



ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI

## BELSORP MAX G

## **Caratterizzazione rapida e semplice delle polveri con la massima precisione**

**Il BELSORP MAX G è un modello potente, compatto ed economico della serie degli analizzatori della superficie specifica e della dimensione dei pori BET. Consente di misurare le isoterme di adsorbimento dei gas a partire da pressioni estremamente basse per la valutazione di materiali micro, meso e macroporosi, nonché di materiali non porosi.**

L'analizzatore è dotato di una porta di misura, una porta dedicata alla misurazione della pressione di vapore saturo e una porta per l'analisi dello spazio libero (volume morto). Ogni porta è dotata di un sensore di pressione dedicato per analisi di alta precisione.

L'analizzatore BELSORP MAX G per l'area superficiale e la distribuzione dei pori è in grado di analizzare un'ampia gamma di materiali, tra cui pellet, corpi stampati, substrati e campioni finemente dispersi grazie a tubi di campionamento appositamente progettati.

L'unità supporta inoltre un'ampia gamma di adsorbati e condizioni di misura. Lo strumento è disponibile in due diverse versioni che lo rendono adatto a un'ampia gamma di applicazioni: BELSORP MAX G LP (bassa pressione) e BELSORP MAX G MP (media pressione). Entrambe le versioni sono dotate di un trasduttore di pressione specifico per soddisfare al meglio le vostre esigenze.



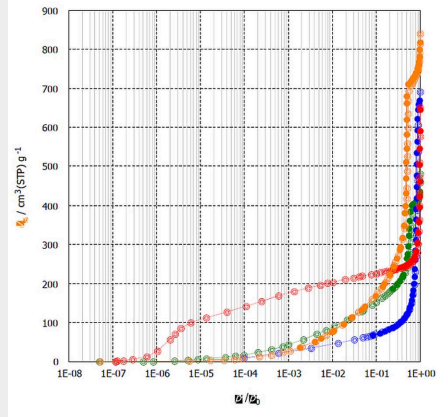
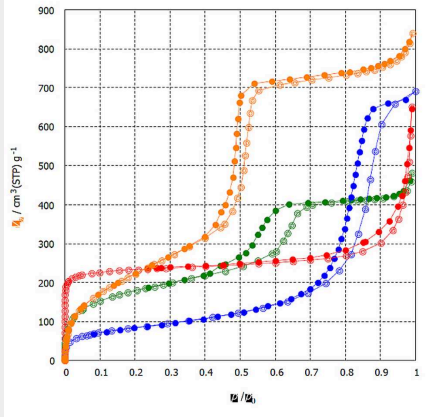
	<b>BELSORP MAX G LP</b>	<b>BELSORP MAX G MP</b>
Porta 1	1,000 Torr, +10 Torr, +0.1 Torr	1,000 Torr, +10 Torr, +1 Torr
Porta 2		1,000 Torr
Porta di pressione del vapore di saturazione		1,000 Torr
Pompa turbo-molecolare		yes

ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MAX G

## CARATTERISTICHE PRINCIPALI

### **Analisi a bassissima pressione**

Il BELSORP MAX G consente di misurare con elevata precisione le isoterme di adsorbimento in un'ampia gamma, a partire dalla regione a bassissima pressione ( $P/P_0 = 10^{-8}$ ,  $N_2 @ 77 K$ ) fino alla pressione atmosferica. L'analizzatore dell'area superficiale e della distribuzione dei pori BET comprende una pompa per vuoto turbomolecolare e un trasduttore di pressione a bassa tensione.



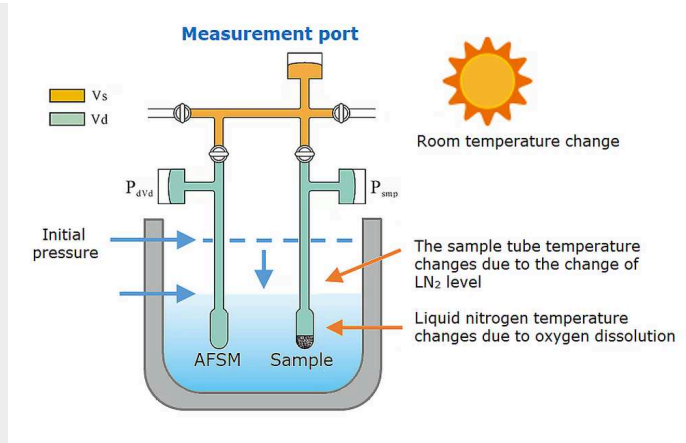
## Misura innovativa nello spazio libero per la massima precisione (AFSM™)

