

# Επιστημονικές εξελίξεις στον τομέα της Νανοτεχνολογίας και η προοπτική της συμβολής των ερευνητικών κέντρων στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών

## Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι επιστημονικές δραστηριότητες του Ινστιτούτου Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (INN) του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», καθώς και η εμπειρία των ερευνητών μέσα από οργανωμένες δράσεις προβολής των επιστημονικών αποτελεσμάτων και ενημέρωσης του κοινού (εκπαιδευτικές δράσεις σε μεταπτυχιακούς φοιτητές, επισκέψεις σχολείων, παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού). Επίσης, συζητώνται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την Ημερίδα με τίτλο «Νανοτεχνολογία και Εκπαίδευση», μια συνάντηση επιστημόνων από διαφορετικούς ακαδημαϊκούς τομείς και επιστημονικά πεδία με σκοπό την ορθή και αποδοτική προβολή, επικοινωνία και διάχυση των επιτευγμάτων της Νανοτεχνολογίας μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων και δραστηριοτήτων. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η προώθηση της συνεργασίας του INN με εκπαιδευτικούς φορείς για την περαιτέρω αξιοποίηση της υπάρχουσας εμπειρίας στην προβολή των δραστηριοτήτων και επιτευγμάτων του, σε εκπαιδευτικές δράσεις με αντικείμενο την νανοτεχνολογία.

## Abstract

This paper presents the scientific advances in nanotechnology, through the research achievements and activities of the Institute of Nanoscience and Nanotechnology (INN), NCSR "Demokritos". It also presents the researchers' experience through organized activities of promoting scientific results and public information (educational activities for graduate students, school visits, and production of educational material). Moreover, we discuss the conclusions of the "Nanotechnology and Education" Conference held at NCSR "Demokritos", a meeting of scientists from different academic fields and disciplines aiming at the efficient projection, communication and diffusion of nanotechnology achievements through training programs and other educational activities. The overall aim of this paper is to promote the collaboration between INN, educational and training institutes or partners, through the dissemination and promotion of the research achievements in the field of nanotechnology.

## 1. Εισαγωγή: Το Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος»

Το Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δ» έχει ως κύριο στόχο των δραστηριοτήτων του τη διεξαγωγή υψηλού επιπέδου θεωρητικής και εφαρμοσμένης έρευνας. Ταυτόχρονα, οι Εκπαιδευτικές δραστηριότητες αποτελούν έναν παράλληλο στόχο του Κέντρου, από την ίδρυσή του μέχρι και σήμερα. Στον τομέα της Εκπαίδευσης, βασική προτεραιότητα του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δ» είναι η δημιουργία υψηλής στάθμης εκπαιδευτικών δράσεων σε επίπεδο μεταπτυχιακών σπουδών, επαγγελματικής κατάρτισης, ενημέρωσης και συνεχιζόμενης κατάρτισης, οι οποίες απευθύνονται σε προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές, μαθητές, εξειδικευμένες ομάδες αλλά και στο ευρύ κοινό.

Οι εκπαιδευτικές δράσεις του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δ» βασίζονται κατά κύριο λόγο στον εθελοντισμό και στην προθυμία του ανθρώπινου δυναμικού του να διαδώσει τα

επιστημονικά επιτεύγματα των ερευνητικών εργαστηρίων που απαρτίζουν τα Ινστιτούτα του Κέντρου, σε σημαντικούς τομείς των φυσικών επιστημών, αλλά και στην ειδική και σε πολλές περιπτώσεις μοναδική εργαστηριακή υποδομή του. Στα 52 χρόνια λειτουργίας του, το Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δ» έχει υποστηρίξει στον τομέα της εκπαίδευσης:

- πάνω από 1500 διδακτορικές διατριβές,
- 500 δράσεις μετεκπαίδευσης καθηγητών μέσης εκπαίδευσης,
- 230 προγράμματα κατάρτισης αποφοίτων ΤΕΙ και τεχνικών σχολών σε τεχνολογίες αιχμής,
- 2500 διαλέξεις σε μαθητές Λυκείου,

Επίσης, Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δ» δέχεται, μέσω διαφορετικών εκδηλώσεων, πάνω από 5000 επισκέπτες ετησίως για ενημέρωση και ξενάγηση στο χώρο και τις εργαστηριακές εγκαταστάσεις του.

