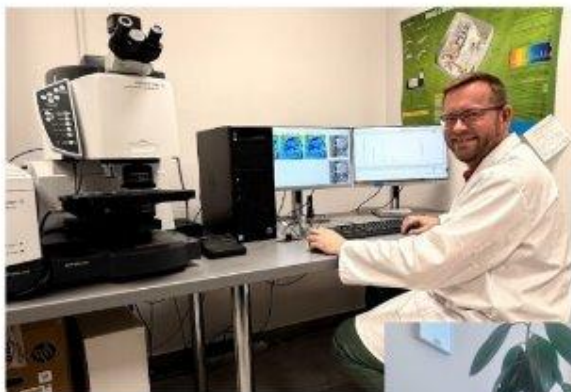


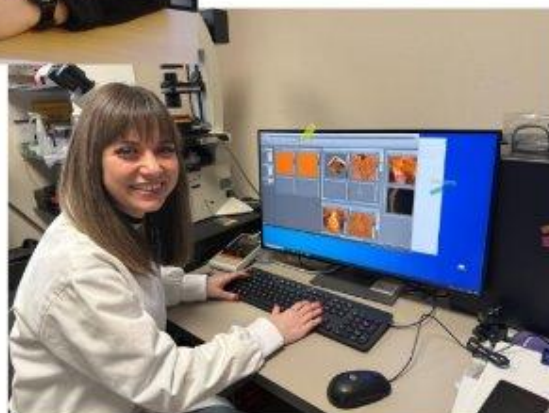
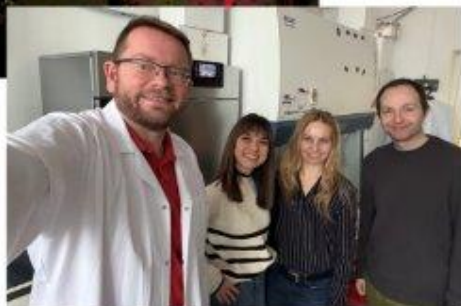
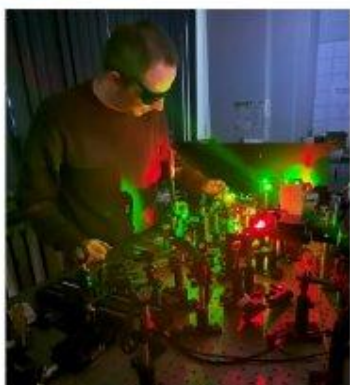


# Laboratorium Laserowej Spektroskopii Molekularnej

Kierownik Laboratorium dr hab. inż. Beata Brożek-Płuska, prof. uczelni



## LLSM WCh PŁ



dr hab. inż. Jakub Surmacki, prof. uczelni, dr inż. Arkadiusz Jarota, dr hab. inż. Beata Brożek-Płuska, prof. uczelni, kierownik LLSM, dr inż. Monika Kopeć, dr inż. Karolina Beton-Mysur

**Laboratorium Laserowej Spektroskopii Molekularnej (LLSM)** jest zlokalizowane w Międzyresortowym Instytucie Techniki Radiacyjnej Wydziału Chemicznego PŁ (MITR, I-34, ul. Wróblewskiego 15, budynek C2, p. 202, 303, 304, 308, 309, 310, 311, 316, 317). LLSM jest specjalistycznym laboratorium badawczo-dydaktycznym, w którym prowadzone są zaawansowane badania z zakresu spektroskopii wibracyjnej, w szczególności spektroskopii oraz obrazowania Ramana, spektroskopii i obrazowania IR, AFM, nanoIR. LLSM stanowi nowoczesne zaplecze badawcze wspierające kształcenie studentów i doktorantów

Wydziału Chemicznego PŁ oraz rozwój interdyscyplinarnych badań naukowych na styku chemii, fizyki, biologii i nauk biomedycznych. Główne nurty badań prowadzonych w LLSM dotyczą poszukiwania markerów spektroskopowych zmian biochemicznych zachodzących w komórkach i tkankach ludzkich pod wpływem rozwoju chorób cywilizacyjnych, w tym nowotworowych.

