

## Opis przedmiotu zamówienia

### OPIS aparatury badawczej:

Zautomatyzowany analizator sorpcji fizycznej wraz z komponentami, wyposażony w stacje przygotowania próbki, zdolny do pomiarów materiałów mikroporowatych w reżimie niskiej próżni.

Zautomatyzowany aparat sorpcji fizycznej do analizy powierzchni właściwej oraz wielkości i rozkładu porów o następujących parametrach:

- 1) Analizator określa pole powierzchni właściwej ciał stałych i proszków, jak również rozkład rozmiaru porów wykorzystując adsorpcję fizyczną;
- 2) Typ uszczelnień i konfiguracja wewnętrzna aparatu zapewniająca gotowość do pracy z następującymi gazami analitycznymi: N<sub>2</sub>, Ar, Kr, He, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> i inne gazy niekorozyjne;
- 3) **Wbudowany automatyczny system odgazowywania próbki z co najmniej 4 stanowiskami odgazowania w tej samej obudowie głównego aparatu pomiarowego. Stacje odgazowania muszą posiadać możliwość pracy w trakcie wykonywanego pomiaru próbek na wszystkich stacjach analitycznych, powinny posiadać możliwość odgazowania z udziałem pompy turbomolekularnej dla polepszenia warunków próżniowych w przypadku próbek mikroporowatych.**
- 4) Wbudowane porty odgazowujące powinny posiadać oddzielną, dedykowaną linię przepływu, niezależną od kolektorów w układzie analizy próbek w celu wyeliminowania możliwości zanieczyszczenia, oddzielny przetwornik ciśnienia i miernik próżni.  
**Wymagane są co najmniej 2 niezależne strefy temperaturowe z płaszczami grzejnymi.**
- 5) **W systemie odgazowania musi być zainstalowana wymrażarka kriogeniczna w celu poprawy próżni i ochrony układu próżniowego** przez zanieczyszczeniami par substancji usuwanych z przygotowywanego materiału. Wymrażarka powinna posiadać możliwość swobodnego demontażu w celu usunięcia zanieczyszczeń;
- 6) **Wymagana możliwość mocowania płaszcza grzewczego w stacji odgazowania np. do obudowy urządzenia za pomocą elastycznych uchwytów lub haczyków w celu**

**zabezpieczenia przed zsunięciem się płaszcza z próbówki pomiarowej w trakcie procesu wygrzewania** (nie dopuszcza się użycia zacisków lub klipsów wsuwanych na płaszcz grzewczy).

- 7) Możliwość zaprogramowania co najmniej sześciu stopni grzewczych na jeden protokół odgazowania. Każdy krok powinien składać się z jednego programowalnego narostu szybkości temp. ogrzewania oraz jednego programowalnego okresu izotermicznego (podtrzymania). **Wymagana możliwość ustawienia testu ciśnieniowego na poprawność przeprowadzonego etapu odgazowania próbki.**
- 8) **Wymagana możliwość programowania, obsługi oraz rejstru kroków wykonywanych przez stacje odgazowania za pomocą jednego i tego samego oprogramowania, sterującego całym aparatem adsorpcyjnym.**
- 9) Aparat musi być wyposażony w bezolejowy układ próżniowy oparty o pompę turbomolekularną i pompę membranową próżni wstępnej (obie pompy wbudowane w głównym urządzeniu pomiarowym) o końcowej próżni, co najmniej  $3,75 \times 10^{-10}$  mmHg (torr);
- 10) Układ próżniowy powinien być zabezpieczony przed zanieczyszczeniem zaworów rozdrobnioną próbką za pomocą inteligentnego trybu ograniczania ciśnienia, który zatrzymuje ogrzewanie, jeśli wzrost ciśnienia przekroczy określoną wartość programowaną przez użytkownika;
- 11) Analizator wyposażony, w co najmniej 3 stacje pomiarowe do analizy wielkości porów o średnicy minimum 2nm, w tym przynajmniej jedna z nich o zwiększonej czułości z możliwością pomiaru makro, mezo i mikroporów od wartości 0,35nm przy użyciu azotu.
- 12) Urządzenie powinno posiadać przetworniki ciśnienia **1 torr, 10 torr i 1000 torr, niezależne dla przynajmniej jednej ze stacji pomiarowej.**
- 13) Minimalna wielkość mierzonej powierzchni właściwej sorbentu (dla azotu): 0,01 m<sup>2</sup>/g;
- 14) Minimalna wielkość mierzonej powierzchni właściwej sorbentu (dla kryptonu): 0,0005 m<sup>2</sup>/g;
- 15) Zakres ciśnienia P/Po: co najmniej od wartości  $< 1 \times 10^{-7}$  do 0,99;

