**Opis przedmiotu zamówienia**
**na zakup spektrometru do badań próbek stałych i ciekłych, metodami spektroskopii FT-IR oraz FT-Raman**

Politechnika Lubelska (Zamawiający), z siedzibą w Lublinie (20-618) przy ul. Nadbystrzyckiej 38D NIP: 7120104651, REGON:000001726 w związku z realizacją projektu pn. „Centrum badawcze prośrodowiskowych i energooszczędnych materiałów oraz technologii (CeBMaT) w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, umowa nr POIR.04.02.00-00-D009/20 planuje zakup **spektrometru do badań próbek stałych i ciekłych, metodami spektroskopii FT-IR oraz FT-Raman.**

**I. Przedmiot zamówienia:**

|  |
| --- |
| Spektrometr do badań próbek stałych i ciekłych, metodami spektroskopii FT-IR oraz FT-Raman |

 **II. Opis przedmiotu zamówienia wraz z parametrami technicznymi:**

|  |
| --- |
| **Opis ogólny**Zestaw do analiz technikami FTIR-Raman-TGA umożliwiający charakterystykę ciał stałych, cieczy, past metodą spektroskopii FTIR i Ramana oraz umożliwiający charakterystykę gazów wydzielanych podczas dekompozycji próbek na analizatorze termograwimetrycznym spełniający poniższe parametry techniczne:**I. Moduł do pomiarów metodą spektroskopii absorpcyjnej w zakresie IR oraz spektroskopii Ramana**1. Metoda pomiaru: spektroskopia z transformacją Fouriera
2. Zakres pomiarów absorpcyjnych: co najmniej 12000 - 350 cm-1, zakres pomiarów Ramana: co najmniej 3500-100 cm-1
3. Źródło promieniowania: lampa wolframowa na zakres 27 000 – 2000 cm-1 oraz źródło ceramiczne z azotku krzemu na zakres co najmniej 9 600 – 20 cm-1 nie wymagające chłodzenia wodą; monolityczna konstrukcja źródła ceramicznego zapewniająca brak migracji punktu aktywnego; średni czas życia > 10 lat;
4. Automatyczny 4-pozycyjny układ przełączający:
	1. dwa źródła wbudowane
	2. port emisyjny dla źródła zewnętrznego z przejściem przez układ regulacji średnicy wiązki ("J-stop")
	3. detektor InGaAs do modułu Ramana
5. W zestawie beamsplittery: Ge/KBr na zakres spektralny nie mniejszy niż 7 800 - 350 cm-1 i Si/CaF2 na zakres co najmniej 14 500 -1 200 cm-1; możliwość rozbudowy o dodatkowe beamsplittery gwarantujące pokrycie zakresu spektralnego co najmniej 27 000 - 20 cm-1; automatyczne rozpoznawanie rodzaju beamsplittera przez system, możliwość wyposażenia w automatyczny zmieniacz beamsplitterów
6. Trójpozycyjny automatyczny układ zmiany detektorów
7. Wbudowany detektor DLaTGS z okienkiem KBr na zakres 12 000 - 350 cm-1
8. System obsługujący maksymalnie co najmniej 5 wbudowanych, automatycznie przełączanych detektorów
9. Zdolność rozdzielcza lepsza niż 0.09 cm-1 (pomiar szerokości połówkowej pasma CO)
10. Interferometr Michelsona 90º, nie wymagający zasilania sprężonym powietrzem, odporny na wibracje i wpływ zmian temperaturowych, justowany dynamicznie w trakcie skanowania z częstotliwością odpowiadającą częstotliwości przejść przez zero sygnału lasera nawet przy maksymalnej szybkości skanowania; mechanizm dynamicznego justowania wykorzystujący wiązkę lasera He-Ne, padającą na trójpozycyjny detektor laserowy, do monitorowania i utrzymywania idealnego względnego położenia kątowego zwierciadeł;
11. System automatycznego rozpoznawania z poziomu oprogramowania akcesoriów (co najmniej: ATR – Golden Gate, Miracle, SplitPea, DRITFS, Specular Reflectance, PAS) oraz elementów systemu takich jak detektory i beamsplittery.
12. Przystawka ATR z kryształem diamentowym litym na zakres co najmniej od 10 000 do 50 cm-1. Przystawka wyposażona w odchylane urządzenie dociskowe o powtarzalnej sile docisku z mechanizem dynamometrycznym, automatycznie rozpoznawana przez spektrometr z automatycznym ładowaniem optymalnych parametrów analizy.
13. Możliwość rozbudowy na dalsze zakresy spektralne (zakres maksymalny nie gorszy niż 27 000 - 10 cm-1) i do pracy z technikami łączonymi: GC/IR, TG/IR, FT-Raman, mikroskopia IR