Laboratorium odgrywa istotną rolę w procesie dydaktycznym, umożliwiając realizację zajęć specjalistycznych ze spektroskopii, analizy instrumentalnej, analizy mikroskopowej, laserowej spektroskopii femtosekundowej, w tym projektowych oraz prac dyplomowych (inżynierskich i magisterskich). W LLSM studenci zdobywają kompetencje praktyczne w zakresie przygotowania próbek do badań mikroskopowych i spektroskopowych, w tym biologicznych (hodowle komórkowe), prowadzenia pomiarów z wykorzystaniem nowoczesnych spektrometrów i mikroskopów, analizy widm oraz interpretacji danych eksperymentalnych z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania: WITec Project Plus 6.2, Renishaw WiRE, Agilent Resolutions Pro, Nanosurf C3000, Bruker AnalysisStudio, Andor SOLIS, Analysis Software Celleste, Imager Evos M7000. Zajęcia prowadzone są z zastosowaniem aktywnych metod kształcenia, w tym pracy projektowej i problemowej, opartej na rzeczywistych zagadnieniach badawczych.

Zaplecze aparaturowe LLSM obejmuje nowoczesne mikrospektrometry Ramana, mikrospektrometry IR, nanoIR, mikroskopy AFM, układy laserowe, w tym wykorzystujące lasery impulsowe o różnych długościach fali oraz systemy detekcji umożliwiające rejestrację widm o wysokiej rozdzielczości. LLSM dysponuje również stanowiskami komputerowymi z oprogramowaniem do statystycznej analizy danych.

Unikatowość laboratorium polega na możliwości prowadzenia badań nieniszczących i bezznaniowych, co ma szczególne znaczenie w analizach materiałów funkcjonalnych, układów biologicznych oraz próbek pochodzenia medycznego. Infrastruktura LLSM wspiera realizację projektów badawczo-rozwojowych oraz współpracę z jednostkami naukowymi i partnerami zewnętrznymi krajowymi i zagranicznymi.

LLSM umożliwia studentom realizację wolontariatów naukowych, dostęp do aparatury badawczej poza zajęciami dydaktycznymi pod opieką pracowników badawczo-dydaktycznych.

#### **Wyposażenie dydaktyczne i infrastruktura techniczna:**

- **Konfokalny mikroskop Raman/AFM/SNOM/TERS – WITec alpha300 RSA+**  
rejestracja widm Ramana oraz map 2D i 3D  
integracja pomiarów Raman-AFM-SNOM dla tego samego obszaru próbki  
lasery o liniach wzbudzenia: 355 nm, 405 nm, 532 nm, 785 nm  
monochromatory z siatkami: 1200, 2400, 3600 rys/mm  
obiektywy: 20x, 40x, 60x, 100x oraz 40x, 60x do pomiarów w cieczach
- **Konfokalny mikroskop Ramana – Renishaw**  
mapowanie i punktowe pomiary ramanowskie  
linie wzbudzenia: 532 nm, 633 nm  
obiektywy: 10x, 40x, 50x, 100x  
siatki dyfrakcyjne: 600 oraz 1800 rys/mm
- **Przenośny spektrometr Ramana – EmVision HT**  
punktowe pomiary ramanowskie  
linie wzbudzenia: 532 nm, 671 nm, 785 nm
- **Spektrometr Ramana – Jobin Yvon Ramanor U 1000**

punktowe pomiary ramanowskie,

wyposażony w laser jonowy-argonowy (Stabilite 2017-Spectra Physics), długość fali 454-514 nm, laser CW, moc wiązki wyjściowej 100 mW-2 W w zależności od długości fali emitowanej wiązki (488 nm – 1,5 W; 514 nm – 2 W), kamerę CCD (Horiba, Jobin-Yvon, CCD - 1024x256 - open -3LD)