Con BELSORP MAX G non è più necessario controllare rigorosamente il livello dei refrigeranti liquidi (ad esempio azoto liquido o argon), in quanto è stato implementato l'innovativo metodo di misurazione continua dello spazio libero di Microtra Microtrac: il brevetto Advanced Free Space Measurement (AFSM™). Questo metodo raggiunge i massimi livelli di riproducibilità utilizzando una cella di riferimento per seguire le variazioni di spazio libero da un secondo all'altro. In primo luogo, lo strumento determina lo spazio libero della cella campione e della cella di riferimento. Poi, man mano che l'analisi procede, le modifiche al sistema che potrebbero alterare lo spazio libero misurato sono simultanee in entrambe le celle. Pertanto, le alterazioni dello spazio libero misurato possono essere continuamente considerate attraverso la cella di riferimento.

Esempi di cause di fluttuazioni dello spazio libero includono:

- | Variazione del livello di azoto liquido (LN<sub>2</sub>)
- | Variazioni di temperatura e pressione atmosferica
- | Variazione della temperatura del refrigerante dovuta alla dissoluzione dell'ossigeno

Grazie a questa tecnica è possibile tener conto di fattori ambientali che prima non venivano considerati. Per ulteriori informazioni, visitate la nostra knowledge base.

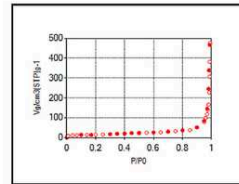
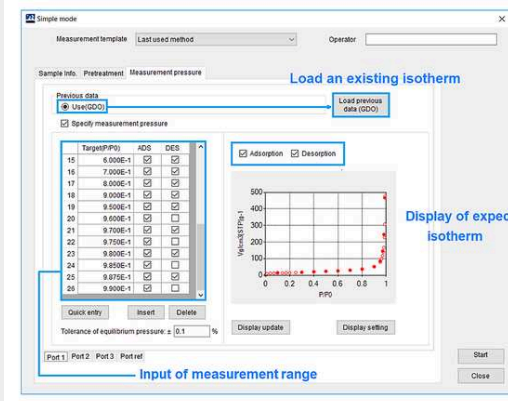


## **Facilità d'uso - Semplice impostazione delle condizioni di misura**

Il BELSORP MAX G dispone di un sistema completamente automatizzato che consente all'utente di impostare facilmente le condizioni di misurazione attraverso la "Modalità semplice". Questa modalità rende l'analisi dei campioni un gioco da ragazzi, richiedendo solo una minima immissione da parte dell'utente (ad esempio, informazioni sul campione, condizioni di pretrattamento e intervallo di misurazione). È particolarmente utile per i materiali sconosciuti e per l'applicazione di procedure operative standard. Gli utenti esperti possono impostare configurazioni di misura dettagliate selezionando la "Modalità professionale".

## Ottimizzazione del dosaggio del gas (GDO)

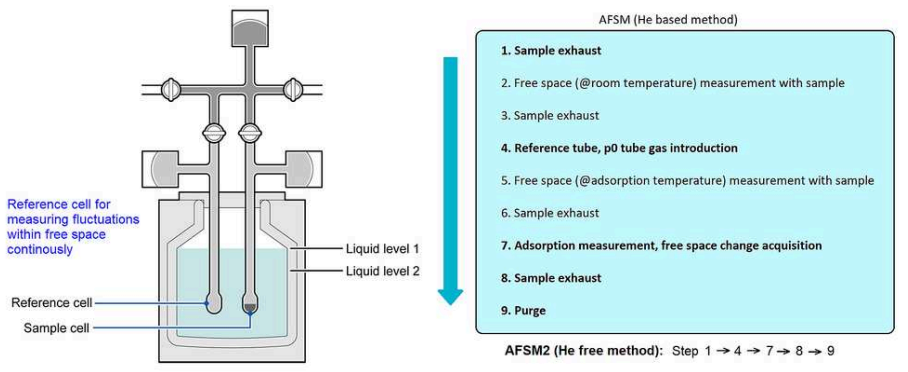
La funzione di ottimizzazione del dosaggio del gas (GDO) calcola la quantità ottimale di gas da dosare in base ai risultati delle misure precedenti. Questa funzione può ridurre notevolmente i tempi di misurazione.