14. Skanowanie liniowe z szybkością regulowaną w zakresie co najmniej 0,16 - 6,2 cm/s
15. Możliwość rozbudowy do skanowania krokowego ("step-scan") zarówno z zatrzymaniem lustra (modulacja amplitudy, pomiary czasowo-rozdzielcze) jak z oscylacją lustra wokół zatrzymanej pozycji (modulacja fazy - w tym pomiary fotoakustyczne z profilowaniem w głąb próbki) oraz z modulacją wielokrotną
16. Apertura regulująca moc wiązki, o powtarzalnej regulacji średnicy w zakresie 0-100% co 1%
17. Elementy układu optycznego montowane stabilnie na ławie optycznej za pomocą kołków pozycjonujących
18. Monolityczne zwierciadła w układzie optycznym
19. Poziom szumów (amplituda międzyszczytowa) nie przekraczający 7.9 x 10-6Abs (sygnał/szum ≥ 55 000 : 1) dla detektora DLaTGS, rozdzielczości 4 cm-1 przy pomiarze 1 min
20. Maksymalna szybkość zbierania danych nie gorsza niż 65 skanów/s dla rozdzielczości 16 cm-1 (odstęp danych 8 cm-1)
21. Układ optyczny szczelny i osuszany z oddzielającymi przedział próbek okienkami KBr z powłoką niehigroskopijną
22. Możliwość rozbudowy o zastępujące okienka KBr automatycznie otwierane/zamykane przesłony między przedziałem próbek a wnętrzem spektrometru
23. Podłączenia do opcjonalnego przedmuchu spektrometru i przedziału próbek osuszonym gazem
24. Duża komora pomiarowa o wymiarach podstawy co najmniej 21 x 26 cm z wysokością wiązki 3.5" ponad podstawą; proste zdejmowanie pokrywy przedziału próbek bez używania narzędzi umożliwiające wygodną pracę w przypadku używania różnorodnych akcesoriów
25. Przyciski do szybkiego uruchomienia pomiaru w poszczególnych modułach pomiarowych
26. Wbudowana na stałe w aparat automatyczna przystawka do testowania spektrometru z kołem z wzorcami, sterowana z poziomu oprogramowania, zawierająca co najmniej następujące wzorce:
	1. folia polistyrenowa o grubości ok. 38µm (1.5mil)
	2. filtr szklany typu NG11
27. Możliwość rozbudowy o polaryzator z automatyzacją regulacji kąta obrotu i wprowadzenia/usunięcia polaryzatora z wiązki
28. Zasilacz spektrometru umieszczony na zewnątrz aparatu eliminujący wprowadzanie wysokiego napięcia (prądu zmiennego 230V) do aparatu i zapewniający podwyższoną stabilność termiczną systemu
29. Podłączenia do przedmuchu spektrometru i przedziału próbek osuszonym gazem z przewodami i regulatorem przepływu gazu
30. Interfejs TGA-IR montowany w komorze przedziału próbek, składający się z grzanej kuwety gazowej o długości co najmniej 10 cm, grzanej kapilary łączącej TGA z kuwetą oraz zintegrowanego kontrolera temperatury z możliwością kontroli temperatury do co najmniej 250°C.
31. Moduł FT-Raman:
	1. mocowany wymiennie w przedziale próbek spektrometru FTIR
	2. masa poniżej 8kg umożliwiająca montowanie przez jedną osobę
	3. laser wzbudzający 1064 nm o mocy regulowanej w zakresie 50-500 mW, wielkość plamki lasera na próbce < 60µm
	4. filtr promieniowania Rayleighowskiego, zakres spektralny przesunięcia Ramana: 3500 - 100 cm-1
	5. wbudowana kolorowa kamera do obserwacji próbek
	6. automatyczny stolik X-Y-Z z krokiem przesuwu nie większym niż 5µm, zapewniający możliwość wykonywania map spektralnych, zakres przesuwu stolika co najmniej 100x100x20mm (X-Y-Z)
	7. płytka z 48 dołkami na próbki, uchwyt do szkiełek mikroskopowych, uchwyt do fiolek cylindrycznych i rurek kapilarnych
	8. detektor InGaAs wbudowany w spektrometr
	9. klasa 1 bezpieczeństwa pracy z laserem
32. Pełny program obsługi spektrometru co najmniej w języku polskim i angielskim zgodny z systemem operacyjnym Windows 10; automatyczny wybór wersji językowej przy logowaniu do systemu operacyjnego komputera lub przez wybór opcji regionalnych w panelu sterowania; wymagana charakterystyka:
33. logowanie użytkowników z hasłami i różnymi poziomami dostępu
34. funkcja automatycznego doboru wzmocnienia sygnału
35. podgląd widm zapisanych na dysku przed ich otwarciem (jak podgląd dokumentów w pakiecie Office)
