

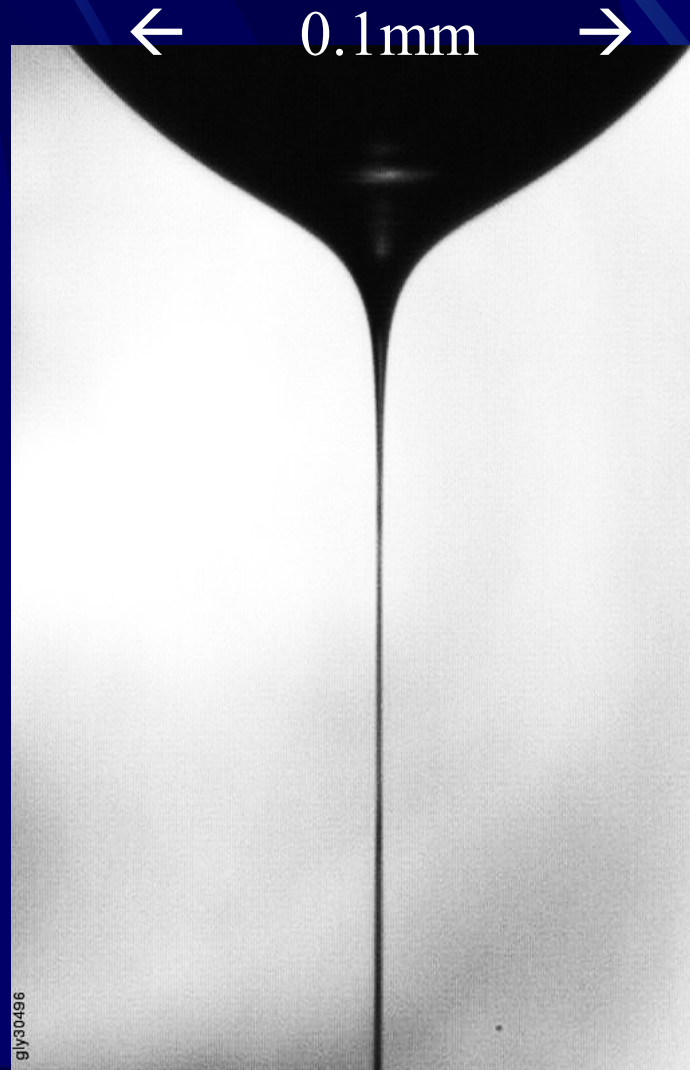
Elektroprzędzenie nanowłókien optymalizacja procesu i zastosowania medyczne

“Wielki krok w kierunku małego świata”

Tomasz Kowalczyk

Zakład Mechaniki i Fizyki Płynów IPPT PAN

Struga gliceryny w polu grawitacyjnym



Dysza – 0.1mm

Początkowa średnica $\sim 0.2\text{mm}$

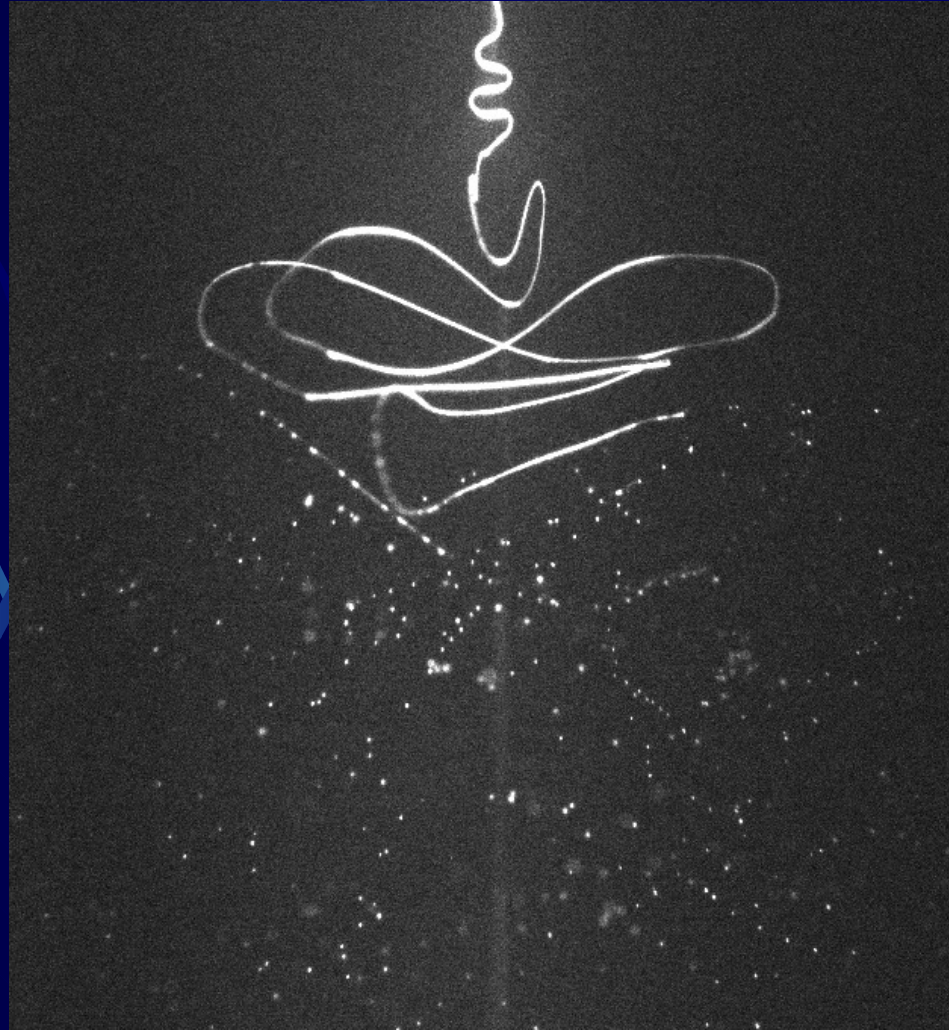
Mikro-struga $\sim 0.005\text{mm}$

- Grawitacyjne i mechaniczne rozciąganie ograniczone wskutek niestabilności kapilarnej $l/d \sim 1000$
- Aby osiągnąć skalę nano $\sim 10^6$!

g1y30496

Struga gliceryny w polu elektrycznym

12 cm



Elektroprzędzenie

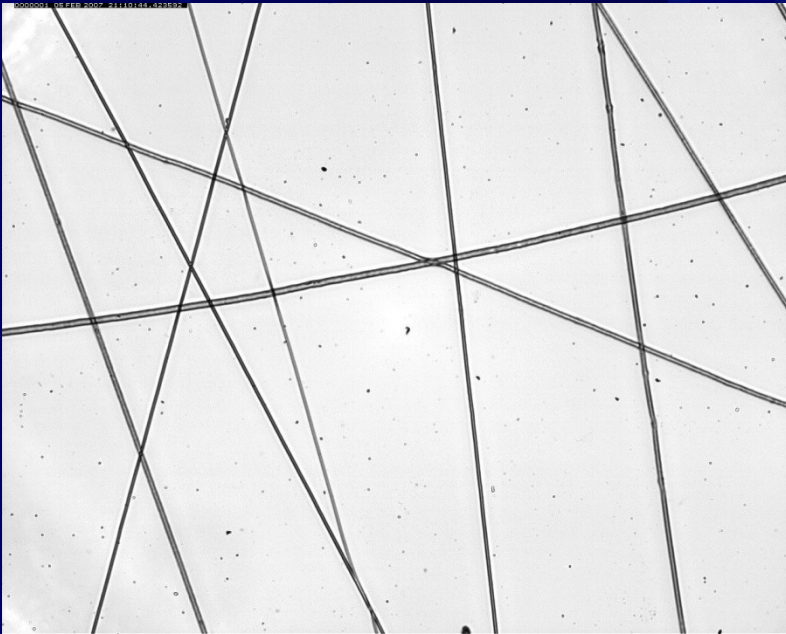
Niestabilność strugi w polu elektrycznym



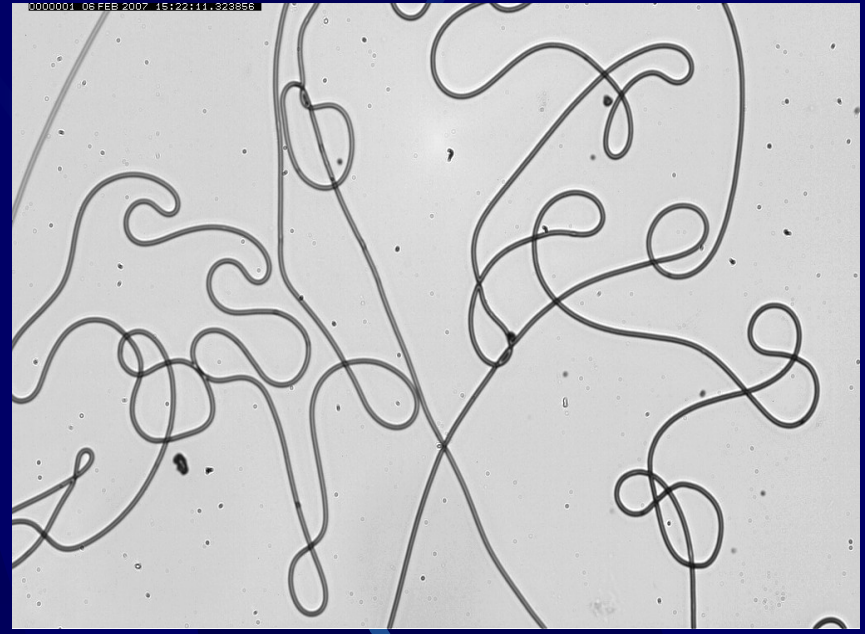
Niestabilność powoduje spiralny ruch strugi, znacznie zwiększając drogę na której jest rozciągana, a tym samym prowadząc do redukcji średnicy o 3-4 rzędy wielkości