- **Spektrometr FTIR sprzężony z mikroskopem** – *Agilent Technologies Cary 600 Series*  
zakres spektralny: 350-9000  $\text{cm}^{-1}$   
rozdzielczość spektralna do 0,075  $\text{cm}^{-1}$   
detektory: DTGS (Peltier), MCT, matryca FPA 64x64  
tryby pomiarowe: transmisja, refleksja, ATR  
obiektywy: 15x (IR), 4x (Vis)  
szybki skan: do 110 widm/s
- **Mikroskop AFM** – *Pik Instruments Nanosurf FlexAFM C3000*  
zakres skanowania: 100 × 100  $\mu\text{m}$  (XY), 15  $\mu\text{m}$  (Z)  
rozdzielczość pozycjonowania: 6 pm (XY), 0,9 pm (Z)  
tryby pracy: kontaktowy i przerywanego kontaktu  
pomiary w powietrzu i w cieczach  
mapowanie: topografia, sztywność, adhezja, właściwości nanomechaniczne
- **Układ nanoIR (IR/AFM)** - *Bruker Dimension Icon IR*  
nanoskalowe obrazowanie chemiczne w podczerwieni  
korelacja informacji topograficznej i spektroskopowej
- **Laserowy układ femtosekundowy**  
Badania ultraszybkich procesów fotochemicznych i fotofizycznych z wykorzystaniem femtosekundowej spektroskopii absorpcji przejściowej. W skład układu wchodzi następujące elementy:
  - femtosekundowy laser tytanowo-szafirowy Ti+3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (*Tsunami, Spectra Physics*), czas trwania impulsu: 100 fs, długość fali 798 nm, repetycja 82 MHz
  - laser pompujący laser femtosekundowy: laser na ciele stałym (Nd:YVO<sub>4</sub>) (*Millennia-Pro, Spectra Physics*), 532 nm, 5 W
  - wzmacniacz regeneratywny (*Spitfire Ace, Spectra Physics*), długość fali 800 nm, repetycja 1 kHz, średnia moc wiązki wyjściowej 4 W, czas trwania impulsu: 100 fs
  - laser pompujący wzmacniacz regeneratywny: laser impulsowy typu na ciele stałym Nd:YLF typu Q-switch (*Empower 30, Spectra Physics*), długość fali 527 nm, repetycja 1 kHz, moc minimalna wiązki wyjściowej 20 W
  - dwa optyczne wzmacniacze parametryczne (*OPA – optical parametric amplifier*) umożliwiające przestrajanie zakresu spektralnego impulsów femtosekundowych w zakresie 290-11000 nm (*TOPAS, Spectra Physics*)
  - wzmacniacz fazowy lock-in (*SRS 830, Stanford Research Systems*)
  - detektor HgCdTe (MCT): matryca 2x64 elementów wraz z systemem akwizycji danych (FPAS-0144, Infrared Associates) do pomiarów femtosekundowej absorpcji przejściowej w zakresie IR
  - monochromator (*iHR320, HORIBA Scientific*)
  - fotopowielacz (*PMTSS, Thorlabs*) do pomiarów absorpcji przejściowej z wysoką czułością w zakresie spektralnym 185-900 nm
  - chopper (*Model 3502, Newport*).

- **Mikroskop fluorescencyjny** - *Thermo Fisher Evos M7000*  
zautomatyzowany, odwrócony mikroskop fluorescencyjny przeznaczony do obrazowania komórek, tkanek i preparatów biologicznych obiektywy: 4x, 10x, 40x, filtry fluorescencyjne: DAPI, GFP, REP, TX Red, Trans
- **Czytnik mikroplątek** - *Thermo Fisher Varioskan LUX*  
wielofunkcyjny czytnik mikroplątek do analiz biologicznych i biochemicznych
- **System** BIO-RAD ChemiDoc MP Imaging System, zaawansowany system do obrazowania: Western blot, elektroforezy DNA/RNA, żeli agarozowych, żeli poliakrylamidowych, chemiluminescencji, fluorescencji, Image Lab Touch Software
- **Wirówka laboratoryjna** - MPW 260R  
laboratoryjna wirówka chłodzona umożliwiająca pracę z różnymi typami probówek oraz płytek laboratoryjnych
- **Komora laminarna (BSL-2)** – Esco Airstream, Alpina BIO  
komora laminarna przeznaczona do pracy sterylnej wymagającej ochrony produktu/próbki przed kontaminacją środowiskową
- **Inkubator** – Binder  
Inkubator zapewnia optymalne środowisko dla potrzeb hodowli komórkowych utrzymując stałe stężenie CO<sub>2</sub>, sterylności i wysokiej wilgotności
- **Automatyczny licznik komórek** – EVE™  
Licznik odróżnia komórki martwe od żywych dzięki barwieniu komórek błękitem trypanu i przedstawia wyniki zarówno jako liczbę komórek/ml, jak i obliczony % żywych komórek.
- **Myjka ultradźwiękowa** – FTS  
Myjka ultradźwiękowa służy do precyzyjnego, automatycznego czyszczenia przedmiotów z trudnych zabrudzeń i kontaminacji małego sprzętu laboratoryjnego (tłuszcz, osad, rdza, bakterie) za pomocą zjawiska kawitacji, wykorzystując fale dźwiękowe w wodzie z detergentem.