36. dostęp do surowych danych łącznie z interferogramem z możliwością ich przenoszenia (eksportu) do zewnętrznych programów w postaci danych ASCII
37. funkcje przetwarzania widm: korekcja linii bazowej – automatyczna i manualna, dekonwolucja, odejmowanie spektralne, wyznaczanie pochodnych, znajdowanie maksimów, wygładzanie, transformacja Kramersa Kroniga, korekcja ATR, pomiar wysokości i położenia pasma, pomiar pola powierzchni pasm - bezwzględnej i względnej
38. funkcja rozkładu pasm na składowe z algorytmem konwergencji typu Fletcher-Powell-McCormick, uwzględniająca co najmniej następujące typy pasm: Gaussian, Lorentzian, mieszany Gaussian/Lorentzian, Voigt
39. przeszukiwanie bibliotek w celu identyfikacji widma nieznanej próbki oraz/lub porównania z widmem wzorca
40. tworzenie własnych bibliotek użytkownika
41. w zestawie biblioteki widm obejmujące co najmniej 10 000 widm związków organicznych, nieorganicznych w stanie skondensowanym zarejestrowane techniką FTIR
42. biblioteka IR związków w fazie gazowej obejmująca co najmniej 400 widm najczęściej spotykanych w analizach TGA-IR
43. biblioteki widm związków organicznych, nieorganicznych zarejestrowane techniką spektroskopii Ramana, obejmujące co najmniej 3200 widm
44. moduł oprogramowania do analiz chemometrycznych obejmujący algorytmy analizy ilościowej i klasyfikacyjnej – co najmniej następujące:
	* + - do analiz ilościowych
				* Prawo Lamberta-Beera
				* CLS (klasyczna metoda najmniejszych kwadratów)
			- do analiz klasyfikacyjnych
				* Search Standards (przeszukiwanie biblioteki wzorców z analizą korelacji, także dla pochodnych widm)
				* Similarity match (wektorowa analiza podobieństwa)
				* QC compare (analiza korelacyjna widm uśrednionych)
45. moduł do tworzenia i wykonywania makroinstrukcji
46. moduł spektralnej interpretacji widm,
47. automatyczna korekcja zawartości CO2 i pary wodnej przez oprogramowanie bez konieczności zbierania widm referencyjnych
48. wyświetlanie widm w czasie rzeczywistym (w trakcie pomiaru),
49. automatyczne wykonywanie testów jakości widm z informowaniem użytkownika m.in. o niepożądanych pasmach spektralnych w widmie tła, nieprawidłowym kształcie pasm, obecności pasm całkowicie absorbujących, nachyleniu linii podstawowej, zbyt małej energii interferogramu,
50. aktywna diagnostyka w trakcie pomiaru z ciągłym monitorowaniem stanu elementów systemu i wizualnym wskaźnikiem poprawnej pracy aparatu
51. archiwizowanie gotowych raportów w nieedytowalnych skoroszytach elektronicznych z funkcją przeszukiwania skoroszytów umożliwiającą szybkie dotarcie do każdego raportu
52. moduł oprogramowania do analiz kinetycznych np. łączonych analiz TGA-IR z wyświetlaniem rekonstrukcji Gram-Schmidta oraz śledzeniem co najmniej 5 profili w czasie rzeczywistym, umożliwiający tworzenie wykresów 3D i map przekrojowych w funkcji czasu i temperatury
53. moduł rozszerzonej analizy widm obejmujący algorytm jednoczesnej wieloskładnikowej identyfikacji widm, pozwalający na identyfikację składników próbki w trakcie pojedynczego przeszukiwania biblioteki, bez konieczności stosowania odejmowania widm poszczególnych składników
54. przetwarzanie widma: korekcja linii bazowej – automatyczna i manualna, wygładzanie, odejmowanie spektralne, wyznaczanie pochodnych, znajdowanie maksimów
55. korekcja intensywności widm Ramana umożliwiająca korzystanie z bibliotek widm mierzonym techniką dyspersyjną i FT-Raman
56. przeszukiwanie bibliotek w celu identyfikacji widma nieznanej próbki oraz/lub porównania z widmem wzorca
57. tworzenia własnych bibliotek użytkownika.
58. tworzenie i analiza map spektralnych: mapy liniowe, obszaru, zestawy punktów dyskretnych.
59. możliwość tworzenia map mozaikowych, przekrojowych, trójwymiarowych; analiza chemometryczna map.
60. moduł oprogramowania do analiz programowanych z użyciem płytek wielodołkowych