Automatic optimization of conditions such as gas introduction volume

## Analisi senza elio (AFSM<sup>TM2</sup>)

Misurando in anticipo lo spazio libero di una provetta di campione "bianca", è possibile effettuare le misurazioni senza bisogno di gas elio. Utilizzando la stessa provetta, nelle stesse condizioni di analisi, lo spazio libero può essere facilmente calcolato utilizzando la massa e la densità del campione. Questo metodo riduce anche il tempo di analisi del campione, eliminando la determinazione dello spazio libero all'inizio di ogni misurazione del campione. Con AFSM<sup>TM2</sup>, non è necessario far coincidere il livello del liquido refrigerante tra la misura del bianco e l'analisi del campione.



## **Compatto e leggero**

Ottimizzando i materiali dei componenti, siamo riusciti a fornire un'unità con un ingombro e un peso ridotti.

## Pretrattamento in situ (opzionale)

Per una misurazione accurata dell'adsorbimento è necessario un pretrattamento dei campioni. Il processo di pretrattamento (chiamato anche processo di attivazione) viene solitamente eseguito applicando il vuoto sotto calore, che rimuove il gas e/o le molecole d'acqua adsorbite dalla superficie del materiale senza influenzare la struttura del campione (evitando la denaturazione).

Microtrac offre due opzioni per il pretrattamento dei campioni. Innanzitutto, il pretrattamento può essere eseguito esternamente utilizzando la nostra strumentazione BELPREP che, solitamente, consiste nella prima scelta per aumentare la produttività dei campioni. In alternativa, il processo di attivazione può essere eseguito direttamente sulla porta di misura del BELSORP MAX G utilizzando un riscaldatore (vedere l'elenco degli accessori). In questo modo è possibile evitare il trasferimento dal dispositivo di pretrattamento esterno alla porta di misurazione, un'opzione importante per i campioni sensibili (ad es. materiale idrofilo).



## Analisi dei dati

Il nostro software di analisi BELMASTER viene fornito con BELSORP MAX G e consente all'utente di eseguire un'ampia gamma di analisi dei dati, tra cui la valutazione delle aree superficiali specifiche con il metodo Langmuir o BET, la valutazione dei volumi dei pori applicando il metodo t-plot, l'analisi dei mesopori con il metodo DH o BJH, l'analisi dei micropori con il metodo HK o SF, l'analisi GCMC / NLDFT e molto altro ancora.

ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MAX G

## ACCESSORI ED OPZIONI

### CONSUMABILI STANDARD



I nostri consumabili standard consistono in celle di campionamento, aste di riempimento, filtri, O-ring, tappi e piattaforme di pesatura necessari per le analisi di adsorbimento. Le capsule NSD, le celle di campionamento e le guarnizioni rapide fanno parte dell'ampia gamma dei materiali di consumo.

### BAGNOMARIA



È possibile sostituire facilmente il Dewar con un bagno d'acqua per temperature di misurazione comprese tra  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $70^{\circ}\text{C}$ . È necessario un circolatore refrigerato/riscaldato.

### RISCALDATORE



Pretrattamento in situ del campione da  $50^{\circ}\text{C}$  a  $450^{\circ}\text{C}$ . Con questa opzione, i campioni possono essere pretrattati direttamente sulla porta di misura, senza dover trasferire la cella del campione prima dell'analisi. Particolarmente utile per i campioni sensibili.

### SELETTORE DEL GAS



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

ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MAX G  
**BELCONTROL: NUOVO SOFTWARE OPERATIVO**

La versatilità delle apparecchiature BELSORP è davvero all'avanguardia a livello mondiale. Le numerose caratteristiche e capacità sono completate da BELCONTROL, il software operativo intuitivo e facile da usare. Il software guida l'utente passo dopo passo attraverso il processo di analisi. Ciò include l'impostazione delle condizioni di analisi, l'esecuzione delle misure, il riempimento e l'impostazione del bagno di azoto liquido o altro, la sostituzione della bombola di gas, le fasi di degassificazione e molto altro ancora. Il software è stato progettato per rendere lo strumento accessibile e utilizzabile da tutti, anche dagli utenti meno esperti.