#### Oprogramowanie i pracownie komputerowe:

- licencje dydaktyczne na oprogramowanie specjalistyczne (np. WITec Project Plus 6.2, Renishaw WiRE, Agilent Resolutions Pro, Nanosurf C3000, Bruker AnalysisStudio, Andor SOLIS, Analysis Software Celleste, Imager Evos M7000, MATLAB, LabView, inne),
- dostęp do oprogramowania w ramach licencji studenckiej, np. Origin,
- integracja z systemami e-learningowymi (MS Teams, inne),
- narzędzia pracy grupowej (OneDrive)

#### W ramach LLSM działają następujące pracownie:

##### ➤ Pracownia spektroskopii Ramana

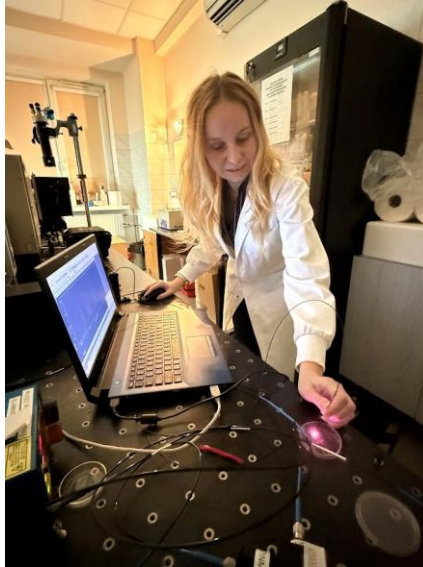
Pracownia spektroskopii Ramana stanowi nowoczesną przestrzeń badawczą przeznaczoną do chemicznej i molekularnej charakterystyki materiałów biologicznych, biomedycznych oraz funkcjonalnych z wykorzystaniem technik spektroskopii ramanowskiej. Laboratorium umożliwia analizę molekularną próbek na podstawie widm ich drgań molekularnych, pozwalając na identyfikację związków chemicznych oraz ocenę zmian strukturalnych materiałów bez konieczności znakowania próbek.

Laboratorium umożliwia prowadzenie:

- identyfikacji chemicznej materiałów,
- analiz jakościowych i porównawczych,
- pomiarów laboratoryjnych i mobilnych.

Wyposażenie:

