, M. (2005). Νανοτεχνολογία καρκίνου: Ευκαιρίες και προκλήσεις. Nature Reviews Cancer.

Freitas, R. (2005). Νανοϊατρική, Τόμος I: Βασικές Δυνατότητες. Landes Bioscience.

Εθνική Πρωτοβουλία Νανοτεχνολογίας (NNI). (2023). Νανοτεχνολογία και ιατρική.

Δίκτυο NISE. Εισαγωγή στη Νανοϊατρική - Εκπαιδευτικό βίντεο.

Uchegbu, I. (2024). Πρόοδοι στα συστήματα χορήγησης φαρμάκων νανοτεχνολογίας. Συνέδριο ELRIG Drug Discovery.

<https://www.delightex.com/>

<https://www.eu-jer.com/applying-augmented-reality-technology-in-stem-education-a-bibliometrics-analysis-in-scopus-database>





Co-funded by
the European Union

<https://www.mitrmedia.com/resources/blogs/exploring-the-role-of-ar-in-education-transforming-stem-learning-for-k12-students/>

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

"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."





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: 2023-1-DE03-KA220-SCH-00026516

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.