



BET SPECIFIC SURFACE AREA & PORE SIZE ANALYZER

BELSORP MAX G

## Szybka i dokładna charakterystyka materiałów porowatych

**BELSORP MAX G to nowa gama modeli o ogromnych możliwościach, a jednocześnie kompaktowych i ekonomicznych z serii BELSORP MAX firmy Microtrac. Ich szczególną cechą jest pomiar izoterm adsorpcji gazów począwszy od ekstremalnie niskich ciśnień do analizy materiałów mikro-, mezo- i makroporowatych, a także materiałów nieporowatych.** Aparat ten jest wyposażony w jeden port pomiarowy, jeden port przeznaczony do pomiaru ciśnienia pary nasyconej i jeden port do pomiaru wolnej przestrzeni (objętości martwej). Każdy port jest wyposażony w dedykowany czujnik ciśnienia do wysoko precyzyjnych pomiarów. Analizator pola powierzchni i rozkładu wielkości porów BELSORP MAX G jest w stanie wykonywać pomiary różnych materiałów, takich jak granulki, odlewy, podłoża i drobno rozproszone próbki przy użyciu specjalnych probówek na próbki. Obsługuje on szeroką gamę adsorbatów i warunków pomiarowych. W zależności od potrzeb naszych klientów oferujemy dwa modele, a mianowicie BELSORP MAX G LP (niskociśnieniowy) oraz BELSORP MAX G MP (średnociśnieniowy), które są wyposażone w różne przetworniki ciśnienia.



### BELSORP MAX G LP

### BELSORP MAX G MP

Port 1

1000 Torr, +10 Torr, +0,1 Torr

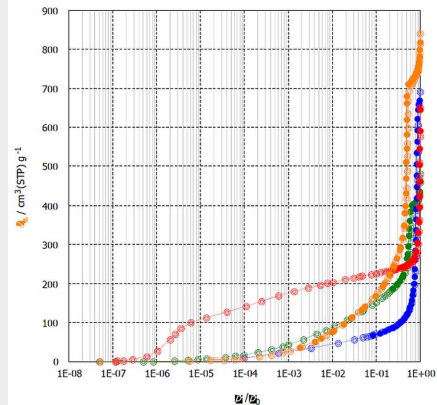
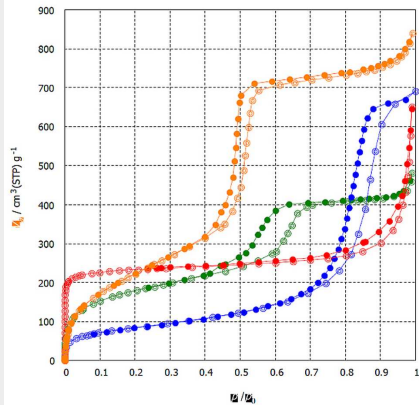
1000 Torr, +10 Torr, +1 Torr

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| Port 2                        | 1000 Torr |
| Port ciśnienia pary nasyconej | 1000 Torr |
| Pompa turbomolekularna        | yes       |

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

## KLUCZOWE CECHY

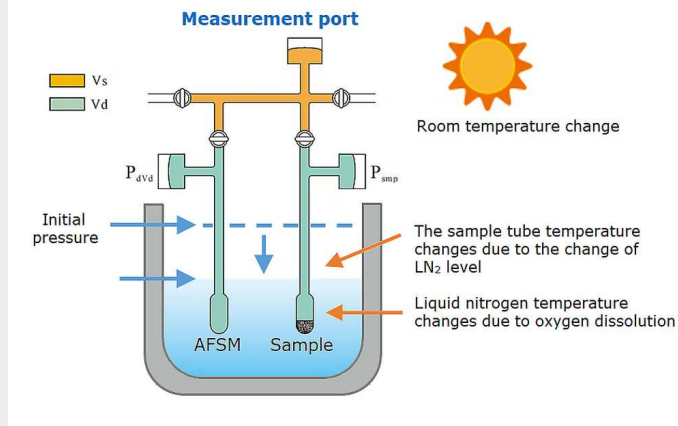
**Ultraniski pomiar ciśnienia** BELSORP MAX G pozwala na bardzo dokładny pomiar izoterm adsorpcji w szerokim zakresie, począwszy od obszaru ultraniskiego ciśnienia ( $P/P_0 = 10^{-8}$ ,  $N_2 @ 77 K$ ) do ciśnienia atmosferycznego. Analizator pola powierzchni BET i rozkładu wielkości porów zawiera turbomolekularną pompę próżniową i niskonapięciowy przetwornik ciśnienia.