- 16) Zakres pomiaru dystrybucji wielkości porów: od 0,35 nm do ponad 500 nm;
- 17) Część układu dozowania i pomiaru ciśnienia gazów analitycznych (najważniejsza z punktu widzenia szczelności a tym samym dokładności otrzymywanych wyników) musi być uszczelniona przy pomocy uszczelek metalowych;
- 18) **Aparat powinien posiadać izolowane kolektory gazowe w środku urządzenia w celu utrzymania stabilnych termicznie warunków pomiaru, niezależnie od otoczenia;**
- 19) **Urządzenie powinno posiadać otwieraną osłonę lub innego rodzaju otwieraną pokrywę przednią izolującą dewar lub naczynie z chłodziwem od otoczenia laboratoryjnego w celu zmniejszenia efektu wilgoci z atmosfery;**
- 20) Aparat pomiarowy musi być wyposażony w dewar na ciekły azot o pojemności, co najmniej 3L i pozwalający przeprowadzanie pomiaru przez czas, co najmniej 90h bez konieczności uzupełniania azotu w trakcie prowadzonego pomiaru;
- 21) **Wymagany jest system chłodzący pozwalający na utrzymanie stałego poziomu cieczy kriogenicznej na próbkach pomiarowych w trakcie całego pomiaru. System musi zapewnić możliwość automatycznej (realizowanej przez oprogramowanie urządzenia i czujnik) ciągłej korekty położenia dewara w trakcie analizy dla utrzymania stałego poziomu cieczy chłodzącej na próbkach pomiarowych, w trakcie odparowania chłodziwa przy dłuższym pomiarze. Dokładność korekty poziomu nie gorsza niż 0,5mm.**
- 22) Urządzenie powinno posiadać możliwość automatycznego ponownego ustalania objętości pustej przestrzeni w próbówce podczas analizy, w szczególności w regionie mikroporów, w celu uwzględnienia najmniejszych zmian temperatury podczas długiej analizy próbki;
- 23) **Aparat musi posiadać możliwość prostej instalacji izolowanego naczynia chłodzącego-grzewczego które można podłączyć do łaźni chłodniczej. Naczynie dostosowane do urządzenia, z możliwością samodzielnego montażu przez użytkownika w miejsce platformy dewara na ciekły azot. Naczynie musi mieć możliwość utrzymania stałej temp chłodziwa w zakresie co najmniej od 0 do 50 st C, w którym zanurzone są próbówki z próbką podczas pomiaru oraz automatycznej kontroli stałego poziomu zanurzenia**

próbówek w trakcie całego procesu pomiarowego, niezależnie od poziomu cieczy w naczyniu.

**24) Aparat powinien być wyposażony w dedykowaną probówkę ciśnienia odniesienia gazu (P<sub>0</sub>) z oddzielnym przetwornikiem ciśnienia, niezależnym od stacji pomiarowych. Probówka (P<sub>0</sub>) musi być wykonana z tego samego szkła, co probówki pomiarowe z próbką dla zachowania tych samych warunków pomiaru ciśnienia jak w probówkach z badanym materiałem;**

25) Aparat dodatkowo musi być wyposażony w trzy średnice probówek pomiarowych, 12 mm, 9 mm i 6 mm, aby pomieścić różne typy próbek; dodatkowo szklane wypełnienia dla zmniejszenia objętości próbki, dla probówek 6, 9 i 12mm;