Parametry procesu

➤ Potencjał elektrostatyczny V



10kV

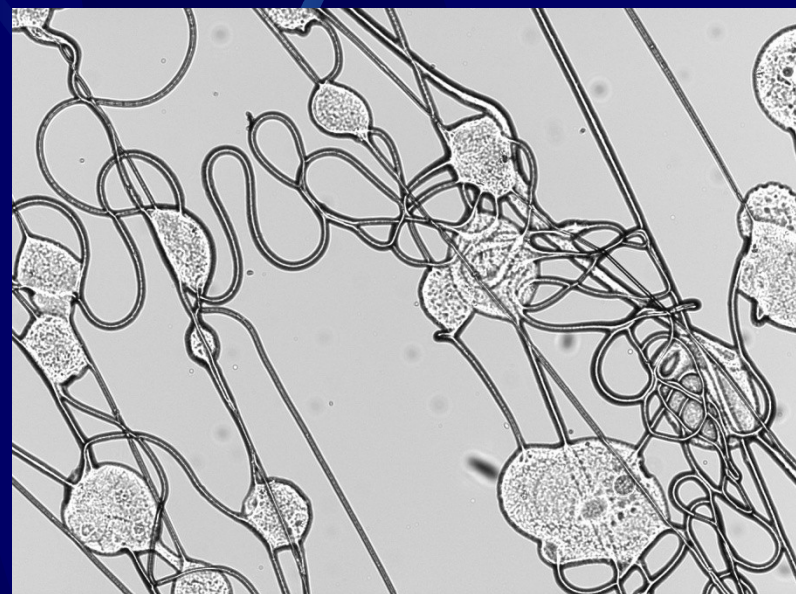


20kV

Włókna PEOX pod mikroskopem optycznym

Parametry procesu

- Odległości kolektor - pipeta H
- Stężenie polimeru w roztworze c
- Wydatek cieczy Q



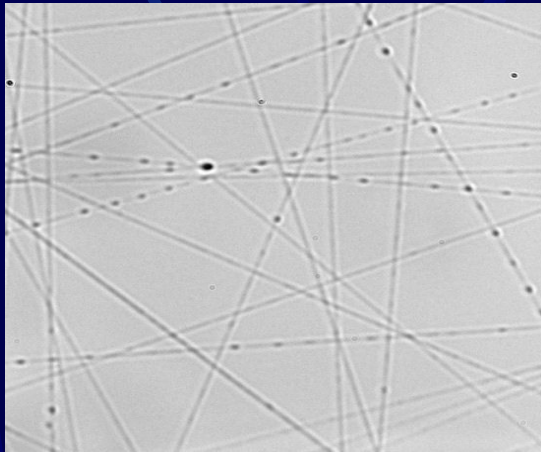
Włókna PEOX pod mikroskopem optycznym

Parametry procesu

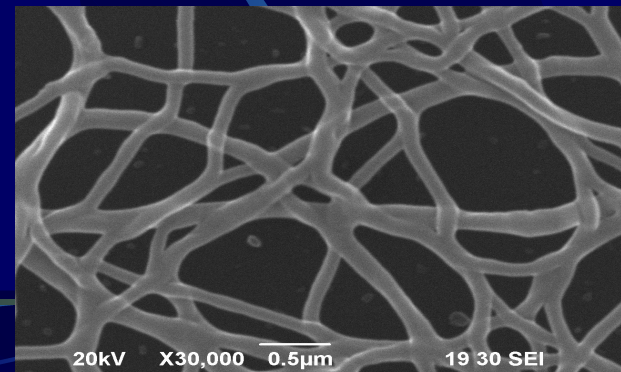
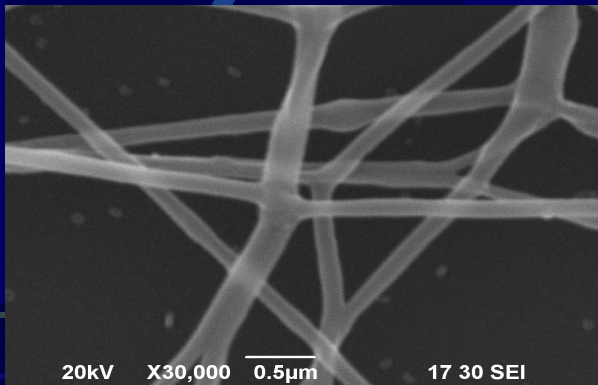
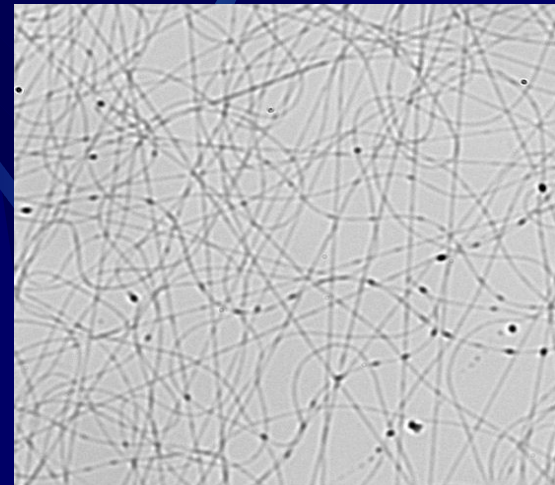
- Napięcie powierzchniowe
- Lepkość
- Skład roztworu (rozpuszczalnik, polimer, elektrolity)

Wpływ stężenia soli, NaCl :PEOX

1:30



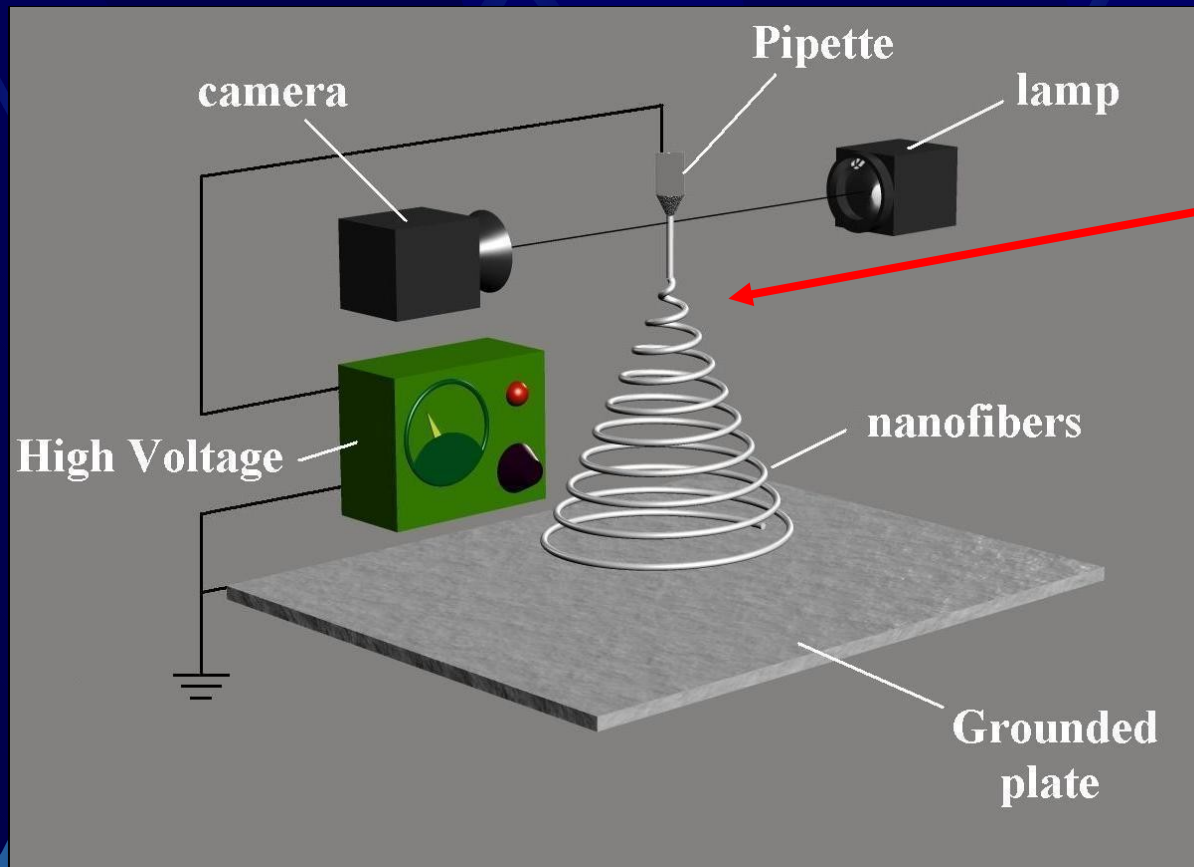
1:60



Wybrane materiały

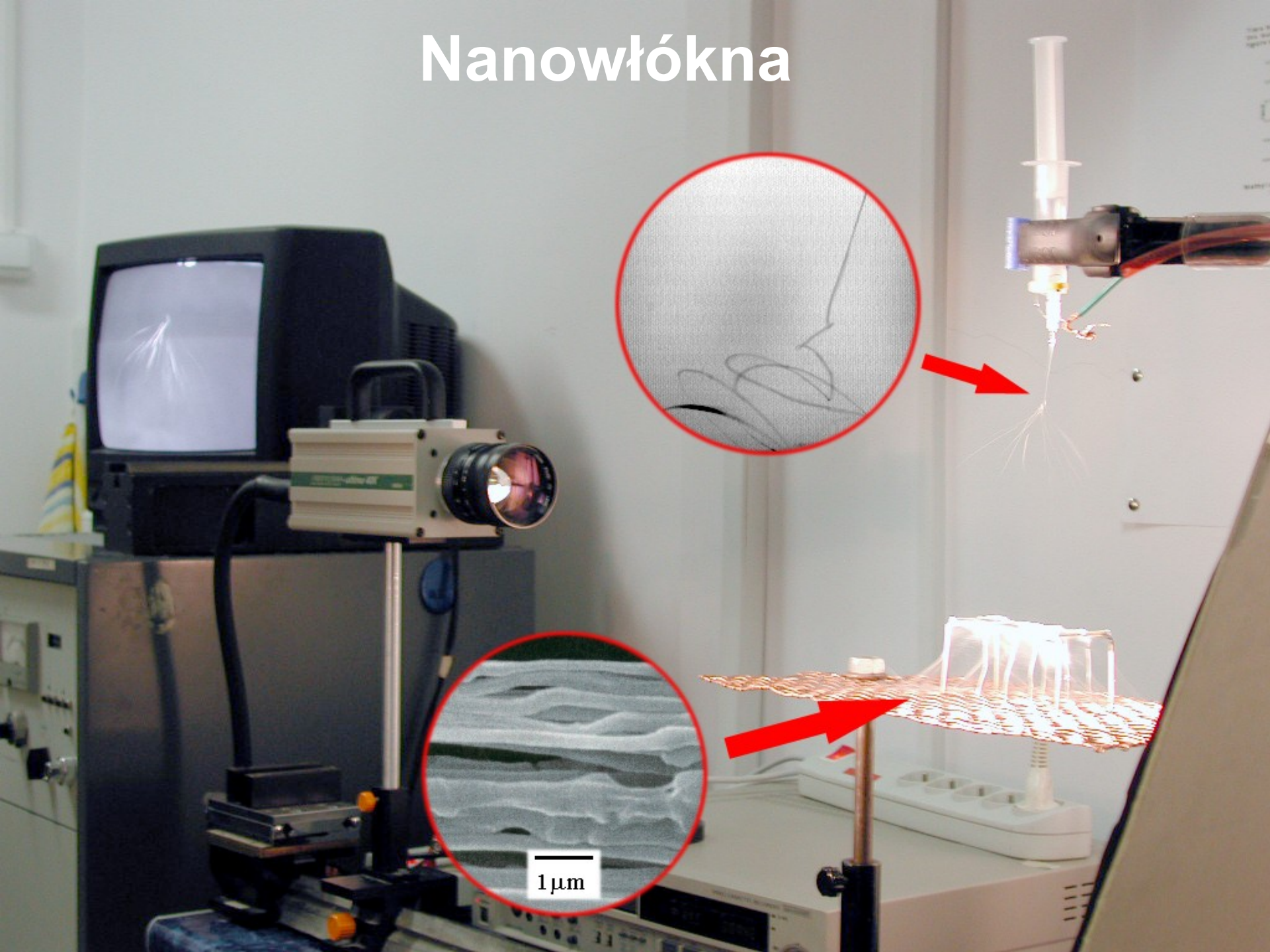
Test	Polimer	Rozpuszczalnik	Stężenie	V [kV]	elektroprzędzenie
I	PEOX poli(tlenek etylenu)	40% etanol	3 – 4 %	3 – 12	Stabilny proces do 10kV
II	DBC dibutyrylo- chityna	chlorek metylenu	9 %	6 – 16	dość stabilny
III	TAC trioctan celulozy	chlorek metylenu	20 %	3 – 30	za wysoka lepkość
			7 %	10 – 30	trudny
IV	PAN poli(akrylonitryl)	dimetylo formamid (DMF)	15 %	5 – 25	Bardzo dobry
V	Gliceryna pseudopolimer	woda	88 %	20 – 30	Brak krzepnięcia (krople)

