

MICROTRAC

MEB

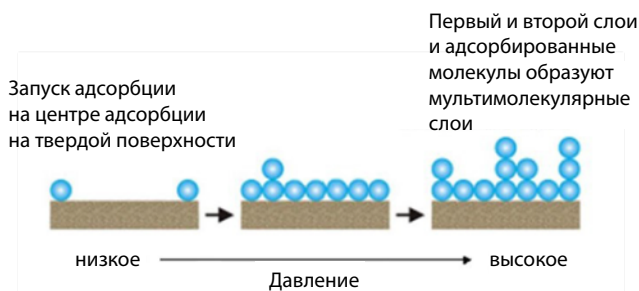
PARTICLE CHARACTERIZATION

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).¹ Изотермы I типа могут быть оценены с помощью графика Рукероля.² 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 м²/г.³ Следует отметить, что константа С должна быть положительной, а коэффициент корреляции R² должен быть выше 0.99.

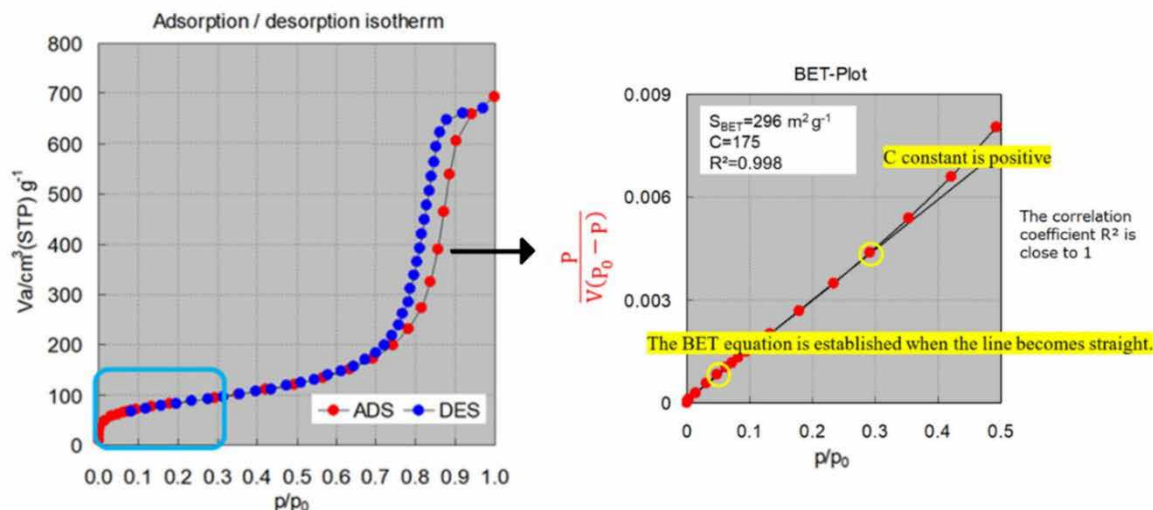


Рис.1 Изотерма сорбции азота Develosil 100 при 77 К, активированного в вакууме при комнатной температуре в течение 15 часов (слева) и график БЭТ для Develosil 100 (справа)

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:

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

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

- ¹ 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
- ² for Tytel isotherms the evaluation is also carried out below the relative pressure of 0.05; see Appnote 3
- ³ 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)