**II. Moduł do analiz termograwimetrycznych** 1. Zakres temperatur: od temp. otoczenia do 1000 °C
2. Waga w układzie pionowym działająca na zasadzie kompensacji masy
3. Czułość wyznaczanej zmiany masy nie gorsza niż: 0.1 μg
4. Rozdzielczość sygnału masy nie gorsza niż: ± 0,002 μg
5. Pojemność wagi próbki oraz zakres dynamiczny: 1000 mg
6. Precyzja ważenia ± 0,01 %
7. Dokładność temperatury nie gorsza niż: ±1 °C
8. Precyzja pomiaru temperatury: ±0.1 °C
9. Zakres prędkości ogrzewania nie mniejszy niż 0.1 do 100 °C/min
10. Czas chłodzenia pieca z temperatury 1000 °C do 50 °C nie dłuższy niż 12 min
11. Automatyczne zawieszanie szalek na ramieniu wagi – bez niebezpieczeństwa uszkodzenia precyzyjnego mechanizmu wagi przez operatora
12. Automatyczne zamykanie pieca
13. Automatyczne wyznaczanie i zapisywanie masy początkowej próbki
14. Wbudowane masowe kontrolery przepływu gazów przedmuchujących z precyzyjną kontrolą przepływu gazów (precyzja nie gorsza niż 0.01ml/min). Możliwość automatycznego programowalnego z poziomu oprogramowania przełączania gazów (np. azot/tlen, azot/powietrze).
15. Dynamiczny dryft linii bazowej <25 μg (surowy bez odejmowania linii bazowej ani żadnych korekcji danych surowych, naczynka platynowe (od 50 do 1000 °C))
16. Niezbędne podłączenia zapewniające sprzężenie ze spektrometrem FT-IR celem identyfikacji gazów – produktów rozkładu z wykorzystaniem dedykowanego pieca z wykładziną kwarcową, pozwalającego na zwiększenie czułości w detekcji wydzielanych gazów.
17. Możliwość współpracy ze spektrometrem MS
18. Poziomy przedmuch pieca gwarantujący szybkie usuwanie uwalnianych gazów i eliminujący powstawanie efektów kominowych
19. Możliwość rozbudowy o funkcję wysokorozdzielczych analiz TGA, umożliwiająca separację w nakładających się procesach ubytku masy próbki, pozwalająca na 3 tryby pracy:
	* Dynamiczny – ze zmienną prędkością ogrzewania pieca
	* Ze stałą prędkością reakcji
	* Auto Stepwise TGA – automatyczne zatrzymanie ogrzewania w trakcie procesu ubytku masy. Umożliwia osiągnięcie wysokiej rozdzielczości w eksperymentach TGA przy nakładających się procesach ubytku masy próbki.
20. Wbudowany ekran ciekłokrystaliczny umożliwiający wyświetlanie podstawowych parametrów pomiarowych, umożliwiający odtworzenie i uruchomienie zaprogramowanych metod, ładowanie, tarowanie i monitorowanie przeprowadzonego eksperymentu.
21. W zestawie z aparatem komplet 3 szt szalek platynowych o pojemności 100 μl, wzorce do kalibracji masy i temperatury (Ni)
22. Szeroki wybór opcjonalnych szalek pomiarowych: platynowe i ceramiczne o pojemnościach: 50 ul, 100 ul, 250 μl.
23. Pakiet oprogramowania do sterowania analizatorem umożliwiający co najmniej:
	* Kontrolę eksperymentów z możliwością wykorzystywania kreatorów metod, kreatorów kalibracji, prowadzących użytkownika krok po kroku przy tworzeniu metod pomiarowych
	* wyświetlanie sygnałów pomiarowych w czasie rzeczywistym