## **2. Το Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης & Νανοτεχνολογίας**

Ο ρόλος του Ινστιτούτου Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (INN) στην εκπαίδευση, σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο, είναι ιδιαίτερα σημαντικός, αφενός λόγω της ποιότητας των ερευνητικών αποτελεσμάτων και αφετέρου, λόγω της μοναδικότητας της τεχνογνωσίας, των υποδομών και του εξοπλισμού που διαθέτει.

Στην προσπάθεια ενίσχυσης της συνέργειας των ερευνητικών και των εκπαιδευτικών δράσεων, ως προϋπόθεση για τη συνεχή παραγωγή υψηλής ποιότητας ερευνητικού έργου και τη διάχυση της επιστημονικής γνώσης, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις εκπαιδευτικές δράσεις του Ινστιτούτου που αφορούν τόσο τους προπτυχιακούς όσο και τους μεταπτυχιακούς φοιτητές των σχολών θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης. Οι δράσεις υλοποιούνται σε συνεργασία με ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα και στο εξωτερικό και αφορούν κατά κύριο λόγο στην εκπόνηση:

- πρακτικής άσκησης
- πτυχιακής εργασίας
- μεταπτυχιακού διπλώματος εξειδίκευσης και
- διδακτορικής διατριβής

Ταυτόχρονα, η επιτροπή εκπαίδευσης του INN διοργανώνει σε τακτά διαστήματα επιστημονικές διαλέξεις με στόχο την ενημέρωση των ερευνητών και των μεταπτυχιακών φοιτητών για τις τρέχουσες ερευνητικές δραστηριότητες και επιστημονικές εξελίξεις, την πρόοδο των φοιτητών και την πορεία των ερευνητικών συνεργασιών. Επίσης, λαμβάνουν χώρα οργανωμένες δράσεις προβολής των επιστημονικών αποτελεσμάτων και ενημέρωσης του κοινού (όπως π.χ. η Βραδιά του Ερευνητή), εκπαιδευτικές δράσεις που απευθύνονται σε μεταπτυχιακούς φοιτητές (οργανωμένα μεταπτυχιακά και διδακτορικά προγράμματα), επισκέψεις σχολείων όλων των βαθμίδων και την ξενάγησή τους στο Κέντρο, αλλά και τη συμμετοχή ερευνητών του INN σε ερευνητικά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης με στόχο την παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού. Ομιλητές είναι οι ερευνητές και οι διδακτορικοί φοιτητές του INN, καθώς και επιστημονικοί συνεργάτες των ερευνητικών ομάδων από την Ελλάδα και το εξωτερικό.

Οι κυριότερες εξελίξεις στον τομέα της νανοτεχνολογίας, όπως αυτές αποτυπώνονται στις δραστηριότητες και στα επιτεύγματα των εργαστηρίων του INN (Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας, 2017), που θα μπορούσαν - κατόπιν επεξεργασίας - να αποτελέσουν αντικείμενο εκπαιδευτικών δράσεων παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