- wymagane co najmniej 6 probówek o średnicy 6mm zakończone kolbą na dole
- wymagane co najmniej 4 probówki o średnicy 9mm
- wymagane co najmniej 2 probówki o średnicy 9mm zakończone kolbą na dole
- wymagane co najmniej 3 szklane pręciki wypełniających próbkę z materiałem badanym, pasujących do probówek 9mm
- wymagane co najmniej 2 probówki o średnicy 12mm zakończone kolbą na dole
- wymagane co najmniej 2 szklane pręciki wypełniające próbkę z materiałem badanym pasujące do probówek 6mm oraz 2 szklane pręciki pasujące do probówek 12mm
- wymagane dostarczenie szklanego lejka z długą nóżką umożliwiającego dozowanie drobnego proszku na dno próbki pomiarowej bez kontaktu ze ścianką próbki
- wymagane dostarczenie co najmniej 6 szt. korków zamykających próbki pomiarowe w celu zabezpieczenia przy przenoszeniu próbek po etapie odgazowania
- smar próżniowy do uszczelek typu o-ring
- co najmniej 1 zapasowa probówka z kolbą z małą dole do pomiaru ciśnienia odniesienia P<sub>0</sub>
- zapasowe szkło do pułapki mroźniowej
- zapasowe pakiety uszczelek typu dla średnicy 6mm i 9mm

- wymagane rurki przyłączeniowe dostosowane do odpowiednich gazów
- przynajmniej 1 pakiet wąskich szczotek do czyszczenia próbek po materiale badanym
- elektroniczna waga analityczna zapewniająca dokładność odczytu nie gorszą niż 0,1 mg

- 26) **Aparat pomiarowy powinien posiadać wszystkie zawory elektromagnetyczne wyposażone w magnesy stałe, bistabilne w każdym stanie nastawy, niewymagające konieczności stosowania jakichkolwiek gazów lub płynów do otwarcia lub zamknięcia zaworu.**
- 27) **Wszystkie wymienione w specyfikacji dodatkowe komponenty takie jak: pompa membranowa, pompa turbomolekularna czy stacja odgazowania muszą być fabrycznie nowe i wbudowane w aparat (muszą stanowić jedną, zwartą całość w celu optymalizacji miejsca w laboratorium).**
- 28) Oprogramowanie kompatybilne z systemem Windows 10 (64bit) lub równoważnym, bez konieczności emulacji do środowiska 32bit; Współpraca z dyskami i drukarkami sieciowymi, podgląd raportów na ekranie i eksportowanie do innych formatów;
- 29) Oprogramowanie przeznaczone do obsługi analizatora sorpcji gazów, analizy wyników oraz przygotowywania raportów z pomiarów musi zawierać szereg modeli i metod analizy danych, w tym: Pomiar powierzchni właściwej metodami BET (wymagane narzędzie do automatycznego doboru zakresu liniowego BET dla materiałów mikroporowatych zgodnie z ISO 9277:2010) i Langmuira, pomiar dystrybucji wielkości porów metodami BJH, DR, DH, alpha-s, KK i SF, algorytm wyliczania STSA, metody typu t-plot. Metody DFT i NLDFT dostępne w głównym programie przetwarzania danych oraz kontroli urządzenia wraz z biblioteką co najmniej 25 modeli dla różnych układów adsorbent / adsorbat przy różnych temperaturach pomiaru oraz dla różnych kształtów porów. Metody typu DFT muszą zawierać modele uwzględniające heterogeniczność powierzchni i pozwalać na obliczanie rozkładu wielkości porów na podstawie zmierzonych izoterm adsorpcji azotu, argonu oraz dwutlenku węgla.

