

2018 8<sup>ο</sup> Συνέδριο ΕΛΕΜΒΙΟ

**Τα βιοϋλικά στη θεραπευτική αγωγή:  
Θεραπεία καρκίνου**

Δρ. Νεφέλη Λαγοπάτη, Ερευνήτρια  
Εργαστήριο Ιστολογίας-Εμβρυολογίας, Ερευνητική Ομάδα  
Μοριακής Καρκινογένεσης, Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ 2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών προγραμμάτων» (ΠΣΕ 5025323), που υλοποιεί το Μέτρο Κατακλιμακίου (ΠΣΕ).

**Νανοτεχνολογία**

Έρευνα και ανάπτυξη σε ατομικό, μοριακό ή μακρομοριακό επίπεδο, στην κλίμακα 1-100 nm.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ 2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών προγραμμάτων» (ΠΣΕ 5025323), που υλοποιεί το Μέτρο Κατακλιμακίου (ΠΣΕ).

**Νανοτεχνολογία**

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ 2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών προγραμμάτων» (ΠΣΕ 5025323), που υλοποιεί το Μέτρο Κατακλιμακίου (ΠΣΕ).

**Νανοτεχνολογία**

Ανάπτυξη και χρήση διατάξεων και συστημάτων με καινοτόμες ιδιότητες (νανοκινητήρες, νανορομπότ, sensors, biochips κ.ά.).

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ 2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών προγραμμάτων» (ΠΣΕ 5025323), που υλοποιεί το Μέτρο Κατακλιμακίου (ΠΣΕ).

**Νανοτεχνολογία, ένας διεπιστημονικός κλάδος**

- Επιστήμη Υλικών
- Εφαρμοσμένη Φυσική
- Υπερμοριακή Χημεία
- Ηλεκτρονική
- Φυσική των διατάξεων
- Ρομποτική
- Χημική Μηχανική
- Βιολογία - Ιατρική
- κ.ά.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ 2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών προγραμμάτων» (ΠΣΕ 5025323), που υλοποιεί το Μέτρο Κατακλιμακίου (ΠΣΕ).

**Εφαρμογές Νανοτεχνολογίας**

- Ηλεκτρονική - Τηλεπικοινωνίες
- Πληροφορική
- Επιστήμη Υλικών
- Διαστημική
- Αεροναυπηγική - Αυτοκινητοβιομηχανία
- Στρατιωτικός Εξοπλισμός
- Βιοτεχνολογία
- Ιατρική - Φαρμακευτική
- Ενέργεια - Περιβάλλον

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ 2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών προγραμμάτων» (ΠΣΕ 5025323), που υλοποιεί το Μέτρο Κατακλιμακίου (ΠΣΕ).

**Νανοτεχνολογία**

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ 2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών προγραμμάτων» (ΠΣΕ 5025323), που υλοποιεί το Μέτρο Κατακλιμακίου (ΠΣΕ).

## Νανοδομές / Νανούλικά

Βιοσυμβατά

(Κυτταρο)τοξικά

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

**ΕΣΠΑ**  
2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» από το οποίο το 75% είναι εθνική μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) και το 25% είναι Ευρωπαϊκή μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) (MIS-5020352), που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήπιερτητας (RF).

9

## Νανοτεχνολογία στην Ιατρική

Η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στην ιατρική είναι εμφανής, καθώς νέα νανούλικά δίνουν ελπίδες για τη θεραπεία της καρκινικής νόσου, νεφρικής ανεπάρκειας και καρδιακών παθήσεων.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

**ΕΣΠΑ**  
2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» από το οποίο το 75% είναι εθνική μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) και το 25% είναι Ευρωπαϊκή μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) (MIS-5020352), που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήπιερτητας (RF).

