



ТОЛЬЯТТИНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Расчетные задания

Тольятти
ТГУ
2010

Федеральное агентство по образованию
Тольяттинский государственный университет
Институт химии и инженерной экологии
Кафедра «Химия»

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Расчетные задания

Тольятти
ТГУ
2010

УДК 544.7(075.8)

ББК 24.6 Я73

К607

Рецензент:

д.п.н., профессор Тольяттинского филиала

Московского государственного университета пищевых производств

В.Н. Воронин.

К607 Коллоидная химия : расчетные задания / сост. Г.И. Остапенко. – Тольятти : ТГУ, 2010. – 40 с.

В настоящем учебном издании приведены примеры расчетов в области прикладной коллоидной химии.

Каждое задание сопровождается кратким теоретическим введением в объеме, необходимом для понимания сути физико-химических процессов, рассматриваемых в примерах. Издание содержит варианты индивидуальных заданий.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 020100.65 «Химия» и направлению 240401.62 «Химическая технология и биотехнология» очной и заочной форм обучения.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета

© Тольяттинский государственный университет, 2010

Тема 1. АДСОРБЦИЯ НА ГРАНИЦЕ «ЖИДКИЙ РАСТВОР – ГАЗ»

Краткое введение

Существование ненасыщенных межмолекулярных связей на границе фаз обуславливает наличие в изобарно-изотермических условиях избыточной энергии Гиббса G на границе фаз. Очевидно, что величина этой энергии пропорциональна величине площади B границы раздела:

$$G \sim B.$$

Для замены знака пропорциональности на знак равенства вставляем коэффициент пропорциональности и получаем: $G = \sigma B$, откуда $\sigma = \frac{G}{B}$ [Дж/м²] или $\sigma = \frac{dG}{dB}$ в интегральной и дифференциальной форме соответственно. Отсюда следует, что поверхностное натяжение σ есть поверхностная энергия единицы площади границы раздела фаз. Например, для границы «вода – воздух» $\sigma = 72,75$ мН/м.

Но существование поверхностного натяжения приводит к появлению механической силы, стремящейся сократить величину поверхности границы фаз. Поэтому σ можно выразить как отношение силы, действующей на контур, ограничивающий поверхность, к длине этого контура. Тогда единицей измерения σ будет Н/м. Поэтому при одном и том же численном значении σ обе единицы измерения (Дж/м² и Н/м) будут равноправны.

Наличие поверхностного натяжения приводит к тому, что в поверхностном слое на границе фаз изменяется концентрация растворенного вещества по сравнению с его концентрацией в объеме раствора. Это явление называется адсорбцией.

При этом вещество, адсорбированное на поверхности, называется адсорбатом, которое может адсорбироваться, но находится в объеме раствора, называется адсорбтивом, а то вещество, на котором происходит адсорбция, – адсорбентом. Вещества, способные к адсорбции, называются поверхностно-активными (ПАВ).

Количественно явление адсорбции характеризуется величинами абсолютной адсорбции A (количество вещества адсорбата на единице поверхности) или избыточной адсорбцией Γ (избыток адсорбата на поверхности по сравнению с его количеством на поверхности до ад-

сорбции). Очевидно, что величины A и Γ практически совпадают при сильной адсорбции. Для плоских поверхностей:

$$\Gamma = \frac{V}{B} \text{ [моль/м}^2\text{]},$$

где v – количество адсорбата.

Адсорбция Γ связана с объемной концентрацией адсорбтива в растворе и поверхностным натяжением σ уравнением адсорбции Гиббса:

$$\Gamma = -\frac{c}{RT} \frac{d\sigma}{dc}, \quad (1.1)$$

если концентрация выражена как молярная, или

$$\Gamma = -\frac{N}{RT} \frac{d\sigma}{dN}, \quad (1.2)$$

если концентрация выражена в мольных долях. В общем виде эти уравнения можно записать как

$$\Gamma = -\frac{(c, N)}{RT} \frac{d\sigma}{d(c, N)}. \quad (1.3)$$

Здесь c – молярная концентрация раствора, моль/л; N – мольная доля адсорбтива в растворе: $R = 8,314 \text{ Дж/моль} \times \text{К}$ – универсальная газовая постоянная; T, K – абсолютная температура.

Зависимость Γ от c или N , т. е. $\Gamma(c, N)$, при постоянной температуре называется изотермой адсорбции (рис. 1.1). Здесь Γ_{\max} – величина предельной адсорбции, когда вся поверхность занята монослоем адсорбата (при мономолекулярной адсорбции), вследствие чего дальнейшая адсорбция невозможна.

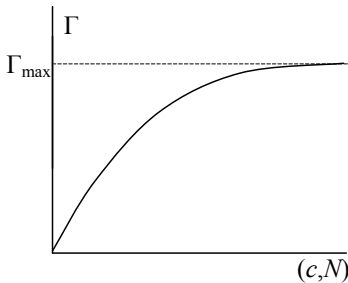


Рис. 1.1. Изотерма мономолекулярной адсорбции Ленгмюра

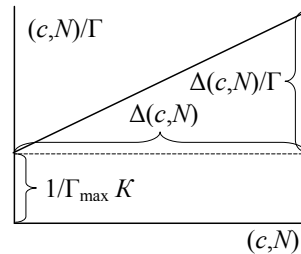


Рис. 1.2. Изотерма адсорбции в координатах уравнения (1.6)

Предельная адсорбция ПАВ:

$$\Gamma_{\max} = \frac{V_{\max}}{B},$$

где v_{\max} – количество ПАВ в насыщенном поверхностном слое; B – площадь межфазной поверхности. Так как поверхность B полностью заполнена молекулами ПАВ, то

$$B = B_0 \times v_{\max} \times N_A,$$

где B_0 – площадь поперечного сечения одной молекулы, м^2 ; $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ молекул/моль – постоянная Авогадро. Отсюда

$$\Gamma_{\max} = \frac{v_{\max}}{B_0 \times v_{\max} \times N_A} \text{ или } \Gamma_{\max} = \frac{1}{B_0 N_A}.$$

Зная плотность растворенного вещества ρ и его молекулярную массу M , можно рассчитать толщину предельного адсорбционного слоя, которая будет соответствовать длине молекул (вследствие вертикальной ориентации молекул в мономолекулярном слое). Произведение $\Gamma_{\max} M$ эквивалентно массе адсорбата на 1 м^2 : $\text{моль}/\text{м}^2 \times \text{кг}/\text{моль} = \text{кг}/\text{м}^2$. Эту же массу можно выразить через произведение $\delta \rho$ ($\text{м} \times \text{кг}/\text{м}^3 = \text{кг}/\text{м}^2$), т. е.

$$\Gamma_{\max} M = \delta \rho; \quad \delta = \Gamma_{\max} M / \rho, \quad (1.4)$$

где δ – длина молекул ПАВ.