Nanowłókna – schemat stanowiska



Elektroprzędzenie

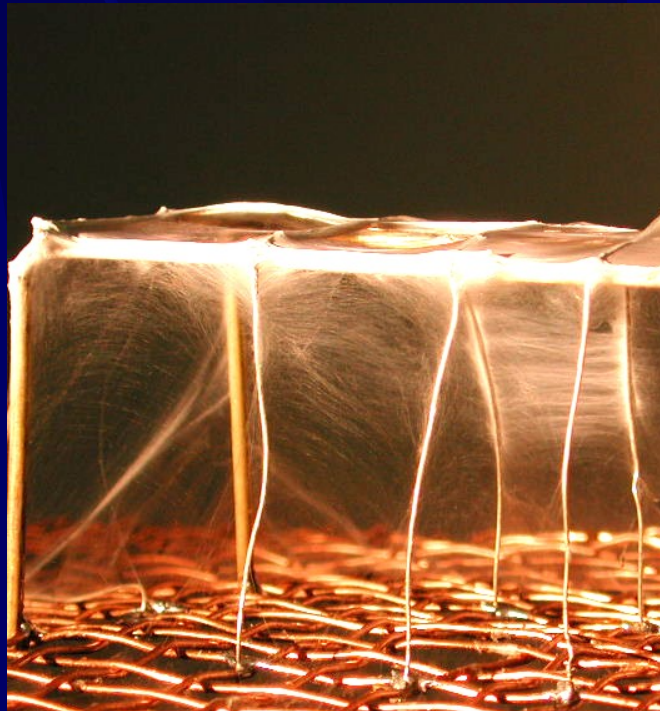
Nanowłókna



Nanowłókna – roztwór PEOX

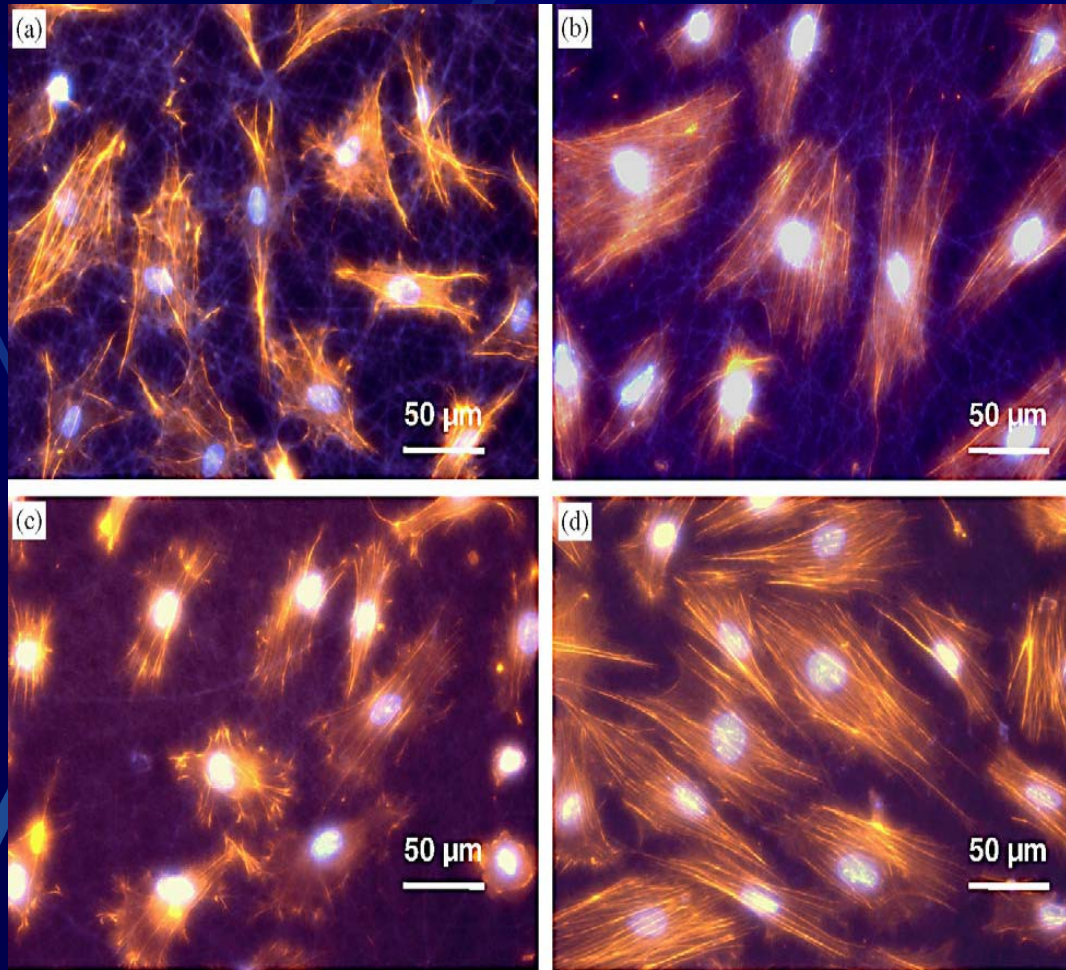


„Pajęczyna” nanowłókien



Elektroprzędzenie – zastosowania

hodowla komórek

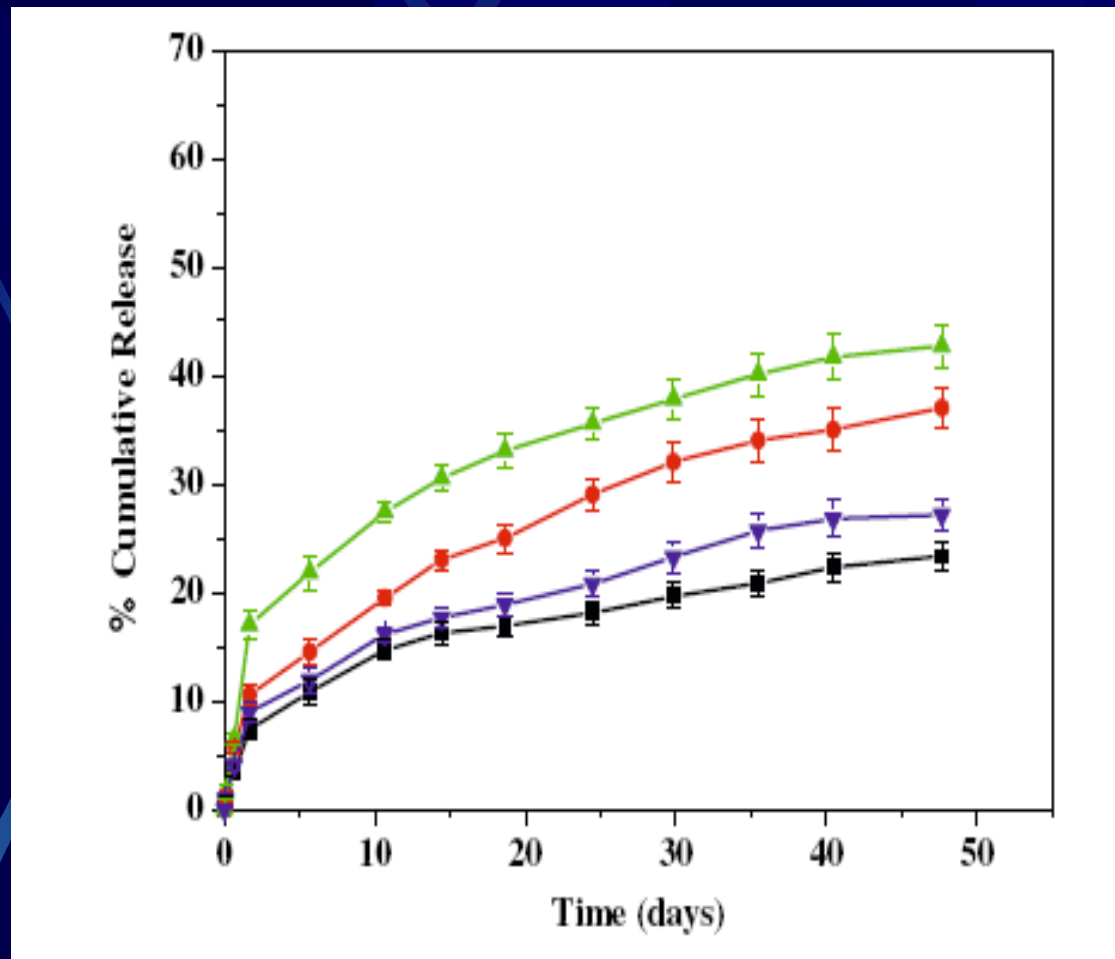


Komórki mięśnia serca hodowane na nanowłóknach (granatowe) z żelatyny zawierającej różne domieszki polimeru przewodzącego (polianiliny).