10

## Νανοτεχνολογία στην Ιατρική

Νανοδομημένα χρυσά ή μαγνητικά νανοδομημένα, θα στοχεύουν σε καρκινικά κύτταρα και θα καταστρέφουν τον αρχικό όγκο, χωρίς να επιβαρύνουν τα υγιή κύτταρα.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

**ΕΣΠΑ**  
2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» από το οποίο το 75% είναι εθνική μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) και το 25% είναι Ευρωπαϊκή μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) (MIS-5020352), που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήπιερτητας (RF).

11

## Νανοτεχνολογία στην Ιατρική

Τεχνητά όργανα από νανούλικά αναμένεται να χρησιμοποιηθούν σε μεταμοσχεύσεις.

Μεμβράνες, νανοδομημένες θα μπορούν να αντικαταστήσουν τις μεμβράνες των νεφρών που έχουν καταστραφεί είτε από υπέρταση είτε από σακχαρώδη διαβήτη.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

**ΕΣΠΑ**  
2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» από το οποίο το 75% είναι εθνική μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) και το 25% είναι Ευρωπαϊκή μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) (MIS-5020352), που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήπιερτητας (RF).

12

## Νανοτεχνολογία στην Ιατρική

Η εξουδετέρωση των νεκρών κυττάρων για την επούλωση μιας πληγής με οργανικά νανοδομημένα.

Νανο-σπρί θα κλείνουν μέσα σε λίγες ώρες τις πληγές και τη ροή του αίματος.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

**ΕΣΠΑ**  
2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» από το οποίο το 75% είναι εθνική μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) και το 25% είναι Ευρωπαϊκή μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) (MIS-5020352), που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήπιερτητας (RF).

13

## Άλλες ιατρικές εφαρμογές

- ⊕ Παράγοντες οστικής πλήρωσης
- ⊕ Επιστρώματα μοσχευμάτων
- ⊕ Αντιπληγματική Προστασία
- ⊕ Μεταφορείς φαρμάκων
- ⊕ Αντιμικροβιακές εφαρμογές
- ⊕ Βιο-αυτοκόλλητα
- ⊕ Εισπνεύσιμη Ινσουλίνη με νανοσφαίρες

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

**ΕΣΠΑ**  
2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» από το οποίο το 75% είναι εθνική μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) και το 25% είναι Ευρωπαϊκή μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) (MIS-5020352), που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήπιερτητας (RF).

14

## Άλλες ιατρικές εφαρμογές

- ⊕ Παράγοντες αντίθεσης (σκιαγραφικά) για μοριακή απεικόνιση με MRI

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

**ΕΣΠΑ**  
2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» από το οποίο το 75% είναι εθνική μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) και το 25% είναι Ευρωπαϊκή μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) (MIS-5020352), που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήπιερτητας (RF).

15

## Εναλλακτικές Μορφές Θεραπείας Καρκίνου

Βιοσυμβατό  
Νανούλικο

Χειρουργία

Κυτταροτοξική  
Δράση

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

**ΕΣΠΑ**  
2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» από το οποίο το 75% είναι εθνική μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) και το 25% είναι Ευρωπαϊκή μερίδα (ανάλογα με τον κλάδο) (MIS-5020352), που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήπιερτητας (RF).

16



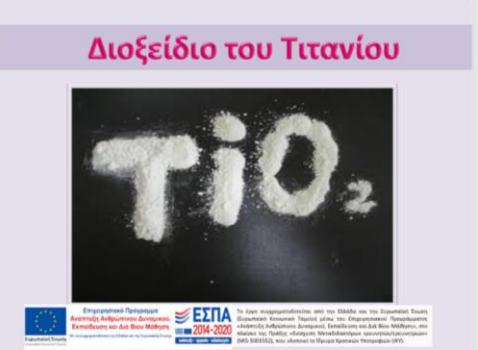
## Διοξείδιο του Τιτανίου (TiO<sub>2</sub>)



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση (Επένδυση στην Επένδυση) 2014-2020. Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Πράξης «Επένδυση στην Επένδυση» (ανάπτυξη, εκπαίδευση και διά βίου μάθηση) με κωδικό MIS 5030252, που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήρωσης (MKS).