**Innowacyjny pomiar wolnej przestrzeni dla najwyższej dokładności (AFSM™)** BELSORP MAX G nie wymaga już ścisłej kontroli poziomu płynnych chłodziw (np. ciekłego azotu lub argonu). Zamiast tego wdrożyliśmy naszą przełomową, ciągłą metodę pomiaru wolnej przestrzeni: opatentowaną Metodę Zaawansowanego Pomiaru Wolnej Przestrzeni (AFSM™, z ang. Advanced Free Space Measurement). Metoda ta zapewnia najwyższy poziom odtwarzalności dzięki użyciu komory referencyjnej do śledzenia zmian wolnej przestrzeni z sekundy na sekundę. Najpierw, aparat określa wolną przestrzeń komory na próbkę i komory referencyjnej. Następnie, w miarę postępu analizy, wszelkie zmiany w systemie, które mogą zmienić zmierzoną wolną przestrzeń, są równoczesne w obu komorach. Dlatego zmiany w zmierzonej wolnej przestrzeni mogą być w sposób ciągły uwzględniane przez komorę referencyjną. Przykłady przyczyn wahań wolnej przestrzeni obejmują:

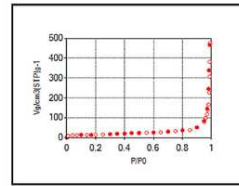
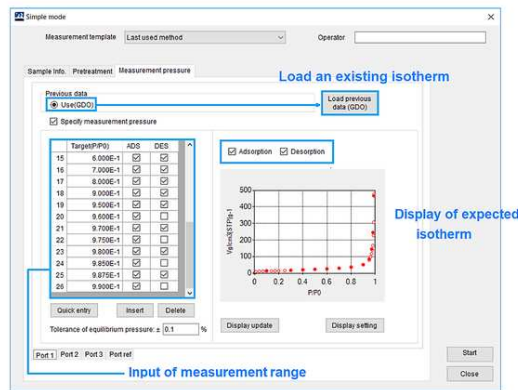
- | Zmiany poziomu ciekłego azotu (LN<sub>2</sub>)
- | Zmiany temperatury i ciśnienia atmosferycznego
- | Zmiany temperatury chłodziwa spowodowane rozpuszczaniem tlenu

Dzięki tej doskonałej technice można wziąć pod uwagę czynniki środowiskowe, które nie były wcześniej rozważane. Aby uzyskać więcej informacji, odwiedź naszą bazę wiedzy.



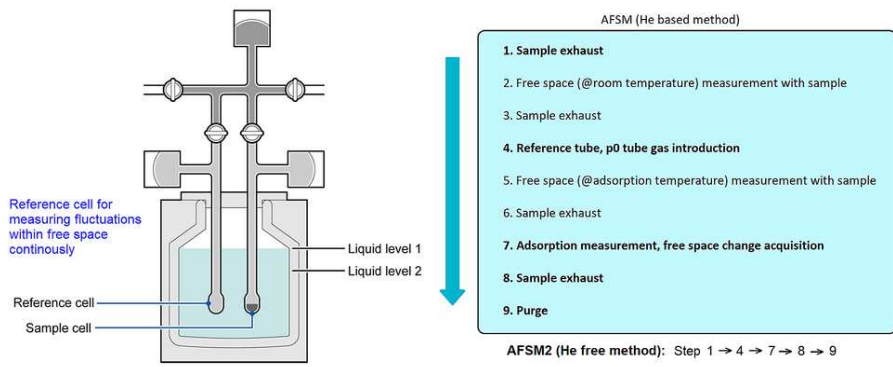
**Łatwość użytkowania – proste ustawienia warunków pomiaru** BELSORP MAX G ma w pełni zautomatyzowany system, który umożliwia użytkownikowi łatwe ustawienie warunków pomiaru w trybie prostym „Simple Mode”. Ten tryb sprawia, że analiza próbki jest bardzo prosta, wymagając jedynie wprowadzenia przez użytkownika minimalnej ilości informacji (np. informacje o próbce, warunki obróbki wstępnej i zakres pomiarowy). Jest to szczególnie przydatne w przypadku nieznanych materiałów oraz przy stosowaniu standardowych procedur operacyjnych. Doświadczeni użytkownicy mogą ustawić szczegółowe konfiguracje pomiarowe, wybierając tryb profesjonalny „Professional Mode”.