Таким образом, предельная адсорбция позволяет определить размеры молекул ПАВ в насыщенном адсорбционном слое.

При мономолекулярной адсорбции, типичной для границы раздела «жидкий раствор – газ», зависимость величины адсорбции ПАВ от концентрации раствора $\Gamma = f(c, N)$ хорошо описывается уравнением Ленгмюра

$$\Gamma = \Gamma_{\max} \frac{K(c, N)}{1 + K(c, N)}, \quad (1.5)$$

где K – константа адсорбции, величина которой зависит от длины углеводородного радикала полярной молекулы ПАВ (при увеличении длины цепи на 1 группу ($-\text{CH}_2-$) K увеличивается в 3–3,5 раза).

Константы Γ_{\max} и K в уравнении Ленгмюра определяют графически, приводя это уравнение к линейному виду. Для этого правую и левую части уравнения надо «перевернуть»:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\max}} + \frac{1}{\Gamma_{\max} K(c, N)}.$$

Умножим обе части этого уравнения на c, N :

$$\frac{(c, N)}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\max} K} + \frac{(c, N)}{\Gamma_{\max}}. \quad (1.6)$$

На рис. 1.2 показан график $(c, N)/\Gamma = f(c, N)$. Тангенс угла наклона β прямой к оси абсцисс

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{\Gamma_{\max}} = \frac{\Delta\left(\frac{c, N}{\Gamma}\right)}{\Delta(c, N)}. \quad (1.7)$$

Отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат, равен $1/\Gamma_{\max} K$.

Для определения основных параметров мономолекулярной адсорбции:

- измеряют зависимость поверхностного натяжения σ от концентрации и строят график этой зависимости;
- графически рассчитывают несколько значений производной σ по концентрации;
- считают величины адсорбции Γ для выбранных концентраций;
- строят зависимость Γ от концентрации в координатах уравнения (1.6) и вычисляют величины предельной адсорбции Γ_{\max} , а затем площадь V_0 , занимаемую молекулой адсорбата на границе раздела фаз и константу адсорбции K .

Задание 1

Рассчитать адсорбцию Γ для 1,4–бутандиола на поверхности его водного раствора по зависимости $\sigma = f(N)^1$ при $T = 303$ К. Оценить применимость уравнения Ленгмюра для мономолекулярной адсорбции. Рассчитать предельную адсорбцию Γ_{\max} , площадь, занимаемую одной молекулой адсорбата на поверхности, и константу адсорбции K .

| $N \times 10^2$ | $\sigma \times 10^3$ Н/м | $N \times 10^2$ | $\sigma \times 10^3$ Н/м | $N \times 10^2$ | $\sigma \times 10^3$ Н/м |
|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| 0,5 | 67,3 | 2,0 | 61,6 | 3,5 | 58,3 |
| 1,0 | 65,0 | 2,5 | 60,4 | 4,0 | 57,7 |
| 1,5 | 63,1 | 3,0 | 59,3 | 4,5 | 57,2 |

Решение

1. Строим зависимость $\sigma = f(N)$ (рис. 1.3), для чего:

- по вертикальной оси откладываем масштаб σ от 55×10^{-3} до 75×10^{-3} Н/м ($\sigma \times 10^3 = 55$, отсюда $\sigma = 55/10^3$ или $\sigma = 55 \times 10^{-3}$). Нижний предел σ выбирают так, чтобы график занимал все поле рисунка;

¹ Часто в индивидуальных заданиях задана зависимость σ от молярной концентрации c ($\sigma = f(c)$). В этом случае принципиально ход вычислений не меняется, но необходимо использовать уравнения, где вместо N стоит c . Это в ряде случаев приведет к изменению размерностей некоторых вычисляемых величин. Нужно строить график зависимости $\sigma = f(c)$, определять производные $d\sigma/dc$ [Н \times м²/моль], затем для вычисления адсорбции использовать уравнение (1.1), предельной адсорбции – уравнение (7), а потом рассчитывать c/Γ [1/м], по уравнению (1.6) строить график $c/\Gamma = f(c)$. В этом случае K [м³/моль], а размерности остальных вычисляемых величин такие же, как и в приведенном далее примере.

- по горизонтальной — мольные доли от нуля до $N = 4,5 \times 10^{-2}$ ($N \times 10^2 = 4,5$, откуда $N = 4,5/10^2$ или $N = 4,5 \times 10^{-2}$);
- наносим экспериментальные точки на поле графика (в том числе и для чистой воды при $N = 0$);
- с помощью гибкой линейки проводим *плавную* кривую вблизи точек.

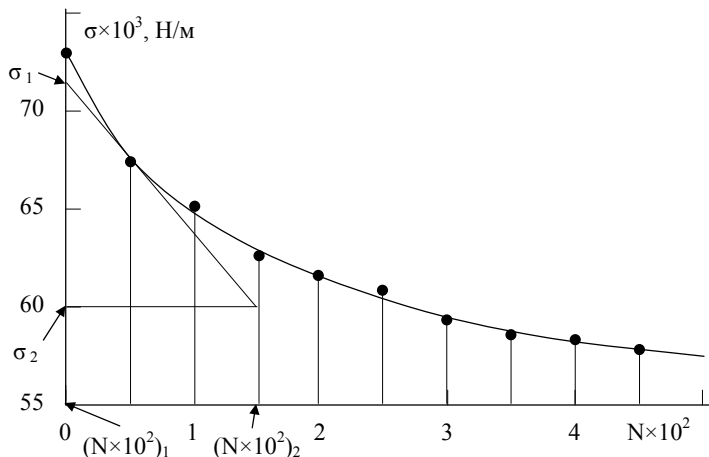


Рис. 1.3. Зависимость поверхностного натяжения от мольной доли адсорбтива

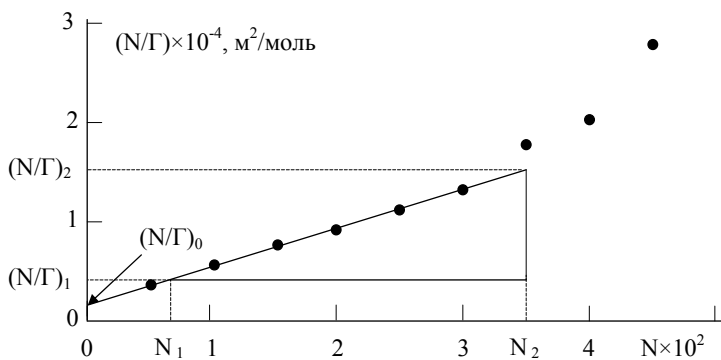


Рис. 1.4. Изотерма адсорбции в координатах уравнения Ленгмюра 1.6

2. Для вычисления производной $d\sigma/dN$:

- не обращая внимания на экспериментальные точки на графике, *произвольно* выбираем на нем 8–10 значений N (в данном примере всего девять значений N , поэтому целесообразно было выбрать все девять от N_1 до N_9 из таблицы);

- в соответствии с геометрическим смыслом производной для каждого значения N провести касательные, построить на каждой касательной прямоугольный треугольник *любой* величины и вычислить производные как отношение катетов треугольника

$$\frac{d\sigma}{dN} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta N} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{N_2 - N_1} \text{ [Н/м]}$$

(следует иметь в виду, что величина треугольника не влияет на соотношение катетов, т. е. на величину производной). Например, для $N = 0,5 \times 10^{-2}$:

$$\left(\frac{d\sigma}{dN}\right)_{0,5} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{N_2 - N_1} = \frac{(60 - 71,5) \times 10^{-3}}{(1,5 - 0) \times 10^{-2}} = -7,7 \times 10^{-1} = -0,77 \text{ Н/м.}$$

3. Считаем величину адсорбции по уравнению (1.2) для всех выбранных концентраций. Для $N = 0,5 \times 10^{-2}$

$$\Gamma_{0,5} = \frac{0,5 \times 10^{-2}}{8,31 \times 303} \times 0,75 = 1,4 \times 10^{-6} \text{ моль/м}^2.$$

4. Считаем величины N/Γ [м²/моль] для выбранных концентраций. Для $N = 0,5 \times 10^{-2}$

$$\left(\frac{N}{\Gamma}\right)_{0,5} = \frac{0,5 \times 10^{-2}}{1,4 \times 10^{-6}} = 0,36 \times 10^4 \text{ м}^2/\text{моль.}$$

5. В соответствии с уравнением (1.6) строим зависимость $N/\Gamma = f(N)$ (рис. 1.4), для чего:

- по вертикальной оси откладываем масштаб N/Γ , а по горизонтальной — N (пределы N/Γ и N опять выбирают так, чтобы график занимал все поле рисунка, причем ось N должна начинаться от нуля);
- наносим экспериментальные точки на поле графика;
- проводим прямую через экспериментальные точки (как правило, прямая получается при малых концентрациях адсорбтива, а при больших — точки отклоняются от прямой. В выводах по заданию следует указать, до каких концентраций точки лежат на прямой, т. е. до каких концентраций выполняется уравнение Ленгмюра и имеет место мономолекулярная адсорбция).

6. На прямой строим прямоугольный треугольник произвольного размера и считаем величину обратной предельной адсорбции как соотношение катетов треугольника:

$$\frac{1}{\Gamma_{\max}} = \frac{(N/\Gamma)_2 - (N/\Gamma)_1}{N_2 - N_1} = \frac{(1,5 - 0,3) \times 10^4}{(3,5 - 0,7) \times 10^{-2}} = 0,43 \times 10^6 \text{ [M}^2/\text{моль]}.$$

7. Считаём площадь, занимаемую одной молекулой адсорбтива на поверхности границы раздела «раствор – воздух» в соответствии с уравнением (1.3):

$$B_0 = \frac{1}{\Gamma_{\max} N_A} = \frac{0,43 \times 10^6}{6,02 \times 10^{23}} = 7,1 \times 10^{-19} \text{ [M}^2\text{]}.$$

8. Считаём константу адсорбции с использованием величины $(N/\Gamma)_0$ отрезка (рис. 1.4), отсекаемого прямой на вертикальной оси. В соответствии с уравнением (1.6):

$$K = \frac{1}{\Gamma_{\max} (N/\Gamma)_0} = \frac{0,43 \times 10^6}{0,12 \times 10^4} = 3,6 \times 10^2.$$

9. Делаем выводы по работе:

- При каких концентрациях в данной коллоидной системе имеет место мономолекулярная адсорбция?
- От чего, по вашему мнению, зависит точность построения графиков на рис. 1.3 и 1.4?

Тема 2. ГАЗОВАЯ АДСОРБЦИЯ. РАСЧЕТ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО АДСОРБЕНТА

Краткое введение

Ленгмюровская мономолекулярная адсорбция чаще всего имеет место при адсорбции ПАВ из растворов на границе «раствор – газ». При адсорбции газов на поверхности твердых адсорбентов обычно образуется полимолекулярный слой этих газов. Теорию такой адсорбции разработали Бранауэр, Эммет и Теллер, поэтому эту теорию называют теорией БЭТ. Теория БЭТ дает следующую зависимость адсорбции Γ от давления газа p (изотерму адсорбции):

$$\Gamma = \Gamma_{\max} \frac{k}{\left(1 - \frac{p}{p_s}\right) \left[1 + (k-1) \frac{p}{p_s}\right]} \frac{p}{p_s},$$

где k – константа; p_s – давление насыщенного пара газа. Это уравнение можно привести к виду:

$$\frac{p/p_s}{(1 - p/p_s)\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\max} k} + \frac{k-1}{k\Gamma_{\max}} \frac{p}{p_s}. \quad (2.1)$$

Это уравнение прямой:

$$y = y_0 + \text{tg}\alpha \times x,$$

где

$$y = \frac{p/p_s}{(1 - p/p_s)\Gamma}; \quad y_0 = \frac{1}{\Gamma_{\max} k}; \quad \text{tg}\alpha = \frac{k-1}{k\Gamma_{\max}} \quad \text{и} \quad x = \frac{p}{p_s}. \quad (2.2)$$

Построив изотерму адсорбции в координатах уравнения (2.1) (рис. 2.1), можно рассчитать основные параметры адсорбции Γ_{\max} и k .

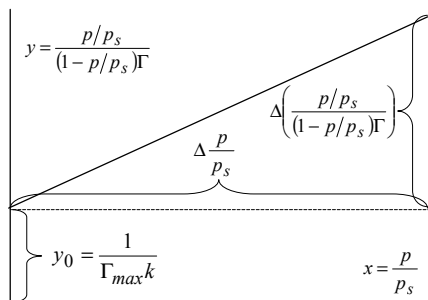


Рис. 2.1. Изотерма адсорбции в координатах уравнения (2.7)

Теория БЭГ используется для расчета удельной поверхности адсорбентов (поверхность единицы массы адсорбента. Для этого изучают адсорбцию стандартного, хорошо известного газа (например, азота или бензола) на адсорбенте и затем:

- строят изотерму адсорбции в координатах уравнения (2.1);
- определяют из нее предельную адсорбцию Γ_{\max} и k ;
- зная величину поверхности, занимаемой молекулой газа на поверхности адсорбента B_0 , рассчитывают удельную поверхность адсорбента:

$$B = B_0 \Gamma_{\max} N_A. \quad (2.3)$$

Задание 2

Рассчитать удельную поверхность адсорбента по изотерме адсорбции бензола на его поверхности. Величина площади, занимаемой молекулой азота на поверхности адсорбента, $B_0 = 49 \times 10^{-20} \text{ м}^2$.