- 30) **Dostępność metod obliczeniowych QSDFT dla próbek węglowych w głównym programie przetwarzania danych oraz kontroli urządzenia**
- 31) Metoda GCMC przeznaczona do analizy danych z pomiaru sorpcji CO<sub>2</sub> w temperaturze 273 K oraz metoda wyznaczania ciepła adsorpcji na podstawie kilku izoterm zebranych w pomiarach przy różnych temperaturach, a także metoda przeznaczona do pomiaru porowatości cienkich warstw przy pomocy kryptonu.  
Wszystkie wymienione modele, metody i biblioteki oprogramowania muszą być zawarte w głównej aplikacji (oprogramowaniu) oferowanego urządzenia;
- 32) Oprogramowanie powinno umożliwiać pełną personalizację formatu raportów (wykresy, tabele, dane podsumowujące, kolejność stron i formatowanie stron) bez konieczności znajomości kodu oprogramowania, czy modyfikacji odpowiednich algorytmów obliczeniowych.
- 33) Oprogramowanie musi umożliwiać nieustanną kontrolę w trakcie pracy aparatu, co najmniej takich parametrów jak: stan zaworów (otwarte/zamknięte), ciśnienie odniesienia P<sub>o</sub>, liczba wymaganych punktów pomiaru, liczba uzyskanych punktów pomiaru, prędkość pompy turbomolekularnej, temperatura płaszczu grzewczego, temperatura kolektorów gazowych, odczyt próżniomierza Piraniego, wybrany adsorbat, ciśnienie odgazowania próbki.
- 34) Wraz z urządzeniem dostarczony zostanie komputer PC z monitorem co najmniej 24 cale, klawiatura i mysz oraz system operacyjny Windows 10 (64bit) lub nowszy.  
Minimalne wymagania komputera: Procesor o wartości testu Benchmark minimum 7958, dysk z szybkim dostępem typu SSD co najmniej 250GB, pamięć RAM co najmniej 16GB, karta sieciowa ze złączem RJ45.
- 35) Wymagana komunikacja aparatu z komputerem poprzez wbudowaną kartę sieciową (Ethernet), co umożliwia zdalną (poprzez sieć Internet) kontrolę urządzenia oraz zadawania parametrów analizy i kontrolę postępu pomiarów;
- 36) **Możliwość pracy aparatu w trybie off-line bez dostępu do Internetu, a także bez ciągłego połączenia z komputerem sterującym PC w razie odłączenia komputera od urządzenia.**

- 37) Dostępna wielostanowiskowa licencja na oprogramowanie do obróbki wyników z możliwością instalacji na nieograniczonej liczbie komputerów.
- 38) **Urządzenie powinno posiadać certyfikat CE i być fabrycznie nowe (rok produkcji co najmniej 2021) oraz instrukcje w języku Polskim i Angielskim.**
- 39) Zasilane prądem przemiennym (AC) o napięciu 220-230V i częstotliwości 50-60Hz
- 40) Wymagane dostarczanie wraz z urządzeniem wzorcowych materiałów kalibracyjnych (wzorzec o powierzchni nie mniejszej niż 700m<sup>2</sup>/g – mikroporowaty oraz drugi wzorzec o powierzchni nie mniejszej niż 90m<sup>2</sup>/g - mezoporowaty)
- 41) Wraz z urządzeniem wymagane jest dostarczenie następujących reduktorów:  
- co najmniej 2 reduktory butlowe 2-stopniowe do gazów czystych, niekorozyjnych o wysokiej dokładności w zakresie 0-3 bar z membraną w pierwszym stopniu redukcji oraz konstrukcją mieszkową w drugim stopniu redukcji, gwarantujących zachowanie parametrów jakościowych zasilanego gazu o czystości laboratoryjnej N50 i N60
- 42) Wymagany zasilacz UPS o mocy przynajmniej 2kVA zapewniający czas autonomii przy pełnym obciążeniu co najmniej 30min w celu podtrzymania napięcia i stabilizacji w trakcie pracy urządzenia.

Wymagana instalacja przez dostawcę i szkolenie co najmniej 3 dniowe, niezbędne do prawidłowej obsługi urządzenia.

Wykonawca zobowiązany jest do zapewnienia, co najmniej **36 miesięcznej gwarancji** na przedmiot zamówienia, liczonej od daty podpisania protokołu przyjęcia sprzętu. Zakres gwarancji musi obejmować, co najmniej wady fabryczne, konstrukcyjne i materiałowe urządzenia z wyłączeniem elementów zużywalny lub szklanych naczyń pomiarowych. Gwarancja winna obejmować dodatkowo świadczone bezpłatnie w okresie gwarancyjnym przeglądy okresowe i obsługę serwisową, zgodnie z wymogami użytkowymi dla danego urządzenia, w tym wymiany części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych wykonywane z częstotliwością zapewniającą bezusterkową eksploatację.

**W celu potwierdzenia, że zaoferowane urządzenie odpowiada wymaganiom określonym przez Zamawiającego, Zamawiający żąda dołączenia do oferty opisów technicznych, kart katalogowej lub innych dokumentów, np. wydruków ze strony**

**internetowej producenta sprzętu, potwierdzających spełnienie parametrów określonych w opisie przedmiotu zamówienia, których autentyczność musi zostać poświadczona przez Wykonawcę na żądanie Zamawiającego.**