**Optymalizacja dozowania gazu (GDO)** Funkcja optymalizacji dozowania gazu (GDO) oblicza optymalną ilość dozowanego gazu na podstawie poprzednich wyników pomiarów. Ta funkcja może znacznie skrócić czas pomiaru.



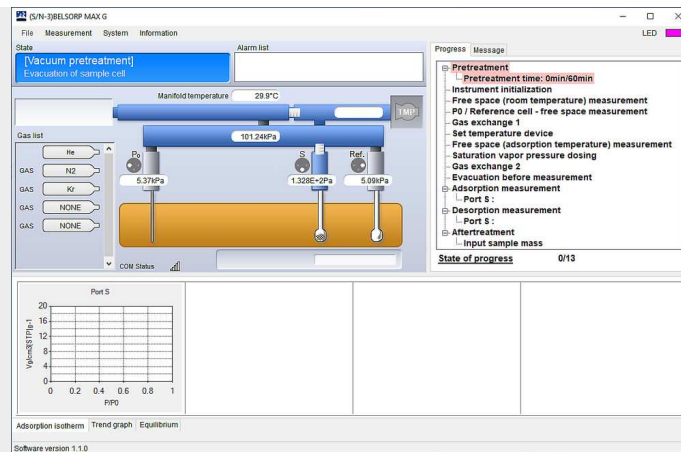
Automatic optimization of conditions  
such as gas introduction volume

**Pomiary bezhelowe (AFSM<sup>TM</sup>2)** Mierzac wcześniej wolną przestrzeń w „pustej” probówce, pomiary można przeprowadzić bez konieczności stosowania helu. Używając tej samej probówki na próbkę, wolną przestrzeń można łatwo obliczyć na podstawie masy i gęstości próbki w tych samych warunkach analizy. Metoda ta skraca również czas analizy próbki, eliminując wyznaczanie wolnej przestrzeni na początku każdego pomiaru próbki. Dzięki AFSM<sup>TM</sup>2 nie ma potrzeby dopasowywania poziomu cieczy w chłodziwie między pustym pomiarem a analizą próbki.



**Kompaktowy i lekki** Optymalizując materiały komponentów, udało nam się zapewnić urządzenie o niewielkich rozmiarach i niskiej wadze.

**Przygotowanie próbki In-Situ - na miejscu (opcjonalnie)** Do dokładnego pomiaru adsorpcji wymagana jest wstępna obróbka próbek. Proces przygotowania próbek (zwany również procesem aktywacji) jest zwykle wykonywany przez zastosowanie ciepła w próżni, które usuwa zaadsorbowane cząsteczki gazu i/lub wody z powierzchni materiału bez wpływu na strukturę próbki (unikając denaturacji). Microtrac oferuje dwie opcje wstępnej obróbki próbek. Po pierwsze, przygotowanie próbki może być przeprowadzone zewnętrznie za pomocą naszego sprzętu BELPREP, który jest zwykle preferowany w celu zwiększenia przepustowości próbek. Alternatywnie, proces aktywacji można przeprowadzić bezpośrednio w porcie pomiarowym BELSORP MAX G za pomocą pieca (patrz lista akcesoriów). W ten sposób można uniknąć transferu z zewnętrznego urządzenia do obróbki wstępnej do portu pomiarowego, co jest ważną opcją w przypadku próbek wrażliwych (np. materiału hydrofilowego).