Per gli utenti inesperti o per le misure di campioni sconosciuti, BELCONTROL richiede solo le informazioni di base sul campione (nome, massa, ecc.), le condizioni di pretrattamento (se non eseguite esternamente) e il campo di misura.

È possibile un controllo dettagliato della configurazione e delle impostazioni di misura per ottimizzare le condizioni di misurazione (ad es. impostazioni di dosaggio, criteri di equilibrio, opzione di prova di tenuta, ecc.) Ciò consente all'utente di personalizzare completamente l'analisi del campione in base alle proprie esigenze.

<b>BELCONTROL</b>		
Quick BET	si	Superficie BET in più punti in meno di 20 minuti
Analisi senza elio	si	AFSM™ 2 consente di effettuare misure senza He con una precisione in
Cinetica di adsorbimento	opzionale	Misure della velocità di adsorbimento per l'analisi della diffusio

## ALTRE CARATTERISTICHE DI BELCONTROL

- | Sovrapposizione delle isoterme di adsorbimento/desorbimento e confronto dei dati misurati tra le varie porte durante la misurazione
- | Tutte le pressioni, le temperature, gli azionamenti delle valvole, ecc. vengono memorizzati nei dati di tendenza,



consentendo un esame immediato.

- | È disponibile una funzione di controllo del sistema per diagnosticare lo stato dello strumento.
- | La notifica via e-mail trasmette automaticamente lo stato e i risultati delle misure.
- | Il programma interattivo in giapponese o inglese garantisce un funzionamento semplice e affidabile
- | Ampie funzioni di supporto, incluse istruzioni passo-passo durante il funzionamento



ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MAX G

## **SOFTWARE OPERATIVO**

La versatilità degli strumenti BELSORP, con le loro numerose caratteristiche e possibilità, è completata dal nostro software operativo intuitivo e di facile utilizzo. Guida l'utente passo dopo passo attraverso il processo di analisi, compresa l'impostazione delle condizioni di analisi, l'esecuzione delle misure, il riempimento e l'impostazione del bagno di azoto liquido o di altro tipo, la sostituzione della bombola di gas, le fasi di degassificazione e molto altro ancora. Il software è stato realizzato per rendere lo strumento accessibile a tutti, anche agli utenti meno esperti.

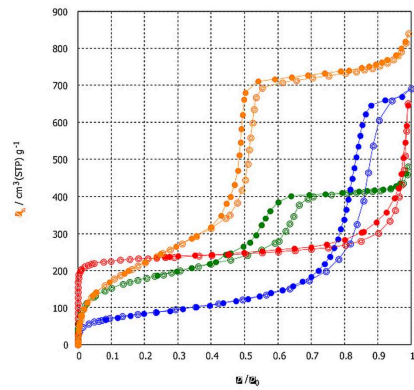
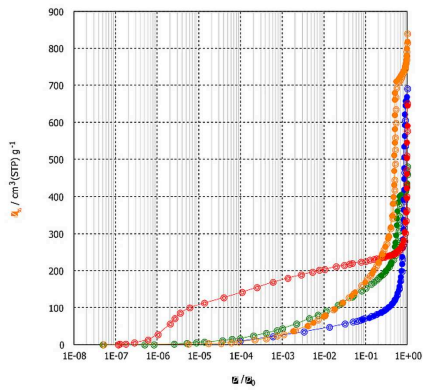
Sono disponibili due modalità di misura: "Modalità semplice" e "Modalità professionale". La modalità semplice consente un funzionamento facile e richiede una configurazione minima. È sufficiente inserire le informazioni di base del campione (nome, massa, ecc.) e selezionare le condizioni di pretrattamento e di analisi da un elenco di opzioni preimpostate. È ideale per gli utenti inesperti o per le misure di campioni sconosciuti. Se è stata eseguita una misurazione precedente con un comportamento di assorbimento comparabile, il GDO può essere utilizzato per ridurre il tempo di misurazione. La modalità professionale consente un controllo dettagliato della configurazione e delle impostazioni di misura (ad es. impostazioni di dosaggio, criteri di equilibrio, opzione di controllo delle perdite, ecc.), permettendo all'utente di personalizzare completamente l'analisi del campione.