- Σχεδίαση μέσω μεθόδων θεωρητικής χημείας και σύνθεση νανοσωματιδίων ως φορείς φαρμακευτικών ουσιών για την στοχευμένη αποτελεσματική θεραπεία ασθενειών και την δέσμευση τοξικών χημικών ενώσεων.
- Νανοϋλικά με εφαρμογές στην ανάπτυξη κβαντικών υπολογιστών.
- Χρήση μεθόδων στατιστικής μηχανικής στην διερεύνηση της δομικής και δυναμικής πολυπλοκότητας νανοϋλικών με εφαρμογές στην ιατρική, βιοπληροφορική και τεχνολογία νανο-πορωδών υλικών.
- Επιλεκτική επιφανειακή τροποποίηση νανοσωματιδίων και σχεδιασμός ανόργανων νανοδιασπορών για την ενίσχυση της δομής των πορωδών υλικών.
- Παραγωγή θερμομονωτικών βαφών θερμών χρωμάτων, μέσω ελεγχόμενης στοίβαξης νανοσωματιδίων και δημιουργίας επιπέδων επιλεκτικής ανάκλασης.
- Φωτο-επαγόμενες διεργασίες νανοτεχνολογίας με στόχο τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, την προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας: Ηλιακές κυψελίδες (ευαίσθητοποιημένων ημιαγωγών, κβαντικών τελειών και περοβσκιτών), ανάπτυξη νανοδομημένων φωτοκαταλυτών για αντιρρυπαντικές τεχνολογίες αέρος/υδάτων, φωτοεπαγόμενη υπερυδροφιλικότητα, καταστροφή καρκινικών κυττάρων, αποθήκευση και μετατροπή CO<sub>2</sub>.
- Βιομιμητική σύνθεση και ανάπτυξη υβριδικών οργανικών / ανόργανων νανοσωματιδίων και νανوسύνθετων υλικών για βιομηχανικές εφαρμογές (αντιβακτηριακοί παράγοντες, αντιρρυπαντικά επιχρίσματα θαλάσσιων σκαφών).
- Ανάπτυξη δομικών και λειτουργικών νανο-και μικρο-δομημένων υλικών για την προστασία του περιβάλλοντος (νέοι καταλύτες για ξηρά αναμόρφωση CH<sub>4</sub> και οξείδωση CO και αιθάλης) και για την προστασία διαστημικών σκαφών σε ακραία θερμικά περιβάλλοντα.
- Ανάπτυξη μεμβρανών και νανοποροδών υλικών για διαχωρισμούς και αποθήκευση αερίων και κατάλυση.
- Σύνθεση μαγνητικών νανοσωματιδίων για θεραπευτικούς, διαγνωστικούς σκοπούς και ενεργειακές εφαρμογές.
- Σύνθεση και τροποποίηση νανοσωληνιδίων άνθρακα, γραφενίων και διασδιάστατων (2D) υλικών για ενεργειακές εφαρμογές.
- Ανάπτυξη μονοδιάστατων (1D) και δισδιάστατων (2D) φωτοκαταλυτών για οξείδωση υγρών και αέριων ρύπων.
- Ηλεκτρονικές διατάξεις (τρανζίστορες, διατάξεις ηλεκτρονικής μνήμης, παθητικές διατάξεις RF (κυματοδηγί, κεραίες, φίλτρα), φωτοβολταϊκές διατάξεις, διατάξεις φωτοεκπομπής).
- Αισθητήρες (θερμικοί, χημικοί, μηχανικοί), θερμοηλεκτρικές διατάξεις, διατάξεις συλλογής ενέργειας, μικρορευστομηχανικές διατάξεις, βιοαισθητήρες.
- Συστήματα μέτρησης ροής, σύστασης αερίων, βιοσυστήματα, θερμοηλεκτρικές γεννήτριες, ηλιακά.

### 3. Συμπεράσματα: Δράσεις προβολής και εκπαίδευσης

Οι ερευνητικές δραστηριότητες και τα επιτεύγματα του INN προβάλλονται, μέσω επιλεγμένων διαλέξεων, στο θερινό σχολείο που οργανώνεται κάθε χρόνο από στο ΕΚΕΦΕ “ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ”, με στόχο την ενημέρωση κυρίως των πτυχιούχων ή

τελειόφοιτων ΑΕΙ/ΤΕΙ για τις τελευταίες εξελίξεις της έρευνας, τόσο στο INN όσο και σε διεθνές επίπεδο. Επιπλέον, τα επιτεύγματα των ερευνητών αλλά και αρκετές από τις βασικές αρχές που διέπουν τη λειτουργία γνωστών και προσφιλών τεχνολογικών εφαρμογών παρουσιάζονται με εκλαϊκευμένο τρόπο στο ευρύ κοινό, στις ετήσιες εκδηλώσεις για τη «Βραδιά του Ερευνητή».