Mengyan et al, Biomaterials 27 (2006) 2705–2715

Elektroprzędzenie – zastosowania

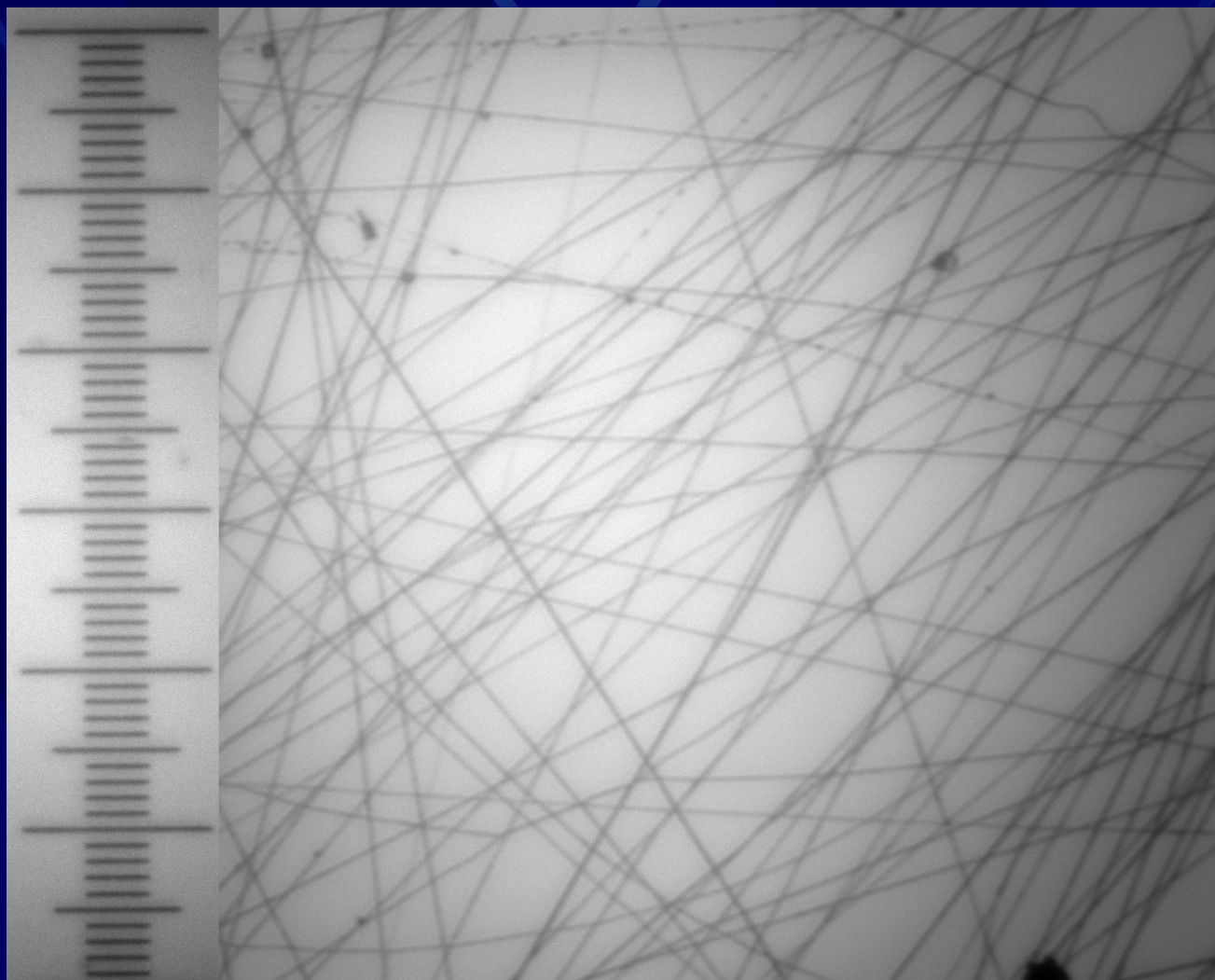
systemy uwalniania leków



Wykres uwalniania pochodnej enzymu z włókien z PCL/PEG w czasie w zależności od zawartości PEG we włóknie

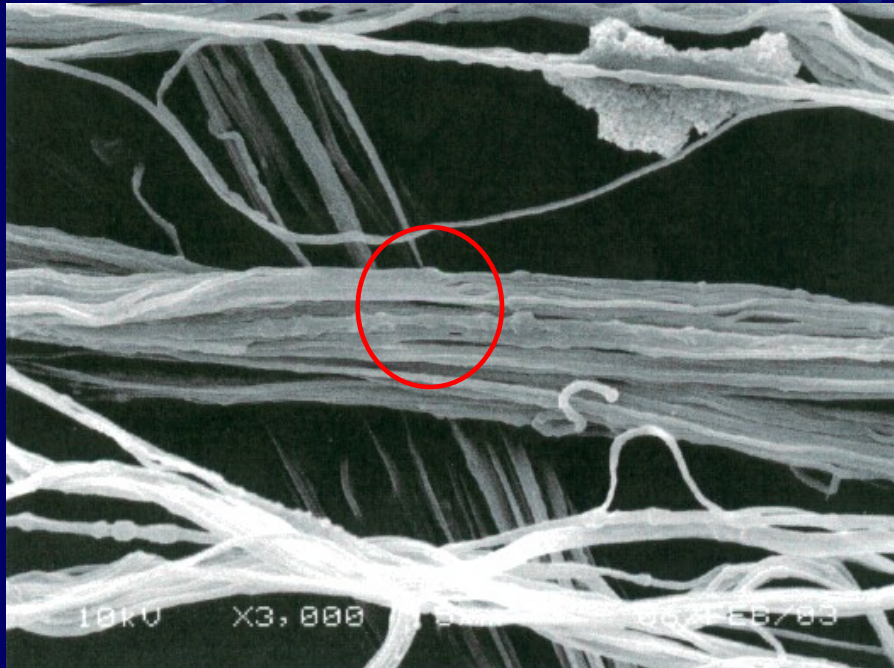
Li Y. et al, J Mater Sci: Mater Med, 19,2,2008, 827-832

Nanowłókna – mikroskop optyczny



0.6 mm

Mikroskop elektronowy



PEOX nanowłókna

Nanowłókna i ich bio-zastosowania

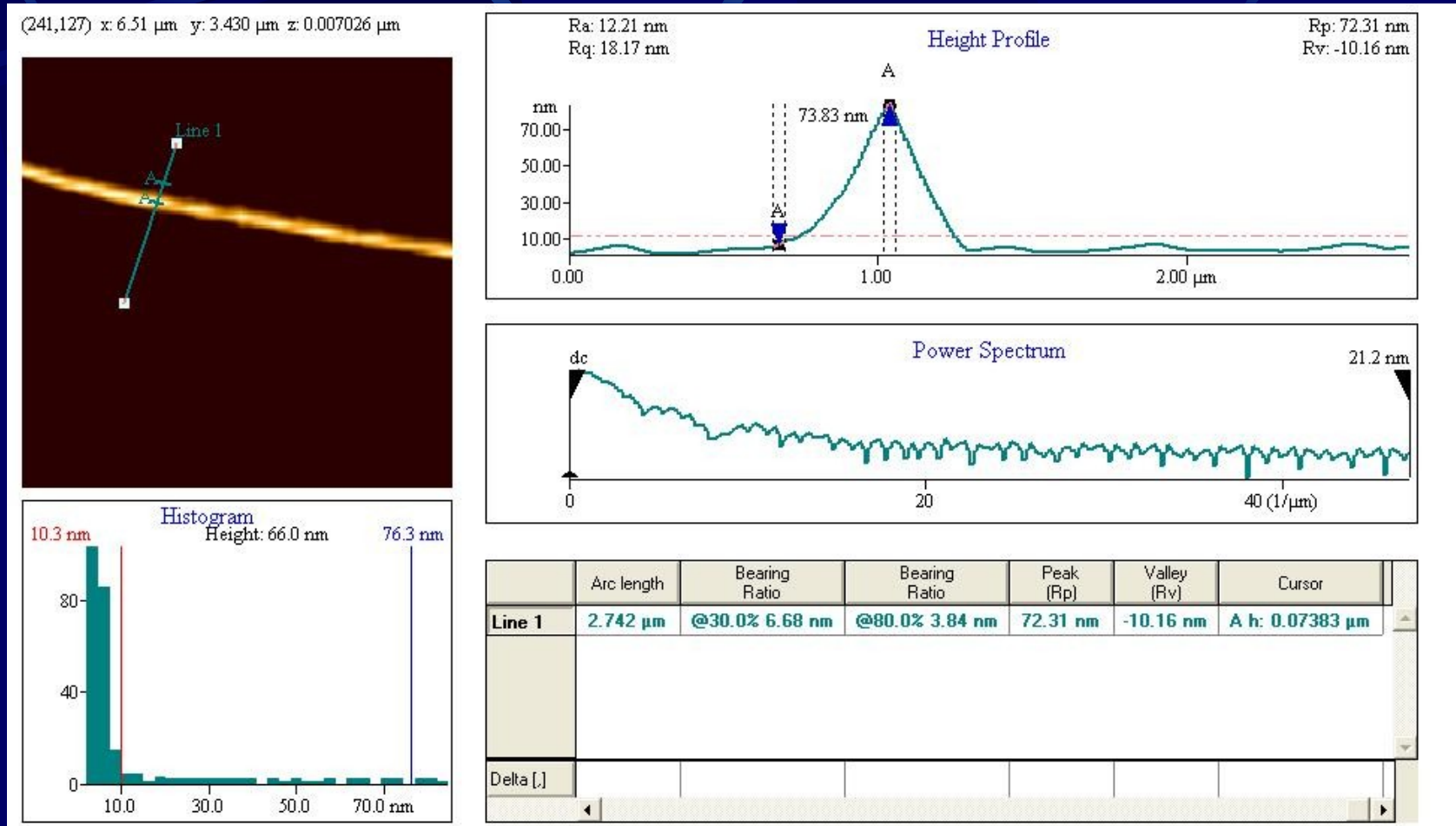
Biomedycyna

- nowoczesne „oddychające” opatrunki zewnętrzne
- biodegradowalne opatrunki wewnętrzne
- systemy podawania leków
- sztuczne organy i tkanki, biomimetyczna macierz komórkowa
- biodegradowalne rusztowania dla inżynierii tkankowej