- Przenośny spektrometr Ramana
- Spektrometr Ramana



#### ➤ **Pracownia obrazowania Ramana**

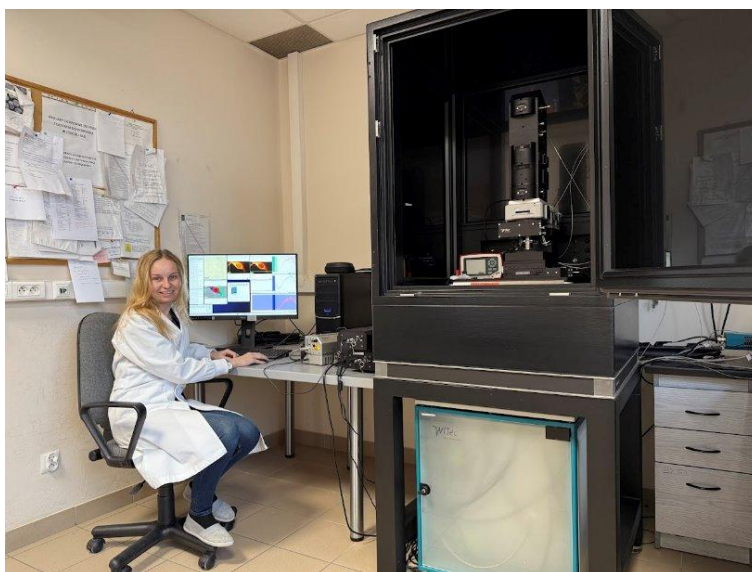
Pracownia obrazowania Ramana została zaprojektowana z myślą o prowadzeniu zaawansowanych badań spektroskopowych, w tym obrazowania materiałów biologicznych, biomedycznych oraz nanomateriałów funkcjonalnych z wykorzystaniem konfokalnej mikroskopii Ramana. Laboratorium umożliwia wysokorozdzielczą analizę molekularną i strukturalną próbek w skali mikro- i nanometrycznej.

Pracownia stanowi przestrzeń do realizacji badań z zakresu:

- biofotoniki,
- biologii komórki,
- nanotechnologii,
- biomateriałów,
- materiałów funkcjonalnych.

Wyposażenie:

- Konfokalny mikroskop Raman/AFM/SNOM/TERS
- Konfokalny mikroskop Ramana



### ➤ Pracownia spektroskopii i obrazowania IR

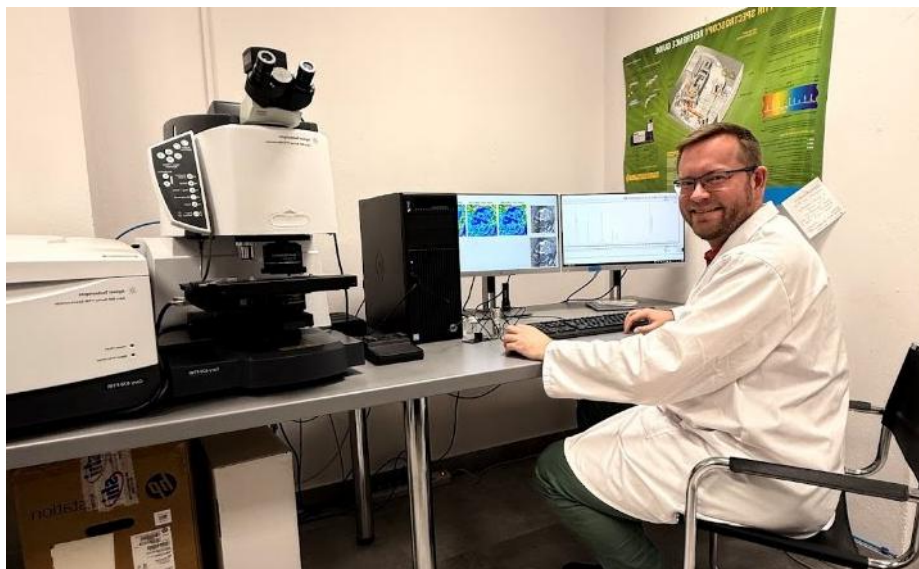
Pracownia spektroskopii i obrazowania FTIR została zaprojektowana z myślą o prowadzeniu zaawansowanych badań chemicznych, biologicznych i materiałowych z wykorzystaniem spektroskopii i obrazowania w podczerwieni (FTIR). Laboratorium umożliwia analizę składu chemicznego oraz heterogeniczności badanych próbek w skali mikro- i makroskopowej.

Pracownia stanowi przestrzeń do realizacji badań z zakresu:

- biologii komórki i tkanek,
- biomateriałów,
- materiałów funkcjonalnych,
- farmacji i chemii analitycznej,
- badań środowiskowych i żywnościowych.