Η συσσωρευμένη πλέον εμπειρία του INN/ ΕΚΕΦΕ «Δ» σε εκπαιδευτικά προγράμματα/ πειράματα για παιδιά, η συμμετοχή σε προγράμματα δημιουργίας εκπαιδευτικού υλικού για μαθητές, φοιτητές και εκπαιδευτικούς η συμμετοχή σε δράσεις διάχυσης γνώσης στο ευρύ κοινό (π.χ. βραδιά ερευνητή) δημιουργούν πλέον τις συνθήκες για την συνεργασία του INN με τα εκπαιδευτικά ιδρύματα και τμήματα που έχουν ως αντικείμενο τη διδακτική των φυσικών επιστημών, με στόχο τη δημιουργία κοινών δράσεων εκπαίδευσης και παραγωγής εκπαιδευτικού υλικού για τους καθηγητές της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και τους μαθητές.

Σε αυτή την κατεύθυνση συντείνουν και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διοργάνωση της ημερίδας «Νανοτεχνολογία και Εκπαίδευση», που διοργάνωσε το καλοκαίρι του 2016 η Επιτροπή Εκπαίδευσης και Κατάρτισης του INN. Η ημερίδα διοργανώθηκε με κίνητρο το ενδιαφέρον των ερευνητών του INN για την ορθή και αποδοτική προβολή, επικοινωνία και διάχυση των επιτευγμάτων της Νανοτεχνολογίας μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων και άλλων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Ευρύτερος στόχος της Ημερίδας ήταν η συνάντηση επιστημόνων από διαφορετικούς ακαδημαϊκούς τομείς και επιστημονικά πεδία, η ανάπτυξη μιας κοινής γλώσσας επικοινωνίας και εν συνεχεία, η διερεύνηση του τρόπου συνεργασίας τους, για τη δημιουργία:

- εκπαιδευτικών δράσεων γύρω από τις δραστηριότητες και τα επιτεύγματα του INN στη νανοτεχνολογία
- σύγχρονου εποπτικού και εκπαιδευτικού υλικού, καθώς και
- συνεργασιών για την ενημέρωση και κατάρτιση των καθηγητών της Α/θμιας και Β/θμιας εκπαίδευσης, που θα υποστηρίζουν δυναμικά το εκπαιδευτικό πρόγραμμα των σχολείων.

Στη συζήτηση που έκλεισε την εκδήλωση προβλήθηκε η ιδέα της συστηματικής συμμετοχής και συμβολής του INN σε εκπαιδευτικές δράσεις που αφορούν στη νανοτεχνολογία, όπως:

- Εκπαιδευτικά προγράμματα για τα σχολεία διαφοροποιημένα ανάλογα με την ηλικία των παιδιών.
- Εργαστήρια νανοτεχνολογίας για εκπαιδευτικούς
- Συνδιοργάνωση μεταπτυχιακών προγραμμάτων ή εκπαιδευτικών κύκλων, σε συνεργασία με Εκπαιδευτικά Τμήματα Πανεπιστημίων.
- Συμμετοχή σε κοινά ευρωπαϊκά προγράμματα.
- Σεμινάρια επιμόρφωσης δημοσιογράφων που δραστηριοποιούνται στο χώρο της επιστημονικής δημοσιογραφίας

Στις παραπάνω δραστηριότητες το INN θα μπορούσε να συνεισφέρει συμπληρωματικά στις δράσεις των Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων της χώρας, με βασικό σημείο εκκίνησης το υψηλό επίπεδο των παραγόμενων ερευνητικών, την πολυδιάστατη δραστηριότητά του και τα μοναδικά για τα ελληνικά δεδομένα χαρακτηριστικά του, όπως:

- Σύγχρονο και σε αρκετές περιπτώσεις μοναδικό τεχνολογικό εξοπλισμό Εθνικής εμβέλειας.
- Άριστα εκπαιδευμένο και υψηλής επιστημονικής στάθμης προσωπικό.

## **Βιβλιογραφία**

Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας, 2017,  
(<https://inn.demokritos.gr/en/programs/>)