



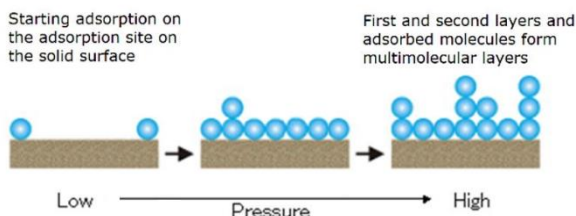
Оценка площади удельной поверхности пористого кремнезема (Изотерма тип IV) с помощью метода BET

Приборы BELSORP

Метод Брунауэра-Эммета-Теллера (сокращенно метод BET, ISO 9277) является наиболее распространенным методом оценки удельной площади поверхности. Удельная площадь поверхности для макропористых, мезопористых и непористых твердых тел определяется путем измерения количества физически поглощенного газа. Удельная площадь поверхности материала рассчитывается с использованием адсорбированного объема монослоя и пространства, требуемого адсорбирующейся молекулой. Метод BET применим к изотермам сорбции типа II и типа IV, и оценка проводится в диапазоне относительных давлений p/p_0 от 0,05 до 0,30 (рекомендация IUPAC). 1 Изотерма Тип I может быть оценена с помощью графика Рукероля. 2 Теория BET основана на трех предположениях:

Предположения теории BET

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



Теория:

Изотерма сорбции азота Develosil 100 при 77 K (Рис. 1) может быть отнесена к типу IV. По этой изотерме можно рассчитать График BET, который показан на Рис. 2. Площадь поверхности BET определяется с использованием значений измерений в области относительного давления от 0,05 до 0,30 в соответствии с рекомендациями IUPAC. Средняя удельная площадь поверхности BET Develosil 100 составляет 296 м²/г. Следует отметить, что С-константа должна быть положительной, а коэффициент корреляции R^2 должен быть выше 0,99.

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 Type I 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)

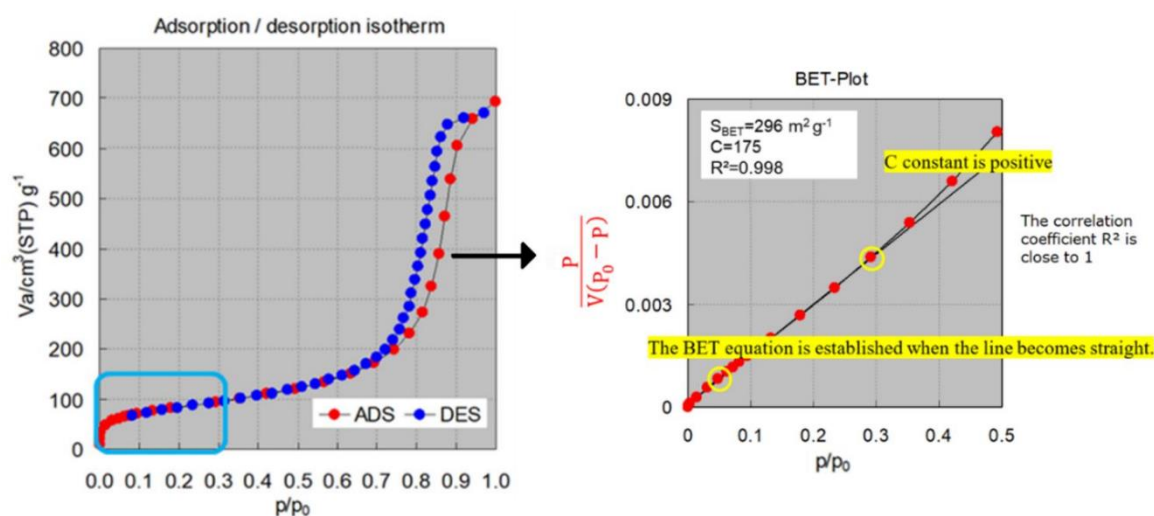


Рис. 1 Изотерма сорбции азота Develosil 100 при 77 К, активированная в вакууме при комнатной температуре в течение 15 ч (слева) и график BET Develosil 100 (справа)

График BET представляет собой преобразование изотермы адсорбции:

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

($y = s * x + i$)

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

наклон $s = \frac{C-1}{V_m C}$ и пересечение $i = \frac{1}{V_m C}$

$C = \text{показатель степени } ((E_1 - E_L)/RT)$ где E_1 теплота адсорбции первого слоя и E_L теплота разжижения соответствующая испарению.

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

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

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

Из объема монослоя удельную площадь поверхности BET получают путем:

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

$$R = 8.314 \text{ J/mol K}$$

$$T(N_2) = 77 \text{ K}$$

$$V_{mol} = 22.414 \times 10^{-3} \text{ m}^3\text{/mol}$$

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$A_{CS}(N_2) = 16.2 \times 10^{-20} \text{ m}^2$$

$$m = \text{mass of adsorbent in g}$$

⁴ y-axis может также быть выражен как $1/V_{ads}[(p_0/p)-1]$