| p/p_s | 0,024 | 0,08 | 0,14 | 0,20 | 0,27 | 0,35 | 0,46 |
|--------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| $\Gamma \times 10^3$, моль/кг | 14,9 | 34,8 | 47,2 | 56,8 | 66,3 | 79,3 | 101 |

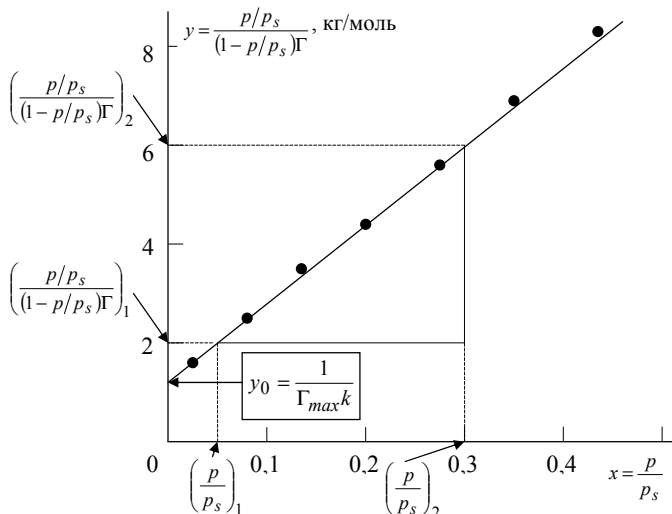


Рис. 2.2. Изотерма газовой адсорбции к заданию 2

Решение

1. По экспериментальным данным вычисляем величину y для всех пар данных с помощью обозначений (2.2). Например, для первой пары значений из таблицы:

$$y = \frac{p/p_s}{(1 - p/p_s)\Gamma} = \frac{0,024}{(1 - 0,024) \times 14,9 \times 10^{-3}} = 1,65 \text{ кг/моль.}$$

2. Наносим точки на график в координатах уравнения (2.1) как зависимость y от x (рис. 2.2).

3. Строим изотерму адсорбции как прямую (прямая зависимость при небольших отклонениях точек от прямой свидетельствует о применимости теории БЭТ к исследуемой адсорбции).

4. Из графика определяем коэффициенты прямой:

$$y_0 = 1,24 \text{ кг/моль;}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\Delta\left(\frac{p/p_s}{(1 - p/p_s)\Gamma}\right)}{\Delta(p/p_s)} = \frac{\left(\frac{p/p_s}{(1 - p/p_s)\Gamma}\right)_2 - \left(\frac{p/p_s}{(1 - p/p_s)\Gamma}\right)_1}{(p/p_s)_2 - (p/p_s)_1} = \frac{6,0 - 2,0}{0,3 - 0,05} = 16 \text{ кг/моль.}$$

5. Для нахождения Γ_{\max} из уравнения (2.2) решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} y_0 = \frac{1}{\Gamma_{\max} k}; \\ \operatorname{tg}\alpha = \frac{k - 1}{k\Gamma_{\max}} \end{cases}$$

и получаем:

$$k = 1 + \frac{\operatorname{tg}\alpha}{y_0} = 1 + \frac{16}{1,24} = 12,9 \text{ и } \Gamma_{\max} = \frac{1}{y_0 k} = \frac{1}{1,24 \times 12,9} = 0,062 \text{ моль/кг.}$$

6. С использованием (2.3) величина удельной поверхности адсорбента:

$$B = B_0 \Gamma_{\max} N_A = 49 \times 10^{-20} \times 0,062 \times 6,02 \times 10^{23} = 18 \times 10^3 \text{ м}^2/\text{кг.}$$

Тема 3. КОНДЕНСАЦИОННАЯ ГАЗОВАЯ АДСОРБЦИЯ. РАСЧЕТ УДЕЛЬНОГО ОБЪЕМА МИКРОПОР ТВЕРДОГО АДСОРБЕНТА

Краткое введение

Важное место в теории газовой адсорбции занимает теория Поляни, в которой проводится аналогия между адсорбцией и конденсацией пара. Предполагается, что в результате взаимодействия молекул газа с адсорбентом происходит концентрирование газа у поверхности адсорбента и связанное с этим повышение локального объема. В пределе газ сжимается до давления насыщения p_s и на поверхности образуется пленка жидкости.

Объем конденсата V [$\text{м}^3/\text{кг}$], называемый удельным адсорбционным объемом, может быть рассчитан по удельной адсорбции $\Gamma_{\text{уд}}$:

$$V = \Gamma_{\text{уд}} V_m,$$

где V_m – молярный объем жидкости (т. е. объем, занимаемый молекул жидкости).

Взаимодействие газа с адсорбентом определяется адсорбционным потенциалом:

$$\varepsilon = RT \ln \frac{p_s}{p} \quad [\text{Дж/моль}].$$

Адсорбционный потенциал численно равен работе переноса моля газа на поверхность из объема газа в адсорбционный слой.

Для микропористых адсорбентов ($r < 30 \times 10^{-3}$ м) М.М. Дубинин предложил следующую взаимосвязь между V и ε :

$$V = V_0 \exp(-k\varepsilon^2),$$

где k – константа; V_0 – предельный адсорбционный объем, равный объему микропор в кг адсорбента. Отсюда

$$\Gamma = \frac{V}{V_m} \exp \left[-k \left(RT \ln \frac{p_s}{p} \right)^2 \right]. \quad (3.1)$$

Это уравнение позволяет определять объем микропор по экспериментальной изотерме адсорбции. Логарифмируем уравнение (3.1):

$$\ln \Gamma = \ln \frac{V_0}{V_m} - k \left(RT \ln \frac{p_s}{p} \right)^2 \quad (3.2)$$

и получаем уравнение прямой, график которой приведен на рис. 3.1.

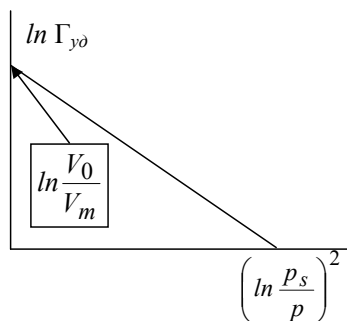


Рис. 3.1. Изотерма конденсационной газовой адсорбции в координатах уравнения (3.2)

Таким образом, для определения предельного адсорбционного объема пористого адсорбента необходимо:

- по экспериментальным данным зависимости Γ_{y0} от p построить изотерму адсорбции в координатах уравнения (3.2);
- из отрезка на оси $\ln \Gamma_{y0}$, отсекаемого прямой, рассчитать V_0 .