Diagnostyka

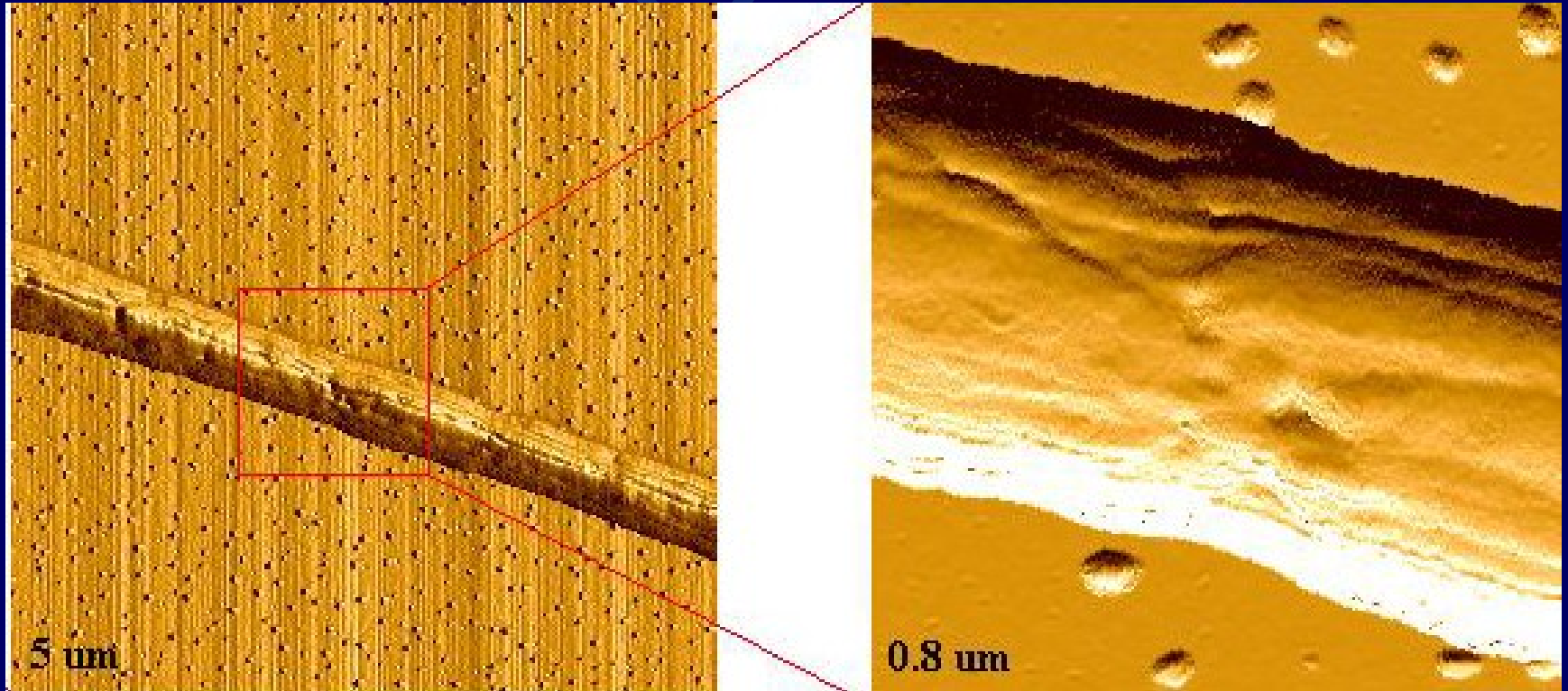
- sondy fluorescencyjne
- nośniki nano-objektów diagnostycznych
- nośniki komórek

Elektroprzędzenie materiałów biologicznych



Obrazy AFM nanowłókien białkowych z wodnego roztworu albuminy surowicy wołowej - BSA (85%) + PEOX (15%). Grubość włókna 73.83nm

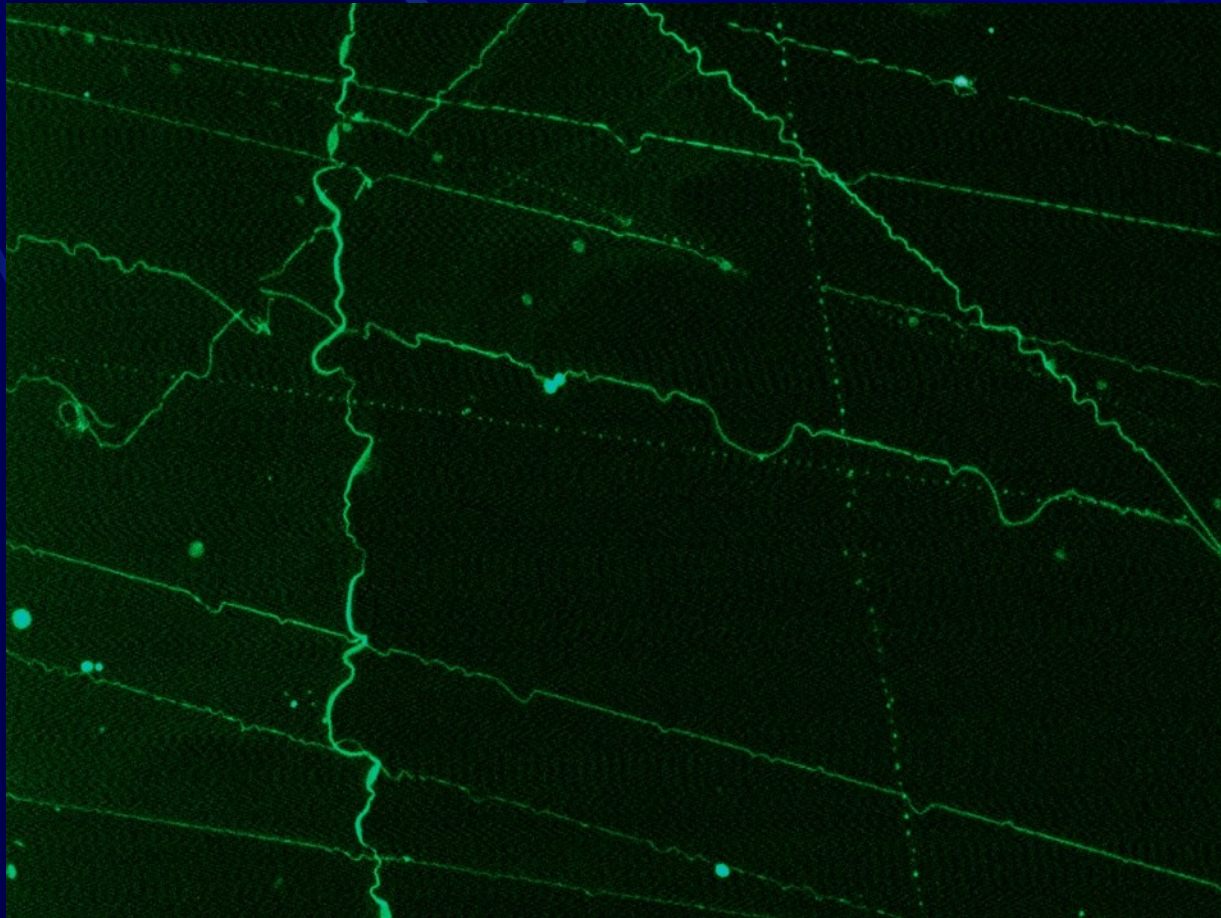
Elektroprzędzenie materiałów biologicznych



Obrazy AFM otrzymanego z 85% białka (BSA-albumina surowicy wołowej)

Elektroprzędzenie materiałów biologicznych

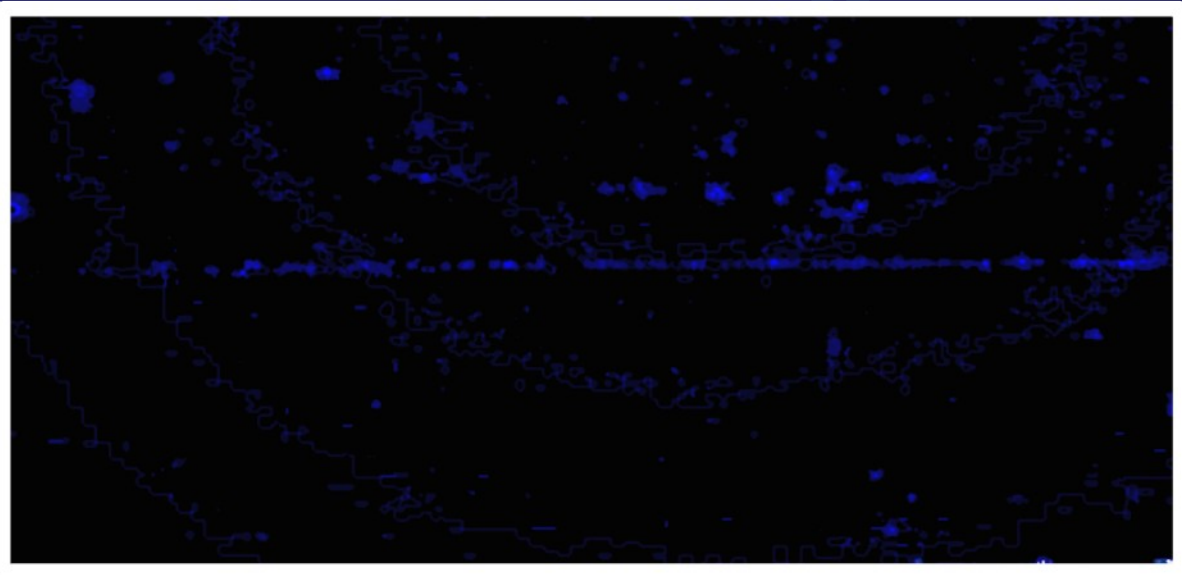
Fluorescencja



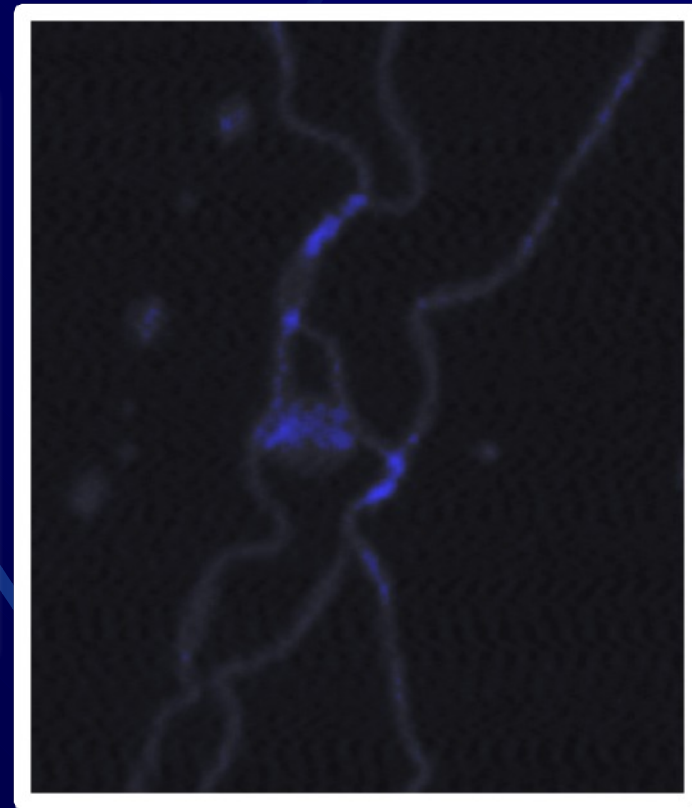
Nanowłókna białkowe z białka globularnego -albuminy (85%) i PEOX oznaczone pochodną fluoresceiny (FITC).