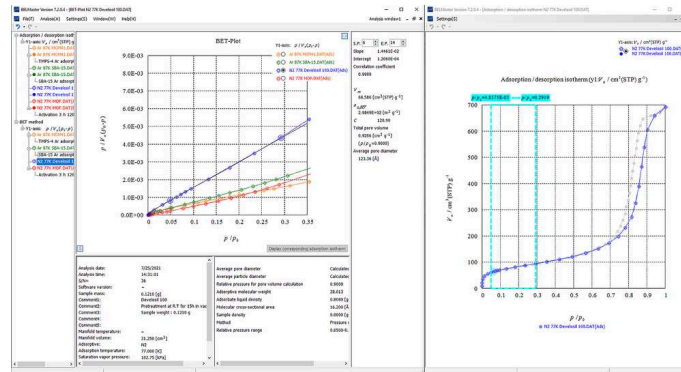
MISURE DI ADSORBIMENTO DI GAS IN MATERIALI POROSI E NON POROSI: MOF, ZEOLITI, CARBONI E ALTRO  
ANCORA

## SOFTWARE DI VALUTAZIONE BELMASTER

L'isoterma di assorbimento è definita come la relazione tra la quantità adsorbita su un adsorbente e la pressione di equilibrio del gas adsorbito - comunemente correlata alla pressione di saturazione del vapore - a temperatura costante. L'isoterma di assorbimento di un gas (ad esempio l'azoto) fornisce informazioni sull'area superficiale specifica, sulla distribuzione delle dimensioni dei pori e sul volume dei pori del materiale misurato. Nel grafico seguente sono mostrate alcune isoterme di assorbimento esemplari.



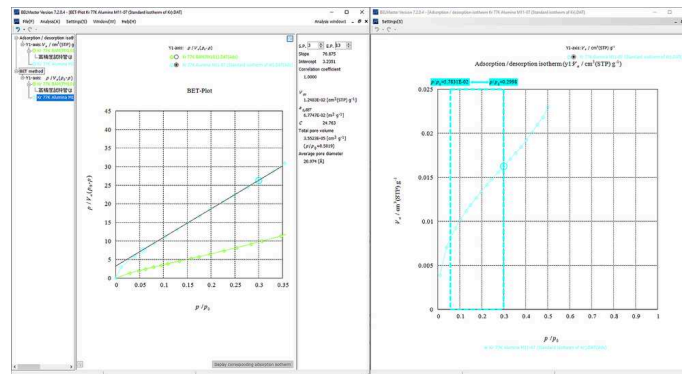
L'area superficiale specifica (SSA) si riferisce alla superficie accessibile del campione ed è di grande importanza nell'adsorbimento, nella catalisi eterogenea e nelle reazioni sulle superfici. L'area superficiale specifica può essere calcolata secondo la norma ISO 9277 con il metodo BET (BET: Brunauer, Emmett e Teller) o con il metodo Langmuir. I grafici seguenti mostrano esempi di valutazione dell'area superficiale specifica secondo il metodo BET nel nostro software BELMASTER:



Selezionando il giusto intervallo di pressione (BET a più punti) o il punto di misura (BET a punto singolo), l'area superficiale verrà calcolata automaticamente. Il software BELMASTER fornisce il calcolo dell'area superficiale BET secondo la norma ISO 9277 Allegato C (noto anche come diagramma di Rouquerol) raccomandato per i materiali microporosi.

La caratteristica principale del BELSORP MAX G è la disponibilità di tre diversi trasduttori (1000, 10 and 1 / 0.1 torr), che consentono di ottenere isoterme di adsorbimento a bassissima pressione, a partire da  $p/p_0 = 10^{-8}$  ( $N_2$  @ 77K) fino alla pressione atmosferica. Di conseguenza, è possibile ottenere distribuzioni dimensionali dei pori da 0,35 a 500 nm. Inoltre, è possibile effettuare misurazioni di aree superficiali basse, fino a 0,0005 m<sup>2</sup>/g, utilizzando il gas kripton.