**Analiza danych** Nasze oprogramowanie analityczne BELMASTER dostarczane jest z BELSORP MAX G i umożliwia użytkownikowi wykonywanie szerokiej gamy analiz danych, w tym wyznaczanie pola powierzchni właściwej za pomocą metody Langmuira lub BET, określanie objętości porów przy użyciu metody t-plot, przeprowadzanie analiz mezoporów metodą DH lub BJH, analizy mikroporów metodą HK lub SF, analizy GCMC/NLDFT i wiele innych.

## HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

### AKCESORIA I OPCJE

#### STANDARD CONSUMABLE GOODS



Nasze standardowe elementy eksploatacyjne składają się z komór na próbki, pałeczek szklanych, filtrów, uszczelek, nasadek i platform wagowych, które są wymagane do pomiarów adsorpcji. Oprócz tego do w skład naszych elementów eksploatacyjnych wchodzi kapsuły NSD, różnorodne komory na próbki, masa uszczelniająca i wiele innych.

#### WATER BATH



Easily swap the Dewar with a water bath for measurement temperatures ranging from  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $70^{\circ}\text{C}$ . A refrigerated / heated circulator is required.

#### HEATER



In-situ pretreatment of the sample from  $50^{\circ}\text{C}$  to  $450^{\circ}\text{C}$ . With this option, samples can be pretreated directly at the measurement port, without the need to transfer the sample cell before analysis. Particularly useful for sensitive samples.

#### GAS SELECTOR



The gas selector enables the connection of up to 4 adsorptives simultaneously (1 x Helium + 4 x adsorptive).

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

## BELCONTROL: NEW OPERATION SOFTWARE

The versatility of BELSORP equipment is truly world leading. The numerous features and capabilities are complemented by BELCONTROL the intuitive and user-friendly operation software. It guides the user step-by-step through the analysis process. This includes the setup of analysis conditions, executing the measurements, when to fill and setup the liquid nitrogen or other bath, when to replace the gas cylinder, the degassing steps, and much more. The software is designed to make the instrument accessible and operable to everyone, including inexperienced users.

For inexperienced users or for measurements of unknown samples, BELCONTROL only requires basic sample information (name, mass, etc.), pre-treatment conditions (if not performed externally) and the measurement range.

Detailed control of the configuration and measurement settings is possible to optimize the measurement conditions (e.g. dosing settings, equilibrium criteria, leak test option, etc.). This allows the user to fully customize the sample analysis to his needs.

| BELCONTROL              |             |                                                                           |
|-------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Quick BET               | tak         | Multi-point BET surface area in less than 20 minutes                      |
| Helium-Free Measurement | tak         | AFSM <sup>TM</sup> 2 enables He-free measurements with unmatched accuracy |
| Adsorption Kinetics     | opcjonalnie | Rate of adsorption measurements for diffusion analysis                    |

### MORE BELCONTROL FEATURES

- | Overlaying adsorption / desorption isotherms and comparing the measured data between the various ports during measurement
- | All pressures, temperatures, valve actuations, etc. are stored in trend data, allowing for immediate examination
- | A system check function is available for



diagnosing the instrument status

- | E-mail notification automatically transmits measurement status and results
- | Interactive program in Japanese or English ensures easy, reliable operation
- | Extensive help functions, including step-by-step instructions during operation