Elektroprzędzenie materiałów biologicznych

Fluorescencja



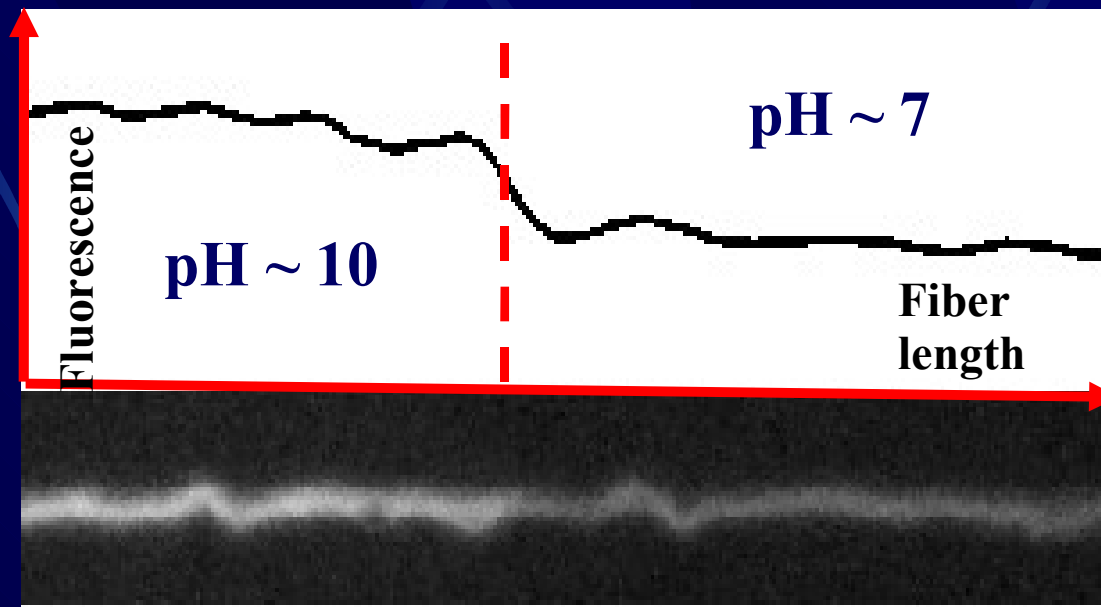
Fluorescencja nanowłókien PEOX z wąsami kwantowymi ZnO



Próba wykazania homo-FRET włókna FITC-BSA

Elektroprzędzenie materiałów biologicznych

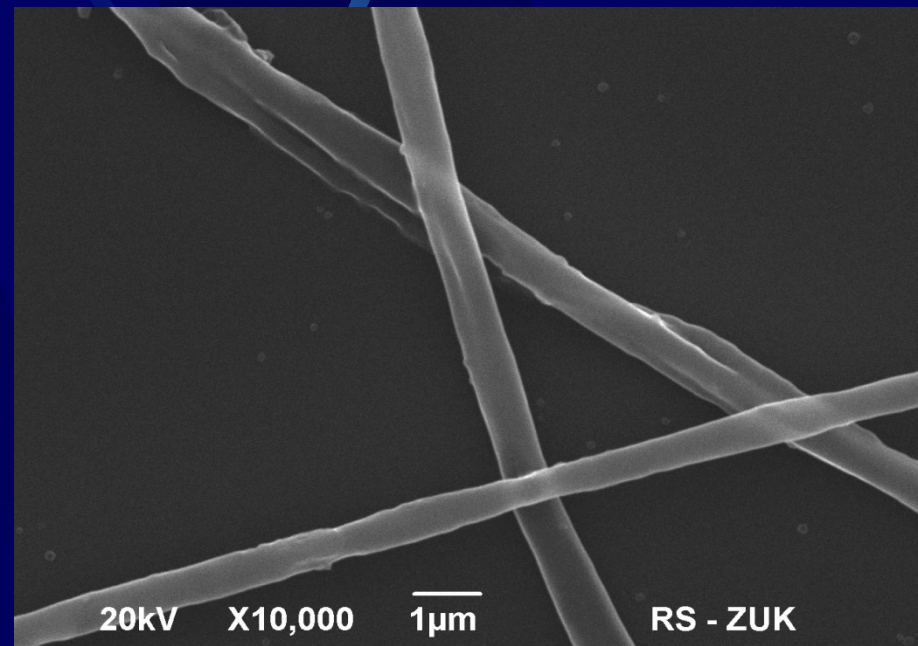
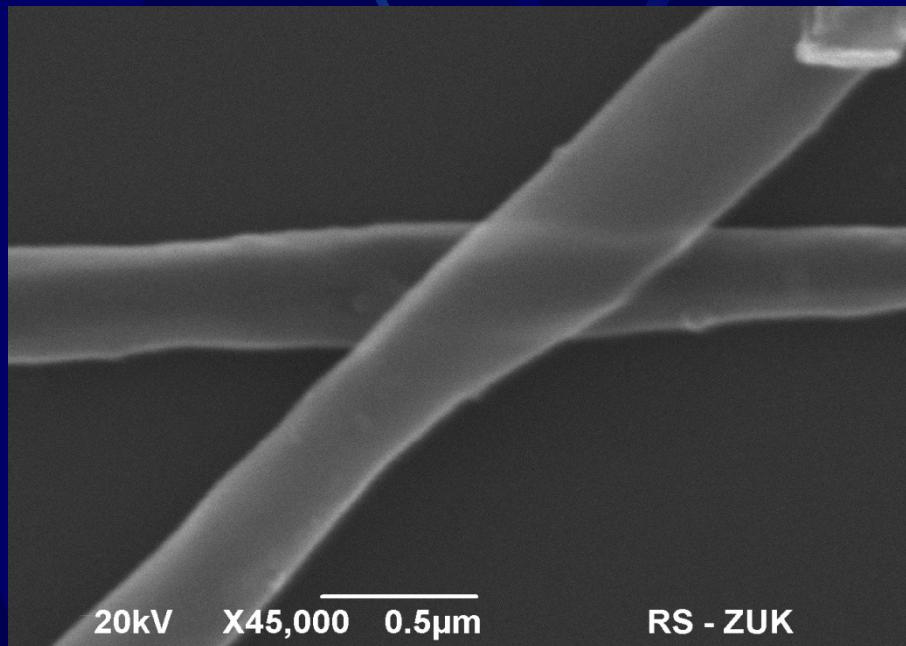
Fluorescencja włókna jako mirowskaźnik pH



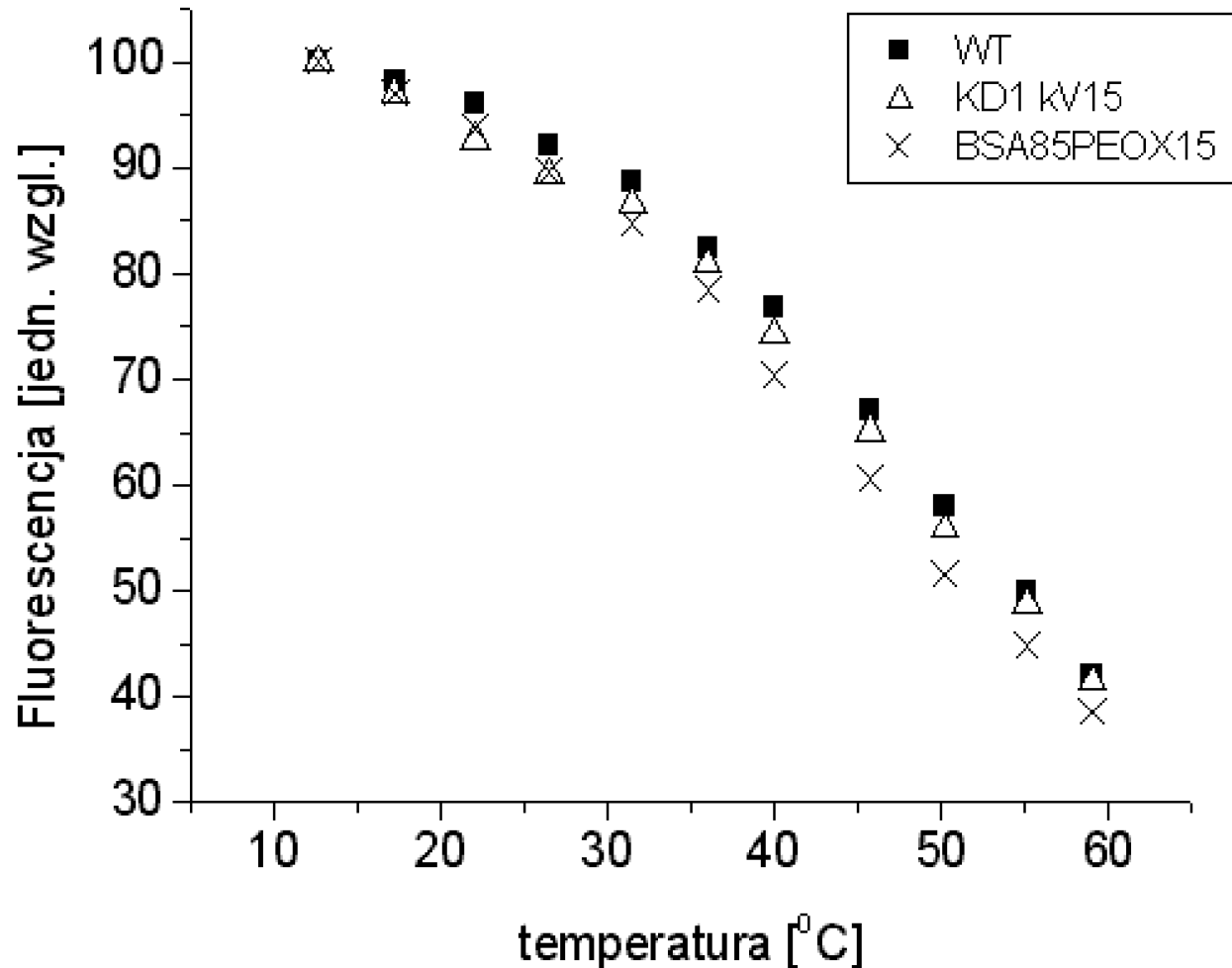
Włókno z BSA-FITC. Zdjęcie odpowiada 80 μ m.