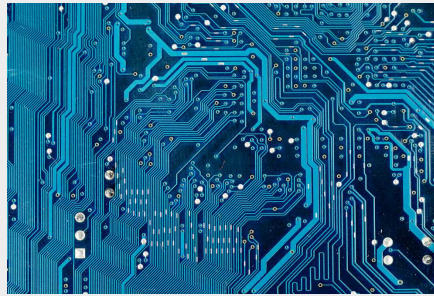
La caratterizzazione di materiali a bassa area superficiale specifica, come materiali metallici non porosi, substrati di vetro e film, può essere difficile o impossibile con i gas tradizionali come l'azoto (77 K) e l'argon (77 K o 87 K) a causa dei limiti di rilevamento. Invece, l'adsorbimento con gas kripton può essere utilizzato alla temperatura dell'azoto liquido per determinare l'area superficiale specifica BET fino a 0,0005 m<sup>2</sup>/g.



ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MAX G

## APPLICAZIONI TIPICHE

Gli analizzatori di adsorbimento di gas di Microtrac sono utilizzati in diversi campi applicativi. Tra questi catalizzatori, batterie, fibre, materiali polimerici, zeolite, celle a combustibile, prodotti chimici, pigmenti, cosmetici, MOF / PCP, polveri magnetiche, membrane di separazione, filtri, toner, cemento, ceramica, semiconduttori e molti altri materiali.



- | materiali per batterie
- | catalizzatori
- | zeolite
- | ceramica
- | Carbonio

- | componenti elettronici
- | Pila a combustibile
- | toner
- | cemento
- | medicine/farmaci

- | Silice
- | MOF / PCP
- | pigmenti
- | cosmetici

... e molti altri!

Per trovare la soluzione migliore per le vostre esigenze sulla caratterizzazione granulometrica, visitate il nostro database applicativo

## ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MAX G

### DATI TECNICI

<b>Principio di misurazione</b>	Metodo volumetrico + AFSM™
<b>Gas di adsorbimento</b>	N <sub>2</sub> , Ar, Kr, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , NO, CO, butane, and various other (non-)corrosive gases
<b>Porte Gas</b>	2 porte (5 porte max.)
<b>Numero di misurazioni (modalità Alta Precisione)</b>	1 porta in modalità ad Alta Precisione
<b>Range di misura (superficie specifica)</b>	0,01 m <sup>2</sup> /g e oltre (N <sub>2</sub> ) 0,0005 m <sup>2</sup> /g e oltre (Kr) (a seconda della densità del campione)
<b>Distribuzione della dimensione dei pori (diametro)</b>	0.35 - 500 nm
<b>Isotherma a bassa pressione</b>	$p/p_0 = 10^{-8}$ (N <sub>2</sub> @77K, Ar @87K)
<b>Trasduttore di pressione</b>	133 kPa (1000 Torr) x 3 unità 1.33 kPa (10 Torr) x 1 unità 0.133 kPa (MP) o 0.0133 kPa (LP) x 1 unità
<b>vacuometro / pompa</b>	Pompa turbomolecolare + pompa rotativa Manometro a catodo freddo (opzionale)
<b>Tube di campionamento</b>	Tube standard, ca. 1,8 cm <sup>3</sup> (opzionale: 5 cm <sup>3</sup> )
<b>Dewar (Vaso di Dewar)</b>	Volume: 2.6 l Tempo di attesa: 80 h
<b>Heater di pretrattamento</b>	50 - 450 °C
<b>Bagno termostatico</b>	-10 - 70 °C
<b>Software di analisi BELMaster™ 7</b>	Isotherma di adsorbimento, area superficiale specifica BET di tipo I (ISO9277), analisi automatica BET, area superficiale specifica Langmuir, BJH, DH, CI, metodo INNES, t-plot, Alpha-s plot
<b>Software di analisi BELMaster™ 7 cont.</b>	HK, SF, metodo CY, NLDFT / GCMC, metodo MP, metodo Dubinin-Astakhov, isoterma di adsorbimento differenziale, sonda molecolare, analisi del tasso di adsorbimento (opz.)
<b>Dimensioni (L x A x P)</b>	320 x 740 x 465 mm
<b>Peso (corpo principale)</b>	36 kg
<b>Gas</b>	He, gas di adsorbimento: 0,1 MPa (G), purezza: più del 99,999% Giunzione: connessione Swagelok da 1/8 "