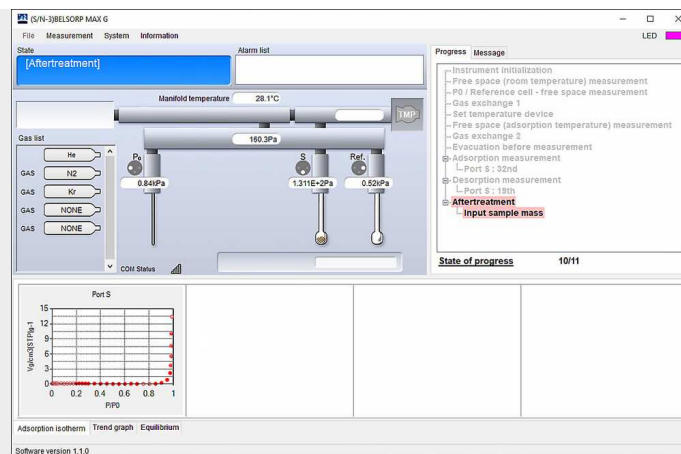


HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

## **OPERATION SOFTWARE**

The versatility of the BELSORP instruments, with their many features and possibilities, is complemented by our intuitive and user-friendly operation software. It guides the user step-by-step through the analysis process including setting up the analysis conditions, executing the measurements, when to fill and setup the liquid nitrogen or other bath, when to replace the gas cylinder, the degassing steps, and much more. The software has been crafted to make the instrument accessible to everyone, even inexperienced users.

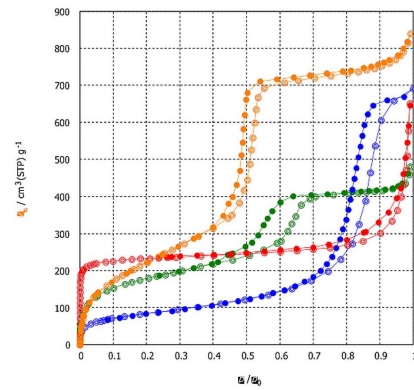
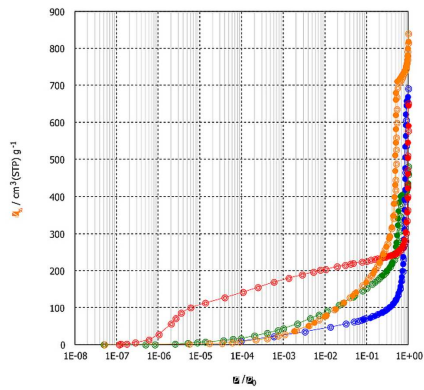
Two measurement modes are offered: 'Simple Mode' and 'Professional Mode'. Simple Mode enables easy operation, requiring minimal setup. You only need to enter the basic sample information (name, mass, etc.) and then select your pretreatment conditions and analysis conditions from a list of preset options. This is ideal for inexperienced users or measurements of unknown samples. If a prior measurement with comparable sorption behavior has been performed, GDO can be used to reduce the measurement time. Professional Mode allows detailed control of the configuration and measurement settings (e.g., dosing settings, equilibrium criteria, leak-check option, etc.), allowing the user to completely customize sample analysis.



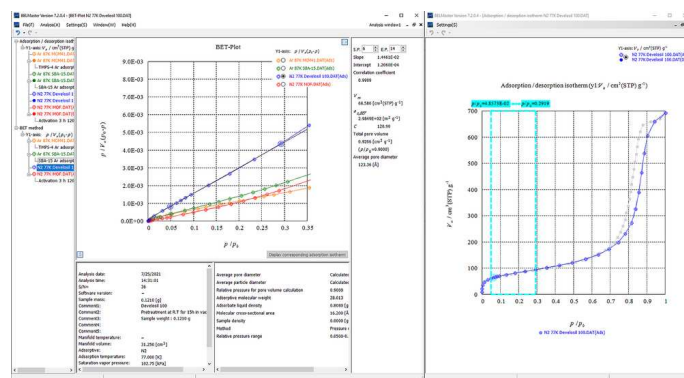
GAS ADSORPTION MEASUREMENTS OF POROUS & NON-POROUS MATERIALS: MOFS, ZEOLITES, CARBONS,  
AND MORE

## **EVALUATION SOFTWARE BELMASTER**

A sorption isotherm is defined as the relationship between the adsorbed amount onto an adsorbent and the equilibrium pressure of the adsorptive gas – commonly related to the saturation vapor pressure – at constant temperature. The gas sorption isotherm (e.g. nitrogen) delivers information about the specific surface area, pore size distribution and pore volume of measured material. In the following graph some exemplary sorption isotherms are shown.