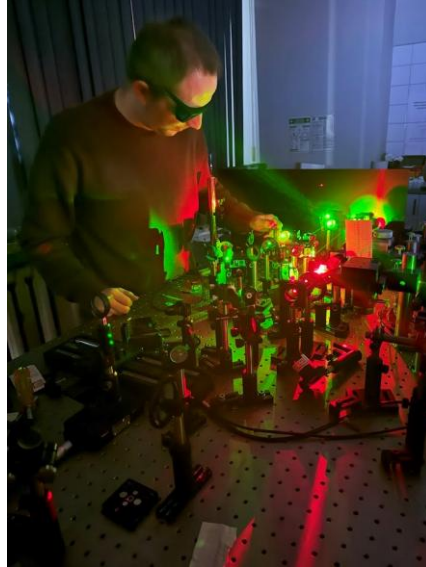
Wyposażenie:

- Spektrometr FTIR sprzężony z mikroskopem



### ➤ **Pracownia spektroskopii femtosekundowej**

W laboratorium prowadzone są badania ultraszybkich procesów fotochemicznych i fotofizycznych, zachodzących m.in. w fotoprzełącznikach i fotoczułaczach, z wykorzystaniem femtosekundowej spektroskopii absorpcji przejściowej.



### ➤ **Pracownia obrazowania AFM i nanoIR/AFM**

Pracownia obrazowania AFM i nanoIR/AFM została zaprojektowana z myślą o prowadzeniu zaawansowanych badań nanostrukturalnych, chemicznych i nanomechanicznych materiałów biologicznych oraz funkcjonalnych nanomateriałów. Laboratorium umożliwia korelacyjne obrazowanie topografii, właściwości mechanicznych oraz lokalnego składu chemicznego próbek z rozdzielczością przestrzenną poniżej 10 nm.

Pracownia stanowi przestrzeń do realizacji badań z zakresu:

- nanotechnologii,
- biofotoniki,
- biologii komórki,
- biomateriałów,
- materiałów funkcjonalnych,
- medycyny i diagnostyki molekularnej.

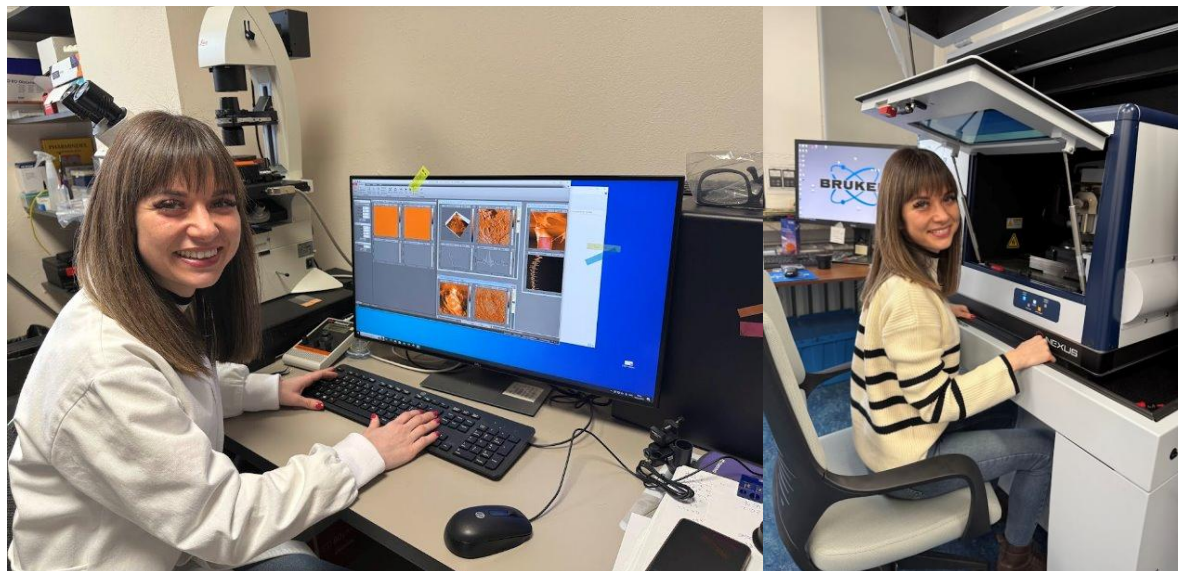
W laboratorium możliwe jest prowadzenie:

- nanoskalowego obrazowania chemicznego w podczerwieni,
- analizy topografii i chropowatości powierzchni,
- mapowania właściwości nanomechanicznych,
- badań adhezji i sztywności materiałów,
- korelacyjnych pomiarów AFM i FTIR/nanoIR,
- analiz materiałów biologicznych w powietrzu oraz w cieczach.