17

## Διοξείδιο του Τιτανίου



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση (Επένδυση στην Επένδυση) 2014-2020. Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Πράξης «Επένδυση στην Επένδυση» (ανάπτυξη, εκπαίδευση και διά βίου μάθηση) με κωδικό MIS 5030252, που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήρωσης (MKS).

18

## Διοξείδιο του Τιτανίου (χαρακτηριστικά)

Χρώμα	Συνήθως Λευκό
Μορφή	Κρυσταλλικό Στερεό
Μοριακός Τύπος	TiO <sub>2</sub>
Πυκνότητα	4.23 g/cm <sup>3</sup>

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση (Επένδυση στην Επένδυση) 2014-2020. Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Πράξης «Επένδυση στην Επένδυση» (ανάπτυξη, εκπαίδευση και διά βίου μάθηση) με κωδικό MIS 5030252, που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήρωσης (MKS).

19

## Διοξείδιο του Τιτανίου (εφαρμογές)

- σε διηλεκτρικούς καθρέπτες
- πολύτιμους λίθους
- χρώματα, πλαστικά, χαρτιά, μελάνια
- τρόφιμα, καλλυντικά, αντιηλιακά, φάρμακα
- ηλιακές κυψελίδες (τύπου Graetzel)
- αεροναυπηγική

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση (Επένδυση στην Επένδυση) 2014-2020. Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Πράξης «Επένδυση στην Επένδυση» (ανάπτυξη, εκπαίδευση και διά βίου μάθηση) με κωδικό MIS 5030252, που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήρωσης (MKS).

20

## Διοξείδιο του Τιτανίου (βιοϊατρικές εφαρμογές)


- τεχνητά εμφυτεύματα οστών
- τεχνητά μέλη
- οδοντιατρική
- αρτηριακά stents, βαλβίδες



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση (Επένδυση στην Επένδυση) 2014-2020. Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Πράξης «Επένδυση στην Επένδυση» (ανάπτυξη, εκπαίδευση και διά βίου μάθηση) με κωδικό MIS 5030252, που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήρωσης (MKS).

21

## Μονωτές - Αγωγοί - Ημιαγωγοί



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση (Επένδυση στην Επένδυση) 2014-2020. Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Πράξης «Επένδυση στην Επένδυση» (ανάπτυξη, εκπαίδευση και διά βίου μάθηση) με κωδικό MIS 5030252, που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Ήρωσης (MKS).

22

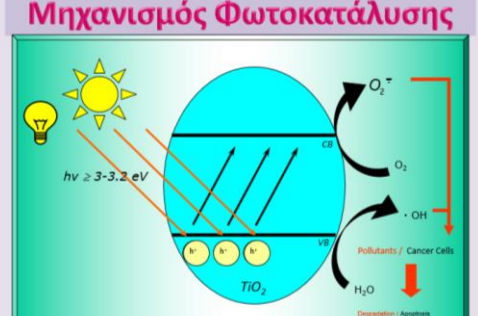
## Φωτοκατάλυση

«φωτοκατάλυση είναι η επιτάχυνση μιας φωτοαντίδρασης από την παρουσία ενός καταλύτη»  
Mills and Hunte, 1997  
N. Seprone and A.V. Emeline, 2002

«διαδικασία παραγωγής οξειδωτικών ριζών (κυρίως ·OH) από υδατικό μέσο, παρουσία ενός στερεού (ετερογενούς) καταλύτη και φωτός συγκεκριμένου μήκους κύματος»  
K.T. Pickering 1997  
R.J. Bull 2001

23

## Μηχανισμός Φωτοκατάλυσης



24

## Χαρακτηριστικά Ιδανικού Φωτοκαταλύτη

- ☉ φωτοενεργός
- ☉ ικανός να αξιοποιεί μεγάλο μέρος του φάσματος της η/μ ακτινοβολίας
- ☉ σταθερός
- ☉ χαμηλού κόστους
- ☉ μη τοξικός