Задание 3

Вычислить предельный адсорбционный объем активированного угля по изотерме адсорбции бензола. Для бензола молярный объем $V_m = 89 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$.

| p/p_s | Γ_{y0} , моль/кг | p/p_s | Γ_{y0} , моль/кг | p/p_s | Γ_{y0} , моль/кг |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| $1,33 \times 10^{-6}$ | 0,50 | $5,6 \times 10^{-4}$ | 1,55 | $9,47 \times 10^{-2}$ | 2,56 |
| $2,13 \times 10^{-5}$ | 0,85 | $1,63 \times 10^{-2}$ | 2,25 | 0,201 | 2,74 |
| $1,21 \times 10^{-4}$ | 1,18 | $3,77 \times 10^{-2}$ | 2,39 | 0,327 | 2,86 |

Решение

1. Рассчитываем все значения $\lg(p_s/p)^2$. Например, для первого давления:

$$\left(\lg \frac{p_s}{p}\right)_1^2 = \left(\frac{1}{\lg(p/p_s)_1}\right)^2 = \left(\frac{1}{\lg(1,33 \times 10^{-6})}\right)^2 = \left[\lg(0,752 \times 10^6)\right]^2 = 34,52.$$

2. Рассчитываем все значения $\lg \Gamma_{y0}$. Например, для первого значения Γ_{y0} : $\lg \Gamma_{y0} = -0,301$.

3. Строим график зависимости $\lg \Gamma_{y0}$ от $\lg(p_s/p)^2$ (рис. 3.2), для чего:

- наносим экспериментальные точки на график;
- строим изотерму адсорбции как прямую (прямая зависимость при небольших отклонениях точек от прямой свидетельствует о приме-

нимости теории конденсационной газовой адсорбции к исследуемой адсорбции).

4. Из уравнения (3.2) следует, что $(\lg \Gamma_{y\partial})_0 = \lg V_0/V_m$. Из графика видно, что $(\lg \Gamma_{y\partial})_0 = 0,435$. Следовательно:

$$V_0 = V_m \times 10^{0,435} = 89 \times 10^{-6} \times 10^{0,435} = 0,239 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}.$$

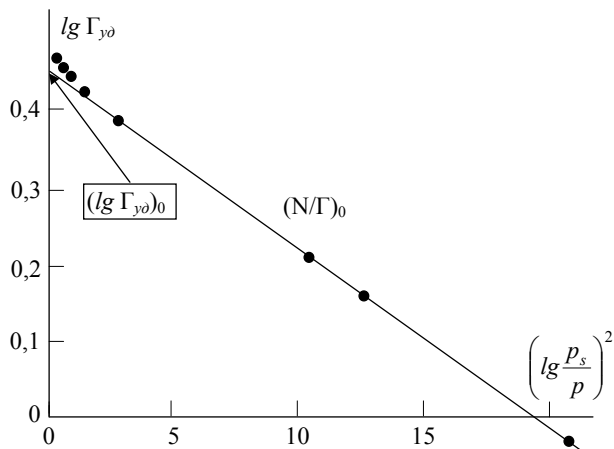


Рис. 3.2. Изотерма конденсационной газовой адсорбции к заданию 3

Тема 4. АДСОРБЦИЯ С КАПИЛЛЯРНОЙ КОНДЕНСАЦИЕЙ. РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ

Краткое введение

Изучая адсорбцию паров, можно определить размеры пор и удельную поверхность адсорбента.

Конденсация на плоской поверхности и в порах идет по-разному, т. к. в порах происходит капиллярная конденсация при давлении p меньше, чем давление насыщенного пара над плоской поверхностью p_s . В поре образуется вогнутый мениск. Давление паров над вогнутым мениском меньше, чем над плоской поверхностью, и конденсация начинается при $p/p_s < 1$.

Рассмотрим процесс адсорбции – десорбции паров в поре. При адсорбции пары сначала конденсируются на стенках поры и диаметр поры уменьшается, а затем возникает мениск с радиусом, меньшим радиуса поры. А процесс десорбции идет при радиусе мениска, равном радиусу поры. Поэтому на изотермах адсорбции – десорбции имеется гистерезис, т. е. различие прямого и обратного хода.

Для определения радиуса пор используют изотерму десорбции. Пористость (объем пор единицы массы адсорбента):

$$V = \Gamma_{y0} V_m, \quad (4.1)$$

где V_m – молярный объем адсорбтива – конденсата.

Радиус пор:

$$r = \frac{2\sigma V_m}{RT \ln p_s/p}, \quad (4.2)$$

где σ – поверхностное натяжение на границе «жидкость – газ».

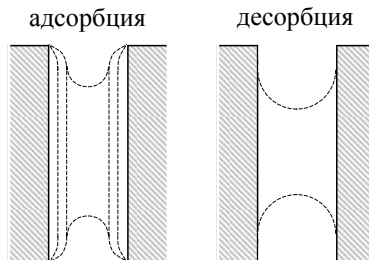


Рис. 4.1. Механизм конденсации – испарения при капиллярной адсорбции – десорбции газа

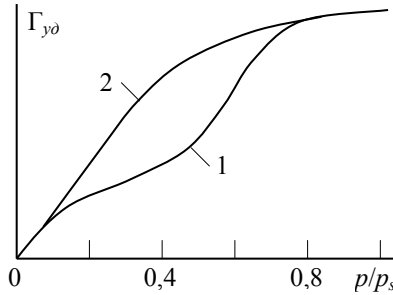


Рис. 4.2. Изотерма адсорбции при капиллярной конденсации:
1 – кривая адсорбции; 2 – кривая десорбции

Определение радиуса пор ведут следующим образом.

1. Берут экспериментальную изотерму капиллярной десорбции $\Gamma = f(p/p_s)$.

2. Для нескольких значений $\Gamma_{уд}$ рассчитывают пористость V и радиус пор r .

3. Строят интегральную кривую распределения пор по радиусам в координатах $V = f(r)$.

4. Строят дифференциальную кривую распределения пор по радиусам в координатах $\Delta V/\Delta r = f(r)$ и по ней определяют наиболее вероятный радиус пор (по максимуму на кривой).

По изотерме капиллярной конденсации также можно определить величину удельной поверхности адсорбента $B_{yδ}$. Известно, что поверхность конденсации связана с адсорбцией:

$$dB = -\frac{RT}{\sigma} \ln \frac{p_s}{p} d\Gamma_{yδ}.$$

Если обозначить B_k – площадь адсорбента в порах до конденсации и B_{max} – площадь адсорбента при полном заполнении пор, то:

$$B_k - B_{max} = \frac{RT}{\sigma} \int_{\Gamma_k}^{\Gamma_{max}} \ln \frac{p_s}{p} d\Gamma_{yδ}.$$

С учетом того, что $B_k \ll B_{max}$ (при заполнении пор площадь адсорбента много меньше):

$$B_{yδ} = B_k = \frac{RT}{\sigma} \int_{\Gamma_k}^{\Gamma_{max}} \ln \frac{p_s}{p} d\Gamma_{yδ}. \quad (4.3)$$

Следовательно, для определения удельной поверхности нужно:

1. Построить зависимость $\ln p_s/p$ для участка от начала десорбции до ее конца.