Elektroprzędzenie materiałów biologicznych

- Elektroprzędzenie jako użyteczna metoda wytwarzania materiałów bioaktywnych
- Elektroprzędzenie białek - perspektywa tworzenia sensorów o rozmiarach submikronowych i dużej gęstości występowania



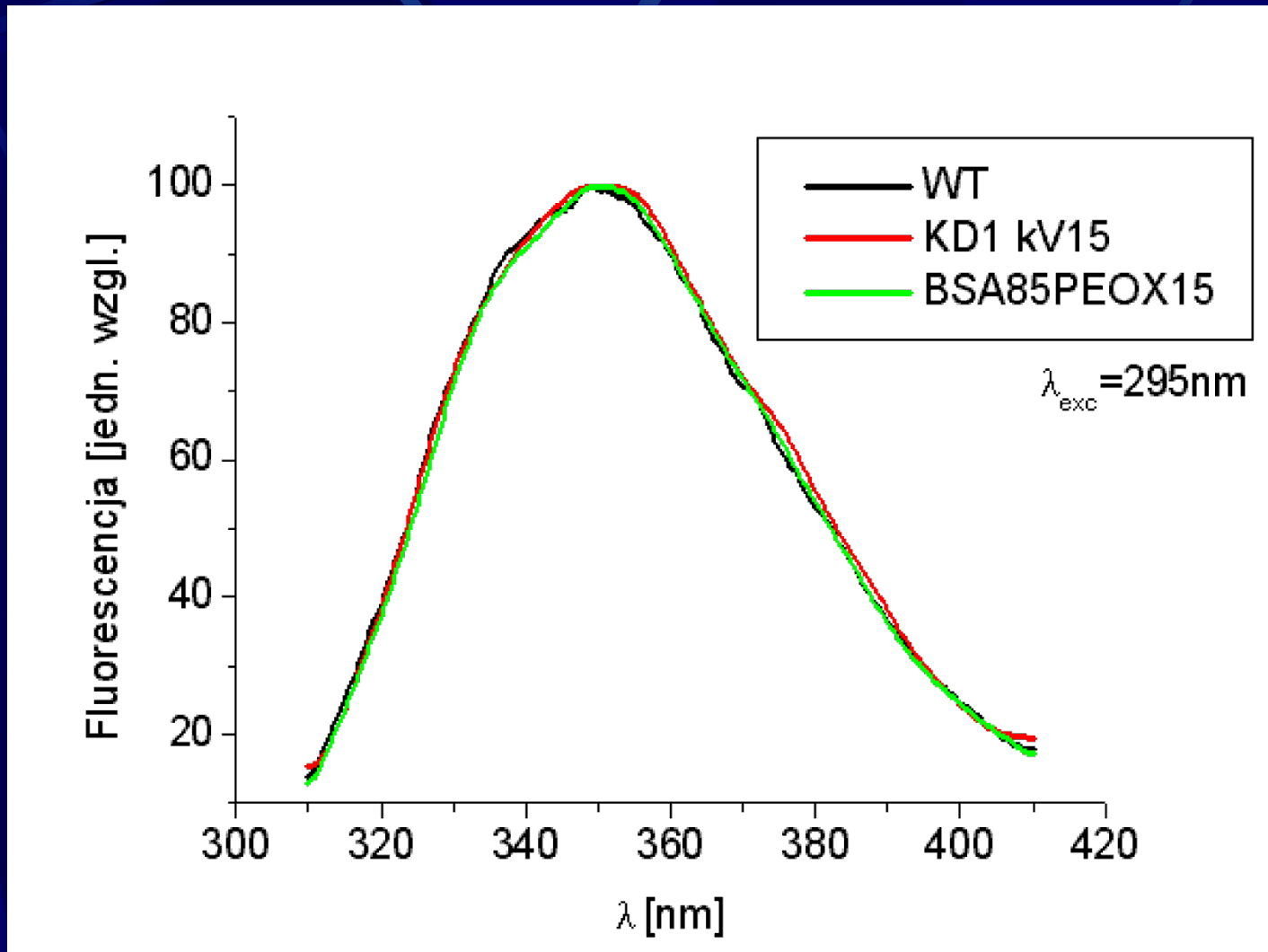
Elektroprzędzenie materiałów biologicznych



Wykres zależności fluorescencji od temperatury dla próbek BSA

■ - natywne BSA, △ –BSA 85% elektroprzędzone, x-BSA 85% nieprzędzone

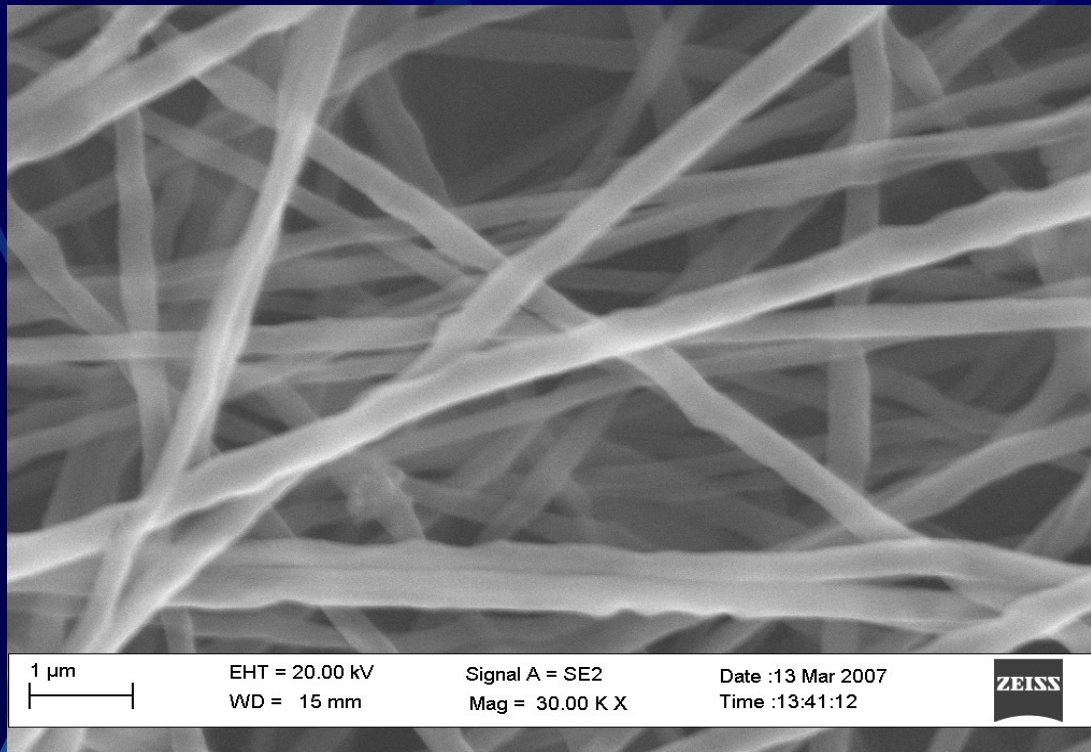
Elektroprzędzenie materiałów biologicznych



Wykres zależności fluorescencji długości fali dla próbek BSA w temp 12,7°C
Brak różnic dla próbek natywnej BSA, BSA 85% elektroprzędzonej i
nieprzędzonej wskazuje na brak denaturacji