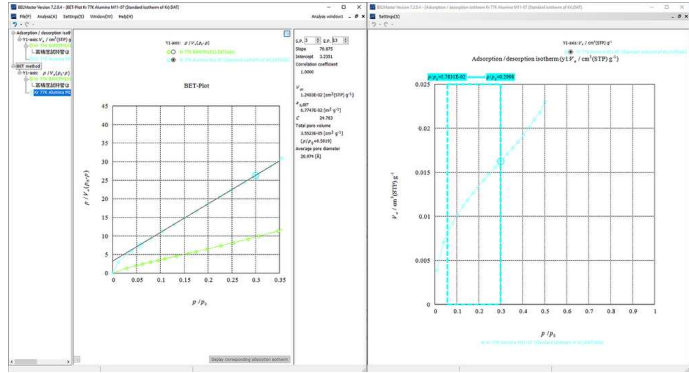
The specific surface area (SSA) refers to the accessible surface area of the sample and is of great importance in adsorption, homogeneous and heterogeneous catalytic reactions. The specific surface area can be calculated according to ISO 9277 with the BET method (BET: Brunauer, Emmett and Teller) or Langmuir method. The following graph shows an exemplary evaluation of the specific surface area according to the BET method in our BELMASTER software:



Select the right pressure range (multi point BET) or a measurement point (single point BET) and the surface area will be calculated automatically. Further, our BELMASTER software also provides the BET surface area calculation according to ISO 9277 Annex C (also known as Rouquerol-plot), which is recommended for microporous materials.

The outstanding feature of the BELSORP MAX G is the availability of three different transducers (1000, 10 and 1 / 0.1 torr), enabling very low pressure adsorption isotherms, starting from  $p/p_0 = 10^{-8}$  ( $N_2$  @ 77K) up to atmospheric pressure. As a result, pore size distributions from 0.35 up to 500 nm can be obtained. Further, low surface area measurements down to  $0.0005 \text{ m}^2/\text{g}$  by using krypton gas are possible.

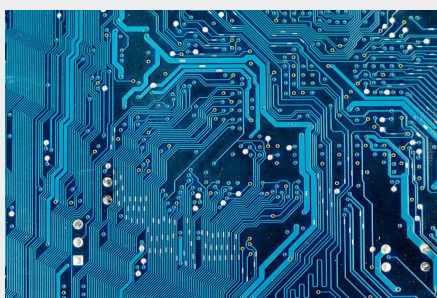
The characterization of low specific surface area materials such as non-porous metallic materials, glass substrates, and films can be difficult or impossible with traditional gases like nitrogen (77 K) and argon (77 K or 87 K) due to detection limits. Instead, krypton gas adsorption can be used at liquid nitrogen temperature to determine the BET specific surface area down to  $0.0005 \text{ m}^2/\text{g}$ .



## HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

### TYPOWE APLIKACJE

Analizatory adsorpcji gazów Microtrac są używane w różnych dziedzinach. Należą do nich katalizatory, baterie, włókna, materiały polimerowe, zeolit, ogniwa paliwowe, chemikalia, pigmenty, kosmetyki, MOF/PCP, proszki magnetyczne, membrany rozdzielające, filtry, tonery, cement, ceramika, półprzewodniki i wiele innych.



- | materiały baterii
- | katalizatory
- | zeolit
- | ceramika
- | węgiel

- | komponenty elektroniczne
- | ogniwa paliwowe
- | Toner
- | Cement
- | medycyna/farmacja

- | Krzemionka
- | MOF / PCP
- | pigmenty
- | kosmetyki

... i wiele innych!