2. Провести графическое интегрирование зависимости и определить величину адсорбции $\Gamma_{y\partial, \max}$, соответствующую полному заполнению пор адсорбентом.

3. Рассчитать удельную поверхность адсорбента:

$$B_{y\partial} = \frac{RT}{\sigma} \Gamma_{y\partial, \max}. \quad (4.4)$$

Задание 4

По экспериментальным данным сорбции паров воды на активированном угле при $T = 293$ К построить кривую капиллярной конденсации. Используя ветвь десорбции, построить интегральную и дифференциальную кривые распределения пор по радиусам. Указать наиболее вероятный радиус пор. Рассчитать удельную поверхность адсорбента. $V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль, $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м².

| p/p_s | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,98 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| $\Gamma_{y\partial, \text{adc}} \times 10^3$, моль/кг | 3,75 | 5,30 | 6,20 | 8,75 | 10,4 | 12,5 | 13,4 |
| $\Gamma_{y\partial, \text{dec}} \times 10^3$, моль/кг | 3,75 | 7,00 | 7,90 | 10,0 | 11,5 | 13,0 | 13,4 |

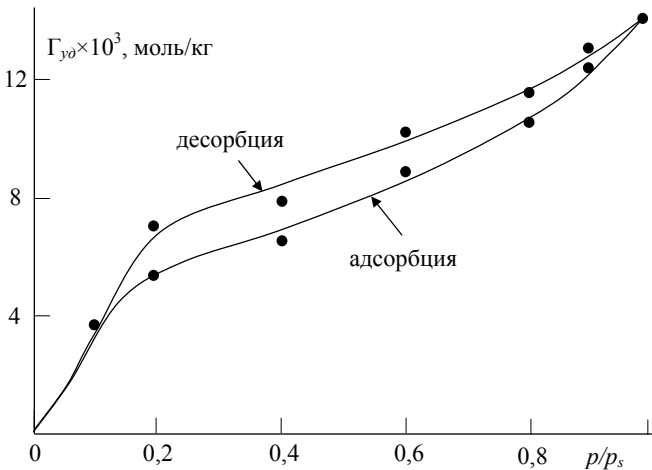


Рис. 4.3. Изотерма капиллярной конденсации к заданию 4

Решение

1. По табличным данным строим изотерму капиллярной конденсации $\Gamma_{yd} = f(p/p_s)$ (рис. 4.3). При этом проводим *плавные* кривые вблизи экспериментальных точек.

2. Произвольно выбираем несколько значений p/p_s на кривой десорбции (8–10 значений, причем чаще при малых значениях p/p_s) и записываем соответствующие значения $\Gamma_{yd, дес}$, а заодно и величины p_s/p , которые понадобятся для дальнейших вычислений. В нашем примере:

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,98 |
| p_s/p | 20 | 10 | 5 | 2,5 | 1,67 | 1,25 | 1,11 | 1,02 |
| $\Gamma_{yd} \times 10^3$, моль/кг | 0,5 | 3,7 | 7,0 | 7,9 | 9,0 | 10,0 | 10,9 | 11,5 |

3. Для этих значений по уравнению (4.1) рассчитываем объем пор, заполненных конденсатом. Например, для первого значения Γ_{yd} :

$$V_1 = (\Gamma_{yd})_1 V_m = 0,5 \times 10^{-3} \times 18 \times 10^{-3} = 9 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг},$$

а также соответствующие радиусы пор по уравнению (4.2):

$$r_1 = \frac{2\sigma V_m}{RT \ln(p_s/p)_1} = \frac{2 \times 72,5 \times 10^{-3} \times 18 \times 10^{-3}}{8,31 \times 293 \times \ln 20} = 0,36 \times 10^{-6} \text{ м}.$$

4. Строим интегральную кривую распределения пор по радиусам как функцию $V = f(r)$ (рис. 4.4).

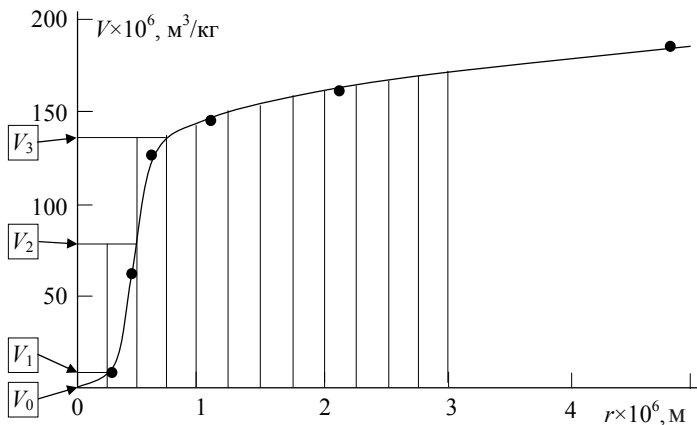


Рис. 4.4. Интегральная кривая распределения пор по радиусам

5. Делим интегральную кривую на равные участки по r (не менее 10 участков, в данном случае $\Delta r = 0,25 \times 10^{-6}$ м) и рассчитываем соответствующие величины $\Delta V/\Delta r$, где $\Delta V_1 = V_1 - V_0$; $\Delta V_2 = V_2 - V_1$ и т. д. Например:

$$\left(\frac{\Delta V}{\Delta r}\right)_1 = \frac{(10 - 0) \times 10^{-6}}{0,25 \times 10^{-6}} = 40 \text{ м}^2/\text{кг}.$$

6. Строим дифференциальную кривую распределения пор по радиусам как функцию $\Delta V/\Delta r = f(r)$ (рис. 4.5). Из рисунка видно, что в адсорбенте больше всего пор с радиусом около 0,5 мкм (по максимуму на кривой распределения).

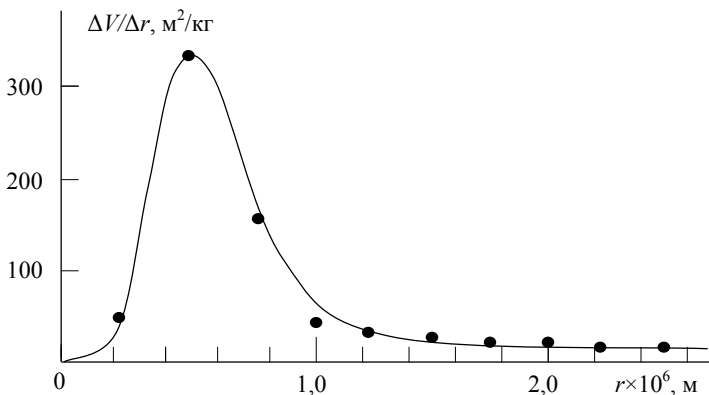


Рис. 4.5. Дифференциальная кривая распределения пор по радиусам

7. Для расчета удельной поверхности адсорбента строим график зависимости $\ln(p_s/p) = f(\Gamma)$ (рис. 4.6).