	* możliwość modyfikacji eksperymentu w czasie rzeczywistym (w trakcie jego trwania)
	* Kalibrację obejmującą kalibrację linii bazowej, wyznaczanie stałej celi, kalibrację temperatury (co najmniej 5-punktową).
	* Automatyczny bezpłatny update oprogramowania wewnętrznego aparatu przez internet
	* Oprogramowanie może być instalowane i używane na dowolnej ilości stacji roboczych bez dodatkowych opłat
24. Program analizy danych umożliwiający:
	* + Integrację pików przy wykorzystaniu różnych linii bazowych: poziomej, sigmoidalnej i ekstrapolowanej
		+ Wyznaczanie charakterystycznych punktów przemian fazowych: początku, końca przemiany fazowej oraz maksimum piku
		+ Analiza odporności na utlenianie
		+ Wyznaczanie ubytku masy w % lub jednostkach masy: μg, mg
	* Wyznaczanie masy końcowej próbki jako % masy początkowej
		+ Szerokie możliwości prezentacji graficznej wykresów: nakładanie krzywych, powiększanie dowolnego fragmentu, itp.
		+ Wyznaczanie pochodnych krzywej pierwszego i drugiego rzędu, prezentacje krzywych w funkcji wybranych jednostek (np. temperatury, czasu), prezentacje krzywych w skali logarytmicznej, itp.
		+ Funkcja automatyzacji analizy poprzez tworzenie makroinstrukcji
		+ Możliwość analizy danych z innych modułów pomiarowych: SDT, DMA, TMA
		+ Funkcję eksportu danych w różnych formatach (co najmniej następujących: ASCII - TXT/CSV, PDF, BMP, HPGL, Metafile, bezpośrednie kopiowanie Kopiuj/Wklej)
		+ Wygładzanie krzywych, dekonwolucja, mnożenie, dzielenie i dodawanie stałych
		+ Generator raportów umożliwiający tworzenie szablonów raportów użytkownika z eksportem raportów do programów pakietu Office
		+ Wymagane jest aby oprogramowanie do analizy danych mogło być zainstalowane na dowolnej liczbie komputerów, umożliwiając obróbkę danych niezależnie od wykonywanego eksperymentu, bez dodatkowych opłat licencyjnych
	* Oprogramowanie musi być dostępne do pobrania ze strony producenta, lub innego ogólnie dostępnego źródła

**III. Jednostka sterująca:****O parametrach nie gorszych niż:** procesor co najmniej 3 GHz, pamięć RAM co najmniej 16 GB, dysk twardy o pojemności co najmniej 250 GB SSD, co najmniej 6 portów USB w tym 2 typu USB 3.0, oraz 1 port LAN, monitor co najmniej 23”**Dopuszcza się zaoferowanie dwóch urządzeń w pełni kompatybilnych i pracujących pod jednym oprogramowaniem.** |

**III. Dodatkowe wymagania:**

|  |
| --- |
| Np. - czas dostawy i uruchomienia w terminie nie dłuższym niż 12 tygodni od dnia zawarcia umowy - gwarancja na min. 12 miesięcy od daty wystawienia protokołu zdawczo-odbiorczego- przeprowadzenie jednodniowego szkolenia (min. 6 godzin) dla min. 4 pracowników Zamawiającego w zakresie obsługi urządzenia, w siedzibie Zamawiającego- zapewnienie serwisu gwarancyjnego i pogwarancyjnego, w miejscu użytkowania sprzętu, przy zachowaniu terminu reakcji serwisu nie przekraczającym 2 dni robocze od zgłoszenia problemu oraz naprawa do 14 dni |