Aby znaleźć najlepsze rozwiązanie dla swoich potrzeb w zakresie charakterystyki cząstek, odwiedź naszą bazę danych aplikacji

HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

**DANE TECHNICZNE**

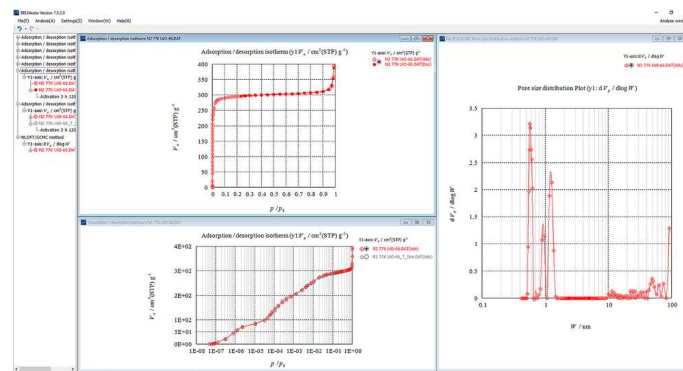
|                                                    |                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Zasada pomiaru</b>                              | Technika wolumetryczna + AFSM™                                                                                                                                             |
| <b>Adsorbaty - gazy</b>                            | N <sub>2</sub> , Ar, Kr, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NO, CO, butane, and various other (non-)corrosive gases                     |
| <b>Porty do podłączania gazów</b>                  | 2 porty (maks. 5 portów)                                                                                                                                                   |
| <b>Liczba pomiarów (tryb wysokiej dokładności)</b> | 1 port w trybie wysokiej dokładności                                                                                                                                       |
| <b>Zakres pomiarowy (powierzchnia właściwa)</b>    | 0,01 m <sup>2</sup> /g i więcej (N <sub>2</sub> )<br>0,0005 m <sup>2</sup> /g i więcej (Kr)<br>(w zależności od gęstości próbki)                                           |
| <b>Rozkład wielkości porów (średnica)</b>          | 0,35 - 500 nm                                                                                                                                                              |
| <b>Izoterma niskiego ciśnienia</b>                 | $p/p_0 = 10^{-8}$<br>(N <sub>2</sub> @77K, Ar @87K)                                                                                                                        |
| <b>Przetwornik ciśnienia</b>                       | 133 kPa (1000 Torr) x 3 szt.<br>1,33 kPa (10 Torr) x 1 szt.<br>0,133 kPa (MP) lub 0,0133 kPa (LP) x 1 szt.                                                                 |
| <b>Próżniomierz / pompa próżniowa</b>              | Pompa turbomolekularna + pompa rotacyjna<br>Miernik z zimną katodą (opcjonalnie)                                                                                           |
| <b>Probówka</b>                                    | Standardowa probówka, ok. 1,8 cm <sup>3</sup> (opcjonalnie: 5 cm <sup>3</sup> )                                                                                            |
| <b>Naczynie Dewara</b>                             | Pojemność: 2,6 l<br>Czas utrzymywania: 80 h                                                                                                                                |
| <b>Piec do obróbki wstępnej próbek</b>             | 50 - 450 °C                                                                                                                                                                |
| <b>Łaźnia wodna</b>                                | -10 - 70 °C                                                                                                                                                                |
| <b>Oprogramowanie analityczne BELMaster™ 7</b>     | Izoterma adsorpcji, powierzchnia właściwa BET typu I (ISO9277), automatyczna analiza BET, powierzchnia właściwa Langmuira, BJH, DH, CI, metoda INNES, t-plot, Alpha-s plot |
| <b>Oprogramowanie analityczne BELMaster™ 7 cd.</b> | HK, SF, metoda CY, NLDFT / GCMC, metoda MP, metoda Dubinina-Astakhova, pomiar różnicowy, sonda molekularna, analiza szybkości adsorpcji (opcjonalnie)                      |
| <b>Wymiary (szer. x wys. x gł.)</b>                | 320 x 740 x 465 mm                                                                                                                                                         |
| <b>Masa (aparat podstawowy)</b>                    | 36 kg                                                                                                                                                                      |
| <b>Użytkowanie - gaz</b>                           | He, adsorbat: 0,1 MPa (G), czystość: ponad 99,999%<br>Złącze: złącze Swagelok 1/8"                                                                                         |
| <b>Użytkowanie - zasilanie</b>                     | Aparat podstawowy: AC 100 - 240 V / 850 W, 50/60 Hz (w tym pompa próżniowa)                                                                                                |