8. Для определения $\Gamma_{y\partial, \max}$ проводим графическое интегрирование кривой на рис. 4.6, т. е. определяем площадь под этой кривой. Для этого делим кривую на равные участки по $\Gamma_{y\partial}$ (не менее 10 участков, в данном случае $\Delta \Gamma_{y\partial} = 1 \times 10^{-3}$ моль/кг), затем рассчитываем площадь каждого из них

$$(B_{y\partial})_i = \ln(p_s/p)_{cp,i} \times (\Delta \Gamma_{y\partial})_i,$$

где i – номер участка; $\ln(p_s/p)_{cp,i}$ – усредненная величина $\ln(p_s/p)$ на данном участке. Например, для первого и седьмого участков:

$$(B_{y\partial})_1 = \ln(p_s/p)_{cp,1} \times (\Delta \Gamma_{y\partial})_1 = 3,0 \times 10^{-3} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ моль/кг},$$

$$(B_{y\partial})_7 = \ln(p_s/p)_{cp,7} \times (\Delta \Gamma_{y\partial})_7 = 1,6 \times 10^{-3} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ моль/кг}.$$

9. Находим площадь под кривой путем суммирования всех $(B_{y\partial})_i$.

10. $\Gamma_{y\partial, \max} = \sum_i (B_{y\partial})_i$. В нашем случае $\Gamma_{y\partial, \max} = 16,8 \times 10^{-3}$ моль/кг.

11. Рассчитываем удельную поверхность адсорбента по уравнению (4.4):

$$B_{y\theta} = \frac{RT}{\sigma} \Gamma_{y\theta, \max} = \frac{8,31 \times 293}{72,5 \times 10^{-3}} \times 16,8 = 5,64 \times 10^5 \text{ м}^2/\text{кг}.$$

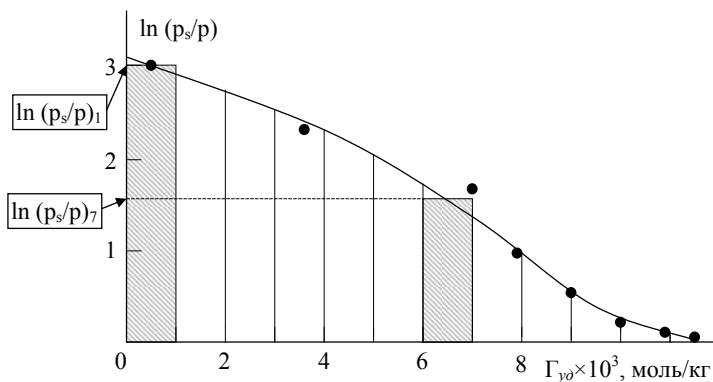


Рис. 4.6. Определение $\Gamma_{y\theta, \max}$ по уравнению (4.3) путем графического интегрирования

Литература

1. Баранова, В.И. Расчеты и задачи по коллоидной химии / В.И. Баранова [и др.]. – М. : Высш. шк., 1989. – 228 с.
2. Зимон, А.Д. Коллоидная химия / А.Д. Зимон – М. : Агар, 2003. – 320 с.
3. Гельфман, М.И. Коллоидная химия / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов – СПб. : Лань, 2008. – 336 с.

Варианты индивидуальных заданий

Задание 1

Рассчитать адсорбцию Γ и построить изотерму адсорбции вещества на поверхности его водных растворов по зависимости $\sigma = f(c)$ или $\sigma = f(N)$ (где c и N – концентрация или мольная доля вещества в растворе соответственно) при температуре T . Оценить применимость уравнения Ленгмюра для мономолекулярной адсорбции. Рассчитать предельную адсорбцию Γ_{max} , площадь B_0 , занимаемую одной молекулой адсорбата на поверхности и константу адсорбции K .

Вариант 1. $T = 293$ К

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0 | 72,75 | 3,98 | 68,60 | 12,6 | 63,60 |
| 1,00 | 70,20 | 6,31 | 67,20 | 15,8 | 62,40 |
| 1,58 | 69,90 | 7,95 | 66,00 | | |
| 2,51 | 69,40 | 10,00 | 64,80 | | |

Вариант 2. $T = 293$ К

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0 | 72,75 | 0,631 | 69,40 | 6,31 | 55,40 |
| 0,100 | 71,30 | 1,260 | 67,90 | 10,00 | 50,20 |
| 0,200 | 70,80 | 2,510 | 64,40 | | |
| 0,398 | 70,00 | 3,980 | 60,50 | | |

Вариант 3. $T = 293$ К

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0 | 72,75 | 0,200 | 70,00 | 0,794 | 67,20 |
| 0,040 | 71,40 | 0,316 | 69,20 | 1,000 | 66,80 |
| 0,100 | 70,90 | 0,500 | 68,20 | | |

Вариант 4. $T = 293$ К

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0 | 72,75 | 0,100 | 69,00 | 0,398 | 64,20 |
| 0,016 | 71,60 | 0,158 | 67,80 | 0,631 | 62,40 |
| 0,040 | 70,60 | 0,251 | 66,00 | 1,000 | 60,60 |

Вариант 5. $T = 293$ К

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0 | 72,75 | 0,0251 | 68,40 | 0,0631 | 63,50 |
| 0,0100 | 71,40 | 0,0398 | 66,0 | 0,0794 | 62,30 |
| 0,0158 | 70,40 | 0,0500 | 64,70 | 0,1000 | 61,10 |

Вариант 6. $T = 303 \text{ K}$

| $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 0 | 71,15 | 0,309 | 66,84 | 0,923 | 61,58 |
| 0,084 | 69,33 | 0,466 | 65,04 | 1,118 | 60,25 |
| 0,145 | 68,58 | 0,550 | 64,19 | 1,351 | 59,54 |
| 0,246 | 67,54 | 0,671 | 63,37 | 1,624 | 58,28 |

Вариант 7. $T = 303 \text{ K}$

| $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 0 | 71,15 | 0,203 | 61,92 | 0,619 | 53,92 |
| 0,043 | 68,43 | 0,297 | 59,41 | 0,934 | 50,56 |
| 0,122 | 65,00 | 0,398 | 57,75 | 1,222 | 48,13 |
| 0,170 | 63,32 | 0,497 | 55,88 | 1,924 | 44,46 |