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΕΣΠΑ 2014-2020  
Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Πράξης «Εξέλιξη Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών ερευνητών» (MIS-5001512), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

25

## Φωτοκαταλυτικές Εφαρμογές $TiO_2$



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΕΣΠΑ 2014-2020  
Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Πράξης «Εξέλιξη Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών ερευνητών» (MIS-5001512), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

26

## Συμβατικές Θεραπείες

- ☑ ελέγχουν τον πολλαπλασιασμό των καρκινικών κυττάρων
- ☑ επάγουν κυτταρικό θάνατο μέσω του μηχανισμού της απόπτωσης

### Στόχοι!!!

Αύξηση του προγραμματισμένου κυτταρικού θανάτου στα κύτταρα του όγκου και/ή μείωση της αντοχής των νεοπλασματικών κυττάρων στις διάφορες μορφές θεραπείας.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΕΣΠΑ 2014-2020  
Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Πράξης «Εξέλιξη Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών ερευνητών» (MIS-5001512), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

27

## ΣΚΟΠΟΣ

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΕΣΠΑ 2014-2020  
Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Πράξης «Εξέλιξη Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών ερευνητών» (MIS-5001512), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

28

## Σκοπός

Ανάπτυξη νανοσωματιδίων  $TiO_2$  χημικά τροποποιημένα με άργυρο, με την ιδιότητα να εμφανίζουν αντικαρκινική δράση, μέσω του μηχανισμού πρόκλησης οξειδωτικού στρες, μετά από ενεργοποίηση με ορατή ακτινοβολία.

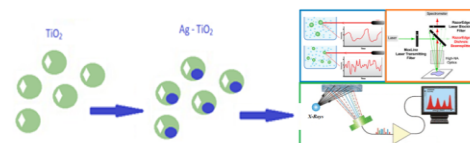
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΕΣΠΑ 2014-2020  
Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Πράξης «Εξέλιξη Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών ερευνητών» (MIS-5001512), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

29

## Σχηματική Αναπαράσταση

### Φάση 1

Σύνθεση  $TiO_2$  – Χημική τροποποίηση με Ag – Χαρακτηρισμός



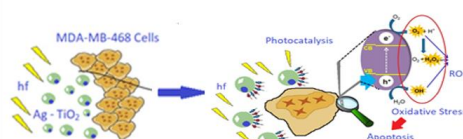
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΕΣΠΑ 2014-2020  
Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Πράξης «Εξέλιξη Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών ερευνητών» (MIS-5001512), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

30

## Σχηματική Αναπαράσταση

### Φάση 2

Αντικαρκινική δράση χημικά τροποποιημένων με άργυρο νανοσωματιδίων  $TiO_2$  σε καρκινικά επιθηλιακά κύτταρα μαστού.



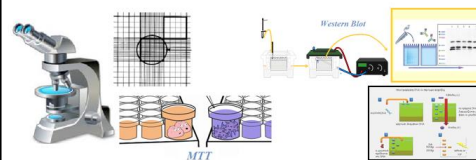
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΕΣΠΑ 2014-2020  
Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Πράξης «Εξέλιξη Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών ερευνητών» (MIS-5001512), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

31

## Σχηματική Αναπαράσταση

### Φάση 3

Βιολογική δράση Ag-doped  $TiO_2$   
Τεστ κυτταροτοξικότητας  
Τεστ Ελέγχου Απόπτωσης



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
ΕΣΠΑ 2014-2020  
Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Πράξης «Εξέλιξη Μεταδιδακτορικών μεταπτυχιακών ερευνητών» (MIS-5001512), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

32

## Μέθοδοι & Αποτελέσματα Μέρος Α'

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση - Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών ερευνητικών/εργαστηριακών» (MIS 5001552), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

33

## Σύνθεση Ag-doped TiO<sub>2</sub>

Σύνθεση Ag-doped TiO<sub>2</sub>

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση - Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών ερευνητικών/εργαστηριακών» (MIS 5001552), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