|                                   |                                                                                                                                             |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Warunki środowiskowe</b>       | Temperatura: 10 - 30 °C<br>Wilgotność: 20 - 80% RH                                                                                          |
| <b>ASTM compliance</b>            | B922, C110, C1069, C1240, C1274, D1993, D3663-20, D3908, D4222, D4365, D4641, D4780, D4842, D5604-96, D6556, D8325, E2864, WK61828, WK71859 |
| <b>Zgodność z wymaganiami ISO</b> | 4652, 8008, 9277, 12800, 15901-2, 15901-3, 18757, 18852                                                                                     |
| <b>USP compliance</b>             | 268, 846                                                                                                                                    |
| <b>DIN compliance</b>             | 66134 (1998-02), 66135-1 (2001-06), 66135-2 (2001-06), 66135-3 (2001-06), 66135-4 (2004-09)                                                 |
| <b>Certyfikat CE</b>              | Tak                                                                                                                                         |
| <b>Zalecany monitor</b>           | Monitory Full HD                                                                                                                            |

## HIGH-PRECISION GAS ADSORPTION ANALYZER BELSORP MAX G

**ZASADA DZIAŁANIA****Analysis of Pore Size Distribution via NLDFT & GCMC Method**

The classical pore size distributions (PSD) are calculated by INNES method (slit shape) and BJH, DH, CI methods (cylinder shape), which evaluate mesopores based on the capillary condensation theory. HK (slit), SF (cylinder), and CY (cage) methods can also be used to evaluate micropores based on the adsorption potential theory. The DA method, as well as the DR method, are also commonly used for pore volume evaluation and pore structure evaluation. The new PSD and capacity evaluation methods, NLDFT and GCMC (optional for BELSORP MINI X), are used for wide range analyses (from micro- to meso and macropores) and more accurate methods, specified in ISO15901-2.



| Teoria                    | Oddziaływanie powierzchni i gazu                              | Adsorbat                    | Zakres rozmiarów porów            |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Metoda BJH, CI, DH, INNES | równanie Kelvina<br>(Napięcie powierzchniowe i kąt zwilżania) | Gęstość objętościowa cieczy | > 2 nm<br>Mezo and makropory      |
| Metoda HK, SF, CY         | Potencjał Lennarda-Jonesa<br>(Interakcja i siła odpychania)   | Gęstość objętościowa cieczy | 0,4 - 2 nm<br>Mikropory           |
| NLDFT, GCMC               | Statystyczny model termodynamiczny                            |                             | 0.35 - 500 nm<br>Whole pore range |

W ostatnich latach zwrócono uwagę na metody określania struktury porów przy użyciu technik symulacji komputerowych, takich jak NLDFT (Non-localized Density Functional Theory) i GCMC (Grand Canonical Monte Carlo), które przedstawiają ujednoliconą teorię charakterystyki rozkładów porów od mikroporów do mezoporów i makroporów. Rozkłady wielkości porów (PSDs) uzyskane z tej samej izoterm adsorpcji przy użyciu analiz klasycznych i opartych na symulacji mogą się różnić, podobnie jak wyniki uzyskane z różnych metod symulacji, ponieważ ciśnienie napełniania uzyskane z każdej teorii jest inne. Microtrac zapewnia metody charakterystyki, które obejmują szeroki zakres rozmiarów porów i adsorbatów w oparciu o adsorpcję N<sub>2</sub> (77,4 K), Ar (87,3 K) i CO<sub>2</sub> (298 K). Metody te wykorzystują istotę NLDFT / GCMC dla modeli porów szczelinowych, cylindrycznych i klatkowych z atomami węgla i tlenku metalu na powierzchni, co skutkuje najbardziej odpowiednim opisem materiałów porowatych. Oprogramowanie BELMASTER umożliwia łatwe porównanie izoterm eksperymentalnych i symulowanych, przy czym podstawą do obliczeń PSD jest izoterma symulowana.

[www.microtrac.com/belsorp-max-g](http://www.microtrac.com/belsorp-max-g)