Pracownia umożliwia również prowadzenie badań nad heterogenicznością chemiczną i mechaniczną komórek, tkanek oraz nanomateriałów z wykorzystaniem technik AFM oraz nanoIR/AFM bazujących na efekcie fototermicznie indukowanej ekspansji próbki po absorpcji promieniowania IR.

Wyposażenie:

- Mikroskop AFM
- Układ nanoIR (IR/ AFM)



#### ➤ **Pracownia biologii molekularnej, obrazowania fluorescencyjnego i Western Blotting**

Pracownia biologii molekularnej, obrazowania fluorescencyjnego i Western Blotting została zaprojektowana z myślą o prowadzeniu badań z zakresu biologii komórki, biologii molekularnej, biofotoniki oraz analiz biochemicznych. Laboratorium umożliwia kompleksową realizację eksperymentów obejmujących hodowle komórkowe, analizy fluorescencyjne, badania metaboliczne oraz jakościową i ilościową analizę białek oraz kwasów nukleinowych.

Pracownia stanowi przestrzeń do prowadzenia:

- sterylnej pracy z hodowlami komórkowymi,
- analiz fluorescencyjnych komórek i tkanek,
- eksperymentów biologii molekularnej,
- analiz Western Blot,
- dokumentacji żeli DNA/RNA i białkowych,
- badań cytotoxyczności i aktywności metabolicznej,
- analiz ekspresji białek i markerów biologicznych.

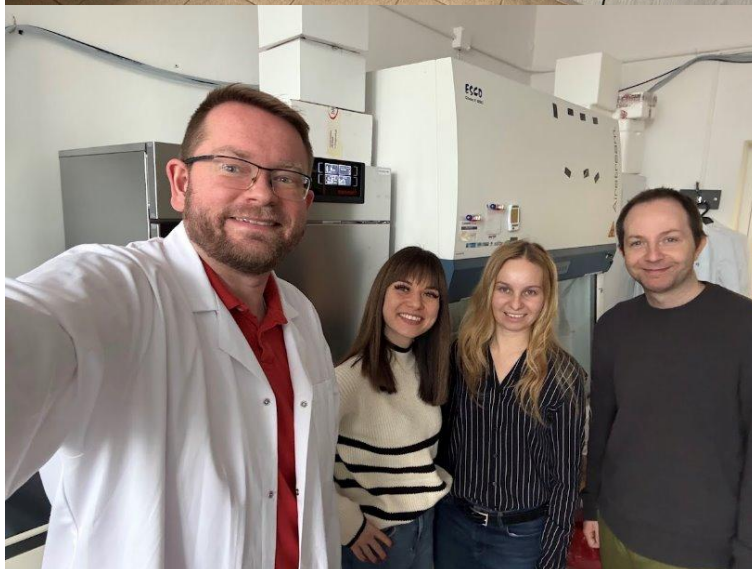
Laboratorium umożliwia prowadzenie badań nad:

- mechanizmami molekularnymi procesów komórkowych,
- odpowiedzią komórek na czynniki biologiczne i chemiczne,
- analizą ekspresji białek,
- obrazowaniem struktur subkomórkowych,
- oceną zmian metabolicznych i morfologicznych komórek,
- biomateriałami i układami biologicznymi.

Wyposażenie:

- Komora laminarna
- Inkubator do hodowli komórkowych z kontrolą poziomu CO<sub>2</sub>
- Wirówka laboratoryjna
- Czytnik mikroplatek
- Mikroskop fluorescencyjny
- System analizy żeli






## Kontakt

Laboratorium Laserowej Spektroskopii Molekularnej – LLSM

Email: [beata.brozek-pluska@p.lodz.pl](mailto:beata.brozek-pluska@p.lodz.pl)

 [mitr.p.lodz.pl/raman](http://mitr.p.lodz.pl/raman)

 tel. 31-92, 31-65, 31-91