

# MICROTRAC

## MEB

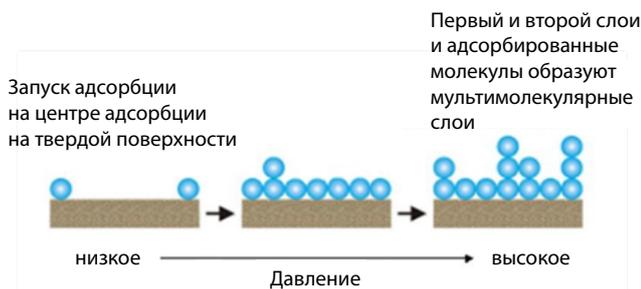
### PARTICLE CHARACTERIZATION

part of **VERDER**  
scientific

## Оценка удельной площади поверхности пористого диоксида кремния (тип изотермы IV) методом БЭТ.

### Приборы серии BELSORP

Метод Брунауэра-Эммета-Теллера (сокращенно метод БЭТ, ISO 9277) является наиболее распространенным методом оценки удельной площади поверхности. Удельная площадь поверхности макропористых, мезопористых и непористых твердых тел определяется путем измерения количества физически адсорбированного газа. Удельная площадь поверхности материала рассчитывается с помощью адсорбированного объема монослоя и пространства, необходимого для адсорбционной молекулы. Метод БЭТ применим к изотермам сорбции типа II и типа IV, и оценка проводится в диапазоне относительного давления  $p/p_0$  от 0.05 до 0.30 (рекомендация IUPAC).<sup>1</sup> Изотермы I типа могут быть оценены с помощью графика Рукероля.<sup>2</sup> Теория БЭТ основана на трех допущениях:



#### Допущения теории БЭТ:

- ① Поверхностная энергия однородна
- ② Нет взаимодействия между адсорбированными молекулами
- ③ Энергия адсорбции над вторым слоем равна энергии конденсации

Изотерма сорбции азота Develosil 100 при 77 К (рис. 1) может быть отнесена к IV типу. По этой изотерме можно рассчитать график БЭТ, который показан на рис. 2. Площадь поверхности по БЭТ определяется с использованием значений измерения в области относительного давления от 0.05 до 0.30, согласно рекомендациям IUPAC. Удельная поверхность по БЭТ для Develosil 100 составляет 296 м<sup>2</sup>/г.<sup>3</sup> Следует отметить, что константа С должна быть положительной, а коэффициент корреляции R<sup>2</sup> должен быть выше 0.99.

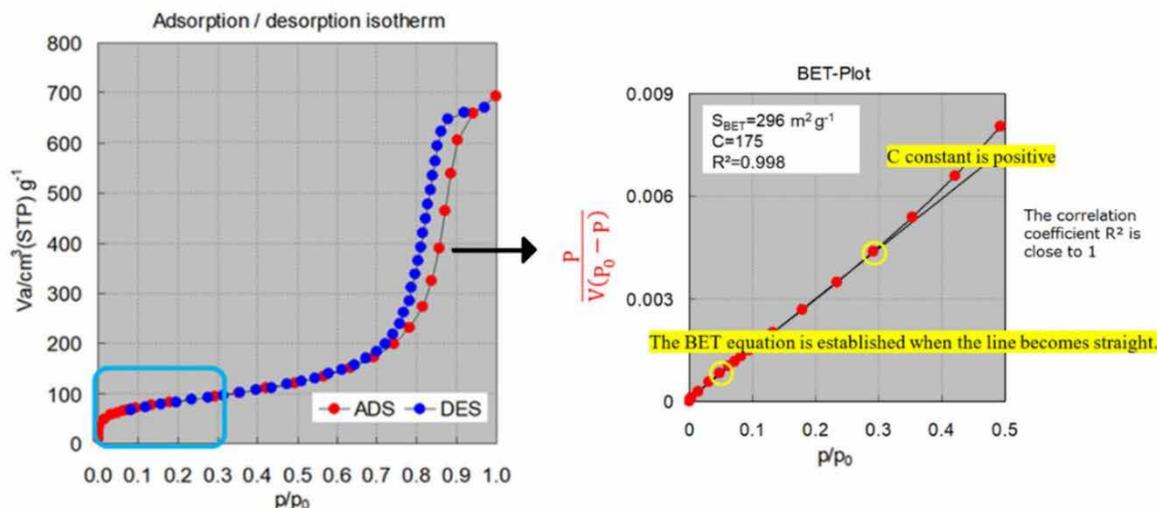


Рис.1 Изотерма сорбции азота Develosil 100 при 77 К, активированного в вакууме при комнатной температуре в течение 15 часов (слева) и график БЭТ для Develosil 100 (справа)

График БЭТ представляет собой преобразование изотермы адсорбции:

$$\frac{p}{V_{ads}(p_0 - p)} = \frac{C-1}{V_m C} \left( \frac{p}{p_0} \right) + \frac{1}{V_m C} *$$

(y = s \* x + i)

с наклоном  $s = \frac{C-1}{V_m C}$  и отрезком,  $i = \frac{1}{V_m C}$  отсекаемый на оси координат

p: равновесное давление  
 $p_0$ : давление насыщенного пара  
 $V_{ads}$ : адсорбированное количество при равновесном давлении p  
 $V_m$ : объем адсорбированного монослоя  
 C: константа БЭТ

$C = \exp((E1-EL)/RT)$  с теплотой адсорбции первого слоя E1 и теплотой сжижения EL соответственно испарения.

По наклону и пересечению линейной части графика БЭТ можно рассчитать объем монослоя  $V_m$  и константу БЭТ C:

$$V_m = \frac{1}{s+i}$$

$$C = 1 + \frac{s}{i}$$

Из объема монослоя удельную площадь поверхности по БЭТ получают по формуле:

$$S_{BET} = \frac{V_m \times N_A \times A_{cs}}{V_{mol} \times m} \text{ [m}^2\text{/g]}$$

R = 8,314 Дж/моль\*К  
 T (N2) = 77 К  
 $V_{mol} = 22,414 \times 10^{-3} \text{ м}^3\text{/моль}$   
 $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ моль}$   
 $A_{CS} (N_2) = 16,2 \times 10^{-20} \text{ м}^2$   
 m = масса адсорбента в г

### Ссылки

<sup>1</sup> M. Thommes, K. Keneko, A. V. Neimark, J. P. Oliver, F. Rodriguez - Reinoso, J. Rouquerol and K. S. W. Sing, Pure Appl. Chem. 2015, 87, 1051–1069

<sup>2</sup> for Tupal isotherms the evaluation is also carried out below the relative pressure of 0.05; see Appnote 3

<sup>3</sup> Evaluation of the pore surface area and pore volume of Develosil 100 is presented in Material No. 7 (mesopore evaluation by BJH method) and No. 9 (evaluation by t-plot method)