Elektroprzędzenie materiałów biologicznych

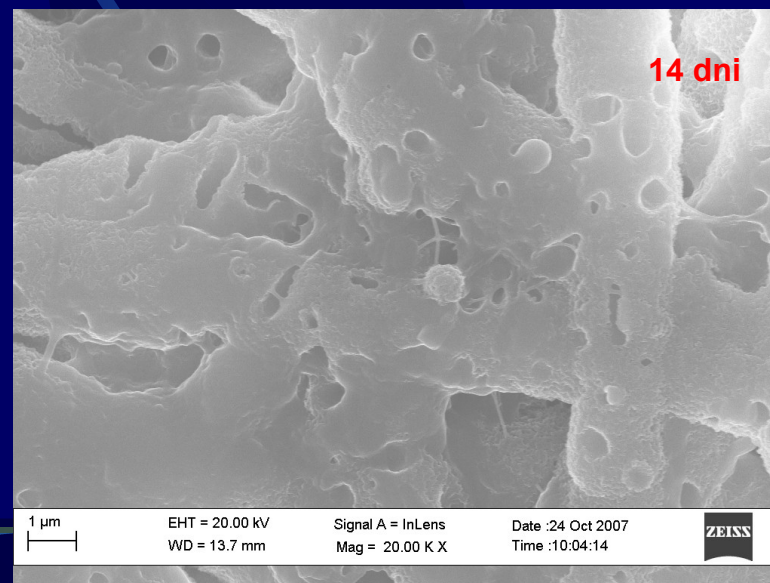
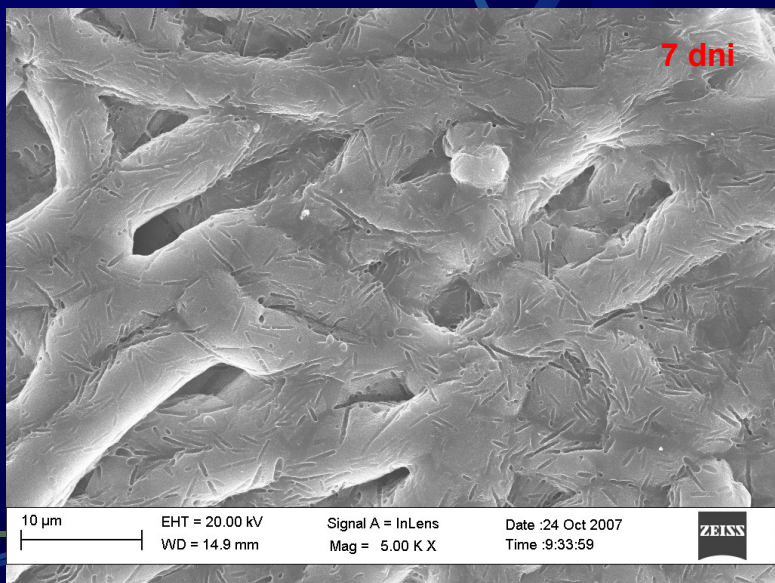
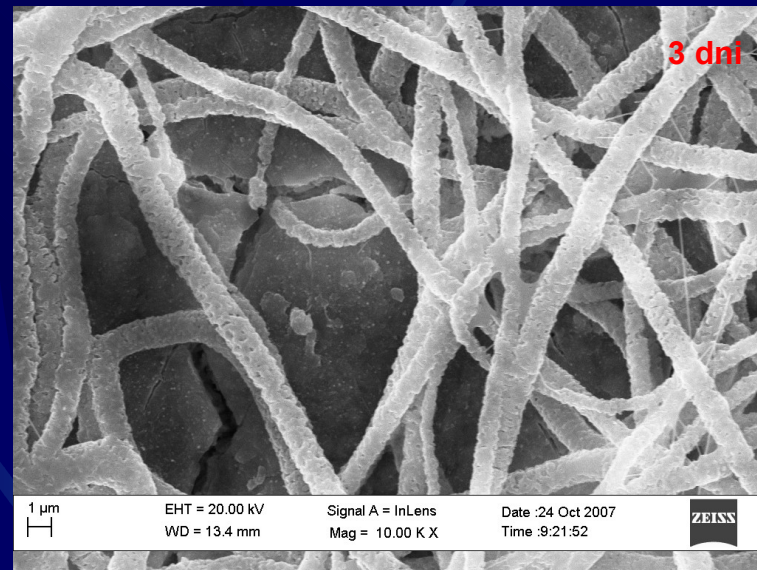
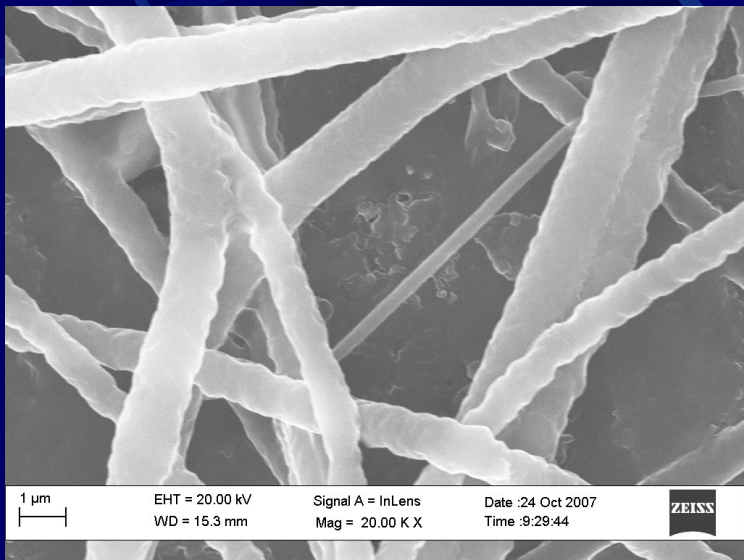
Nanowłókna z biodegradowalnych poliestrów jako pokrycia implantów kości



Rusztowania z włókien polikaprolaktonu (PCL), poli-3-hydroxymaślanu (PHB) i jego kopolimeru. Porowatość włókien stymuluje przyczepność komórek i ich rozwój. Zastosowanie do pokrycia bioresorbowalnych implantów z materiału Bioglass (wsp. Imp. Coll.).

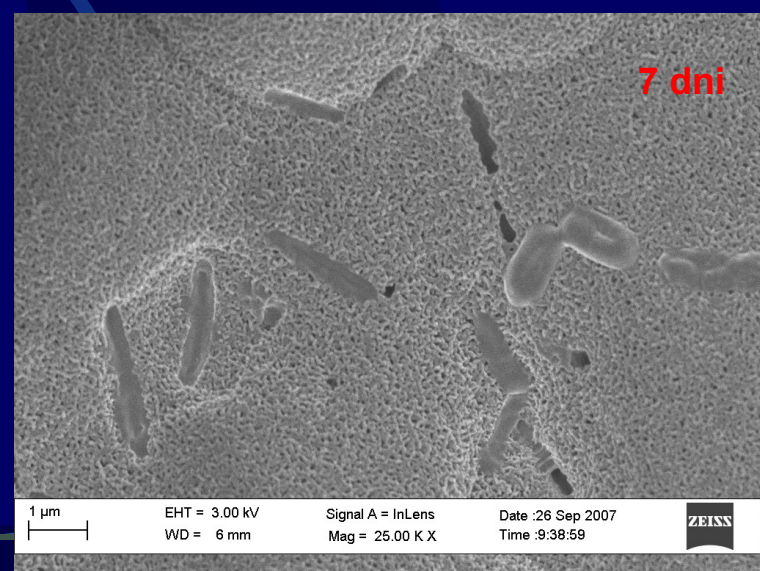
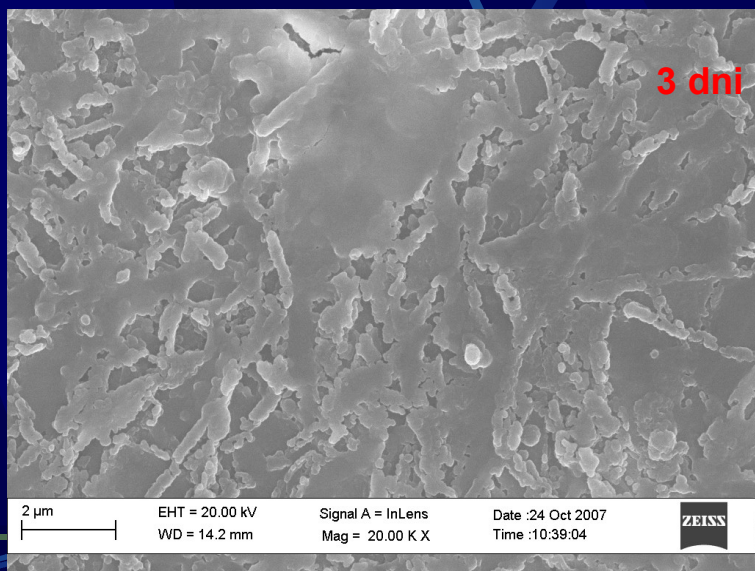
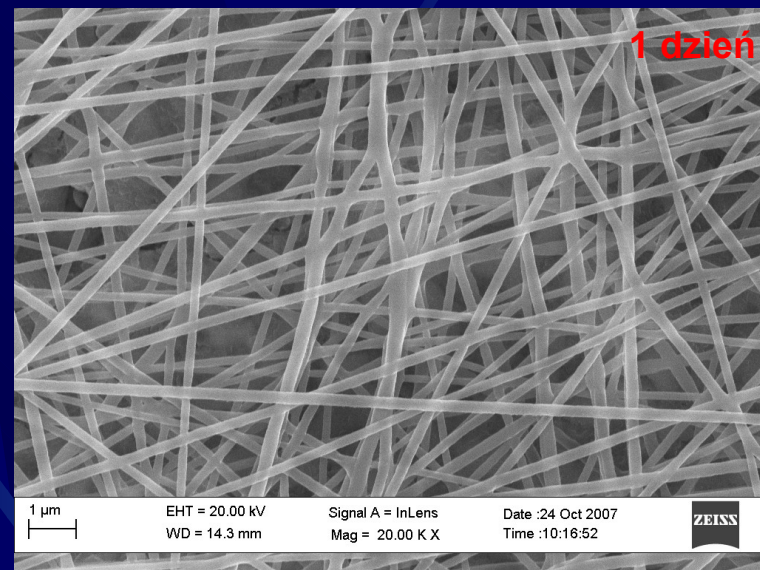
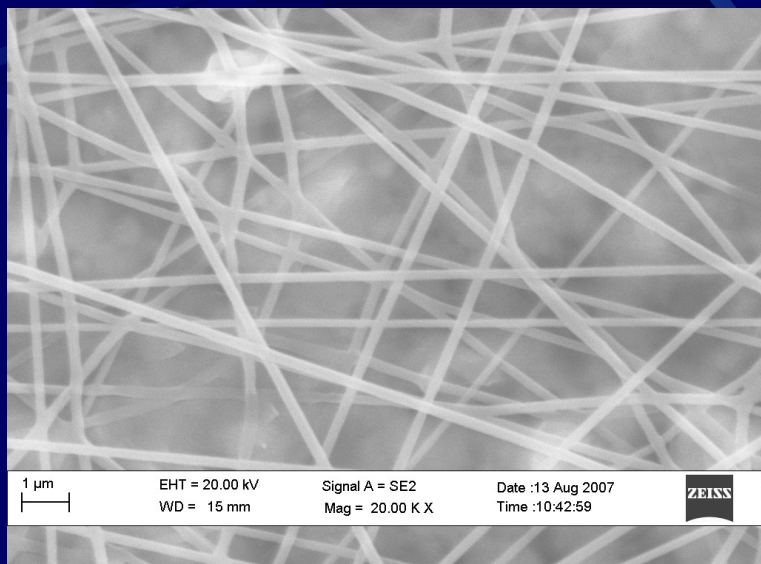
Badanie pokrycia implantów kości

Biodegradacja nanowłókien PCL i tworzenia hydroksyapatytu



Badanie pokrycia implantów kości

Biodegradacja nanowłókien PHB i tworzenia hydroksyapatytu



Podsumowanie

- ✓ **Elektroprzędzenie pozwala na stosunkowo łatwe wytwarzanie nano-struktur z różnych typów materiałów**
- ✓ **Nanowłókna mogą być uzyskiwane z materiałów bioaktywnych, białek, a nawet żywych komórek**
- ✓ **Proces nadal wymaga udoskonalenia, nie jest do końca powtarzalny, wiele materiałów bada się i stosuje „as it is”**

Zespół

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN

- prof. Tomasz A. Kowalewski
- Diana Lamparska
- mgr inż. Dorota Kołbuk
- mgr inż. Sławomir Błoński
- mgr Piotr Korczyk

Instytut Fizyki PAN

- prof. Danek Elbaum
- dr Aleksandra Nowicka
- dr Remigiusz Worch

Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego

- mgr Andrzej Szczepankiewicz

Imperial College (Londyn, UK)

- prof. Aldo R. Boccaccini
- Oana Bretcanu Ph.D.
- Superb K. Misra Ph.D
- D. Mohammad Yunus