34

## Η ανάγκη για χημική τροποποίηση

- Η χημική τροποποίηση με μεταλλικά ιόντα βελτιώνει τη φωτοκαταλυτική απόδοση του TiO<sub>2</sub>
- Μείωση της επανασύνδεσης ηλεκτρονίων - οπών
- Καλύτερος διαχωρισμός και ισχυρότερες φωτοκαταλυτικές αντιδράσεις
- Ο άργυρος αυξάνει τη βιολογική δραστηριότητα του TiO<sub>2</sub>
- Αντιβακτηριακές ιδιότητες
- Ικανότητα φωτο-ενεργοποίησης με ορατό φως (και UV)

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση - Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών ερευνητικών/εργαστηριακών» (MIS 5001552), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

35

## Χαρακτηρισμός Ag-doped TiO<sub>2</sub> (εκτίμηση μεγέθους)

Dynamic light scattering - (DLS) - 25°C

Size peak: 130 nm  
Zeta potential ZP= (-14.8±8) mV

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση - Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών ερευνητικών/εργαστηριακών» (MIS 5001552), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

36

## Χαρακτηρισμός Ag-doped TiO<sub>2</sub> (εκτίμηση κρυσταλλικής φάσης - Raman)

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση - Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών ερευνητικών/εργαστηριακών» (MIS 5001552), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

37

## Χαρακτηρισμός Ag-doped TiO<sub>2</sub> (εκτίμηση μοριακής δομής- XRD)

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση - Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών ερευνητικών/εργαστηριακών» (MIS 5001552), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

38

## Characterization of Ag-doped TiO<sub>2</sub> SEM (Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης)

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση - Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών ερευνητικών/εργαστηριακών» (MIS 5001552), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

39

## Μέθοδοι & Αποτελέσματα Μέρος Β'

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση - Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Ένταξης «Επένδυση Μεταδιδακτορικών ερευνητικών/εργαστηριακών» (MIS 5001552), που υλοποιεί το Μέτρο Κρατικών Υποτροφιών (ΚΥ).

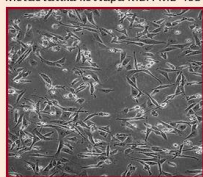
40



## Κυτταρική Καλλιέργεια

Καρκινικά επιθηλιακά κύτταρα μαστού

Μεταστατικά κύτταρα MDA-MB-468



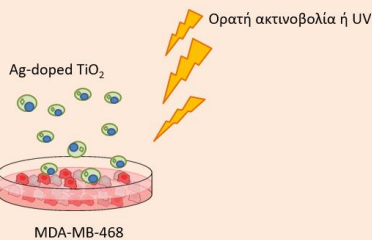
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση



Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσα από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Πράξης «Επίστρομη Μεταδιδέσμευση αποτελεσμάτων» (MIS-5001552), που υλοποιεί το Γραφείο Κοινωνικών Υποτροφιών (ΚΥ).

41

## Βιολογική Επίδραση



42

## MTT Χρωματομετρική Μέθοδος

Άλας τετραζολίου MTT  
[(3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide)]  
(κίτρινο)

Ζωντανά κύτταρα  
Κρύσταλλοι φορμαζίνης (μωβ)

Φασματοφωτομετρία  
ELISA reader (590 nm)

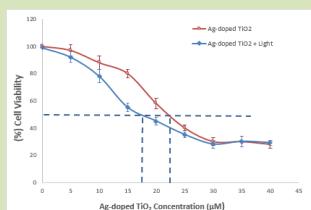


Αρνητικός μάρτυρας TiO<sub>2</sub>

$$\text{Κυτταρική Επίβιωση} \Rightarrow L = \frac{ABS_{\text{treated}}}{ABS_{\text{untreated}}} \cdot 100\%$$