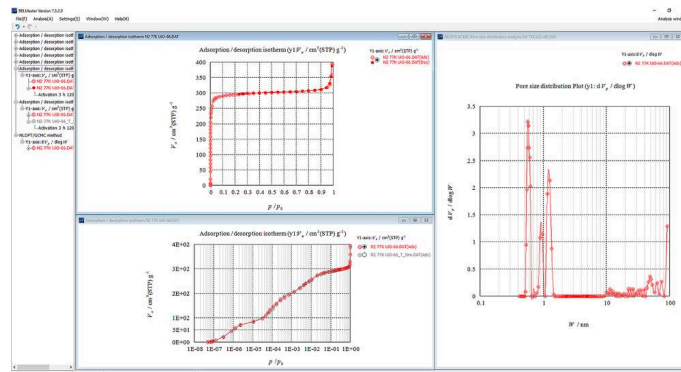
<b>Energia</b>	Unità principale: AC 100 - 240 V / 850 W, 50 / 60 Hz (inclusa pompa per vuoto)
<b>Condizioni ambientali</b>	Temperatura: 10 - 30 °C/ Umidità: 20 - 80% RH
<b>Conformità ASTM</b>	B922, C110, C1069, C1240, C1274, D1993, D3663-20, D3908, D4222, D4365, D4641, D4780, D4842, D5604-96, D6556, D8325, E2864, WK61828, WK71859
<b>Conformità ISO</b>	4652, 8008, 9277, 12800, 15901-2, 15901-3, 18757, 18852
<b>USP compliance</b>	268, 846
<b>Conformità DIN</b>	66134 (1998-02), 66135-1 (2001-06), 66135-2 (2001-06), 66135-3 (2001-06), 66135-4 (2004-09)
<b>Certificato CE</b>	si
<b>Monitor Consigliato</b>	Monitor Full HD

ANALIZZATORE DELL'AREA SUPERFICIALE SPECIFICA BET E DELLA DIMENSIONE DEI PORI BELSORP MAX G

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

### Analisi della distribuzione dimensionale dei pori con il metodo NLDFT e GCMC

I metodi classici per determinare le distribuzioni dimensionali dei pori (PSD) sono i metodi BJH, DH, CI che valutano i mesopori sulla base della teoria della condensazione capillare. I metodi HK (fessura), SF (cilindro) e CY (gabbia) possono essere utilizzati per valutare i micropori sulla base della teoria del potenziale di adsorbimento. Anche il metodo DA e il metodo DR sono comunemente utilizzati per la valutazione del volume dei pori. I moderni metodi di valutazione della PSD, NLDFT e GCMC, sono spesso considerati più accurati su una range dimensionale dei pori più ampio (da micro a meso e macropori), come specificato nella norma ISO15901-2.



Teoria	Interazione Superficie e gas	Adsorbato	Intervallo di dimensioni dei pori
Metodi BJH, CI, DH, INNES	Equazione di Kelvin (Tensione superficiale e angolo di contatto)	Densità del liquido in massa	> 50 nm Meso e Macro
Metodi HK, SF, CY	Potenziale Lennard-Jones (Forza di interazione e repulsione)	Densità del liquido in massa	0.4 - 100 nm Micro e Meso
NLDFT, GCMC	Modello statistico termodinamico		0.35 - 100 nm Intera gamma

Negli ultimi anni, l'attenzione si è concentrata sui metodi di valutazione della struttura dei pori utilizzando tecniche di simulazione al computer come la NLDFT (Non-localized Density Functional Theory) e la GCMC (Grand Canonical Monte Carlo), che presentano una teoria unificata per la caratterizzazione delle distribuzioni dei pori dai micropori ai mesopori e ai macropori. Le distribuzioni delle dimensioni dei pori (PSD) ottenute dalla stessa isoterma di adsorbimento utilizzando analisi classiche e basate sulla simulazione possono differire, così come i risultati ottenuti da diversi metodi di simulazione, perché la pressione di riempimento ottenuta da ciascuna teoria è diversa. Microtrac fornisce metodi di valutazione che coprono un'ampia gamma di dimensioni dei pori e di adsorbenti basati sull'adsorbimento di N<sub>2</sub> (77.4 K), Ar (87.3 K), e CO<sub>2</sub> (298 K). Questi metodi di valutazione utilizzano kernel NLDFT / GCMC di modelli di pori a fessura, cilindro e gabbia con atomi di superficie di carbonio e ossido di metallo, ottenendo la descrizione più appropriata dei materiali porosi.

Il software BELMASTER consente un facile confronto tra isoterme sperimentali e simulate, con l'isoterma simulata che serve come base per il calcolo della PSD.