43

## MTT Colorimetric Assay



Επίδραση Ag-doped TiO<sub>2</sub> στην κυτταρική επιβίωση



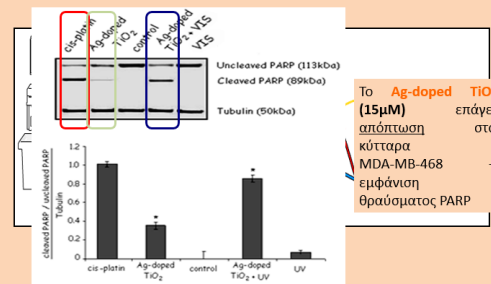
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση



Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσα από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Πράξης «Επίστρομη Μεταδιδέσμευση αποτελεσμάτων» (MIS-5001552), που υλοποιεί το Γραφείο Κοινωνικών Υποτροφιών (ΚΥ).

44

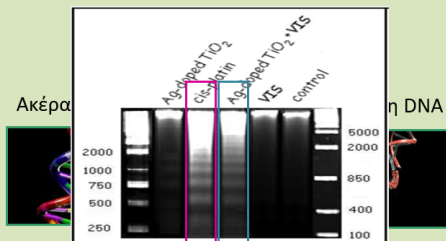
## Western Blotting



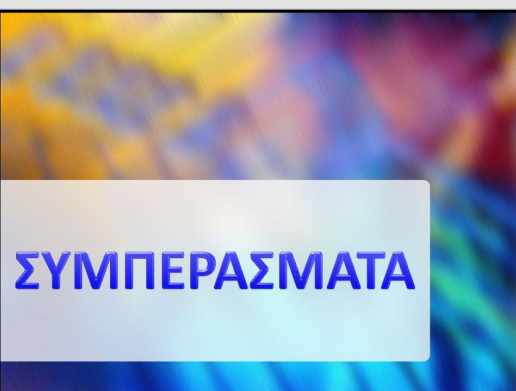
45

## DNA laddering

Επίδραση του εναιωρήματος Ag-doped TiO<sub>2</sub> στη θραύση του DNA



46



47

## Συμπεράσματα

Αποπτωτική δράση φωτο-ενεργοποιημένων χημικά τροποποιημένων με άργυρο νανοσωματιδίων TiO<sub>2</sub> σε καρκινικά κύτταρα υψηλής κακοήθειας

Ο μοριακός μηχανισμός της κυτταροτοξικότητας του Ag-doped σχετίζεται με ενεργοποίηση της PARP και θραύση του DNA που οδηγεί σε απόπτωση

Η δράση αυτή είναι αποτέλεσμα του μηχανισμού δημιουργίας ROS και οξειδωτικού στρες.



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση



Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσα από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση, στο πλαίσιο της Πράξης «Επίστρομη Μεταδιδέσμευση αποτελεσμάτων» (MIS-5001552), που υλοποιεί το Γραφείο Κοινωνικών Υποτροφιών (ΚΥ).

48

**ΣΤΟΧΟΙ**

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Πράξης «Επίστρομη Μεταδιδακτορική προμεταπτυχιακή προμεταδιδακτορικών» (MIS-500552), που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Πρωτοβουλίας (MIS).

49

**Στόχοι**

- Βελτιστοποίηση της μεθόδου
- Πειράματα εξελίσσονται σχετικά με την ανάπτυξη διπλά τροποποιημένων (**co-doped**) TiO<sub>2</sub> με άργγρο και άζωτο για στοχευμένη θεραπεία
- Πειράματα εξελίσσονται σχετικά με την προσπάθεια ενθυλάκωσης του τροποποιημένου TiO<sub>2</sub> σε πολυμερή, με στόχο τον έλεγχο της απελευθέρωσης των ναυσοματιδίων στην περιοχή του όγκου (drug delivery system).

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,  
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση  
2014-2020

Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» στο πλαίσιο της Πράξης «Επίστρομη Μεταδιδακτορική προμεταπτυχιακή προμεταδιδακτορικών» (MIS-500552), που υλοποιεί το Μέτρο Κοινωνικής Πρωτοβουλίας (MIS).

50

**Ευχαριστώ!**

51