Вариант 8. $T = 303 \text{ K}$

| $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 0 | 71,15 | 0,250 | 62,72 | 0,743 | 57,10 |
| 0,070 | 68,18 | 0,326 | 61,74 | 0,929 | 55,60 |
| 0,088 | 67,38 | 0,435 | 60,25 | 1,091 | 54,97 |
| 0,154 | 65,23 | 0,651 | 57,75 | 1,259 | 54,11 |

Вариант 9. $T = 303 \text{ K}$

| $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 0 | 71,15 | 0,337 | 54,56 | 0,822 | 48,49 |
| 0,065 | 64,27 | 0,395 | 52,87 | 0,978 | 47,04 |
| 0,144 | 60,10 | 0,536 | 50,91 | 1,242 | 45,51 |
| 0,224 | 57,85 | 0,610 | 49,79 | 1,655 | 43,94 |

Вариант 10. $T = 293 \text{ K}$

| $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 0 | 72,75 | 1,585 | 69,70 | 5,012 | 61,80 |
| 0,100 | 72,40 | 1,995 | 68,40 | 6,310 | 60,10 |
| 0,398 | 72,00 | 2,512 | 67,00 | 7,943 | 58,40 |
| 1,000 | 71,20 | 3,162 | 65,30 | 10,000 | 56,70 |
| 1,259 | 70,60 | 3,981 | 63,60 | | |

Вариант 11. $T = 293 \text{ K}$

| $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 0 | 72,75 | 0,501 | 68,40 | 1,585 | 60,90 |
| 0,100 | 70,50 | 0,631 | 67,60 | 1,995 | 58,50 |
| 0,159 | 70,00 | 0,794 | 66,40 | 2,512 | 55,90 |
| 0,251 | 69,40 | 1,000 | 64,80 | 3,981 | 50,20 |
| 0,398 | 68,90 | 1,259 | 63,00 | 6,310 | 44,60 |

Вариант 12. $T = 293 \text{ K}$

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0 | 72,90 | 0,07 | 63,56 | 0,25 | 57,06 |
| 0,01 | 71,70 | 0,08 | 62,33 | 0,30 | 56,19 |
| 0,02 | 68,37 | 0,09 | 62,05 | 0,35 | 55,31 |
| 0,03 | 67,42 | 0,10 | 61,91 | 0,40 | 54,11 |
| 0,05 | 64,93 | 0,15 | 59,44 | 0,45 | 52,90 |
| 0,06 | 63,84 | 0,20 | 58,14 | | |

Вариант 13. $T = 293 \text{ K}$

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1,00 | 69,90 | 3,98 | 67,20 | 10,00 | 63,60 |
| 1,58 | 69,40 | 6,31 | 66,00 | 12,6 | 62,40 |
| 2,51 | 68,60 | 7,95 | 64,80 | 15,8 | 61,30 |

Вариант 14. $T = 293 \text{ K}$

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0,100 | 72,75 | 0,631 | 70,00 | 3,980 | 64,40 |
| 0,200 | 71,30 | 1,260 | 69,40 | 6,31 | 60,50 |
| 0,398 | 70,80 | 2,510 | 67,90 | 10,00 | 55,40 |

Вариант 15. $T = 293 \text{ K}$

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0,040 | 71,40 | 0,316 | 69,20 | 1,000 | 66,80 |
| 0,100 | 70,90 | 0,500 | 68,20 | | |
| 0,200 | 70,00 | 0,794 | 67,20 | | |

Вариант 16. $T = 293 \text{ K}$

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0,016 | 72,71 | 0,158 | 69,00 | 0,631 | 64,20 |
| 0,040 | 71,60 | 0,251 | 67,80 | 1,000 | 62,40 |
| 0,100 | 70,60 | 0,398 | 66,00 | | |

Вариант 17. $T = 293 \text{ K}$

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0,0158 | 70,40 | 0,0398 | 66,0 | 0,063 | 63,50 |
| 0,0251 | 68,40 | 0,0500 | 64,70 | 0,079 | 62,30 |
| | | | | 0,100 | 61,10 |

Вариант 18. $T = 303 \text{ K}$

| c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м | c , моль/м ³ | $\sigma \times 10^3$, Н/м |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0,145 | 69,33 | 0,466 | 66,84 | 1,118 | 61,58 |
| 0,246 | 68,58 | 0,550 | 65,04 | 1,351 | 60,25 |
| 0,309 | 67,54 | 0,671 | 64,19 | 1,624 | 59,54 |
| | | 0,923 | 63,37 | | |

Вариант 19. $T = 303 \text{ K}$

| $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 0,122 | 68,43 | 0,297 | 61,92 | 0,619 | 55,88 |
| 0,170 | 65,00 | 0,398 | 59,41 | 0,934 | 53,92 |
| 0,203 | 63,32 | 0,497 | 57,75 | 1,222 | 50,56 |
| | | | | 1,924 | 48,13 |

Вариант 20. $T = 303 \text{ K}$

| $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 0,088 | 68,18 | 0,326 | 62,72 | 0,743 | 57,75 |
| 0,154 | 67,38 | 0,435 | 61,74 | 0,929 | 57,10 |
| 0,250 | 65,23 | 0,651 | 60,25 | 1,091 | 55,60 |
| | | | | 1,259 | 54,97 |

Вариант 21. $T = 303 \text{ K}$

| $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $N \times 10$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 0,144 | 64,27 | 0,395 | 54,56 | 0,822 | 49,79 |
| 0,224 | 60,10 | 0,536 | 52,87 | 0,978 | 48,49 |
| 0,337 | 57,85 | 0,610 | 50,91 | 1,242 | 47,04 |
| | | | | 1,655 | 45,51 |

Вариант 22. $T = 293 \text{ K}$

| $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 0,398 | 72,40 | 1,995 | 69,70 | 5,012 | 63,60 |
| 1,000 | 72,00 | 2,512 | 68,40 | 6,310 | 61,80 |
| 1,259 | 71,20 | 3,162 | 67,00 | 7,943 | 60,10 |
| 1,585 | 70,60 | 3,981 | 65,30 | 10,000 | 58,40 |

Вариант 23. $T = 293 \text{ K}$

| $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 0,159 | 70,50 | 0,631 | 68,40 | 1,585 | 63,00 |
| 0,251 | 70,00 | 0,794 | 67,60 | 1,995 | 60,90 |
| 0,398 | 69,40 | 1,000 | 66,40 | 2,512 | 58,50 |
| 0,501 | 68,90 | 1,259 | 64,80 | 3,981 | 55,90 |
| | | | | 6,310 | 50,20 |

Вариант 24. $T = 293 \text{ K}$

| $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ | $c, \text{ моль/м}^3$ | $\sigma \times 10^3, \text{ Н/м}$ |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 0,02 | 71,70 | 0,08 | 63,56 | 0,25 | 58,14 |
| 0,03 | 68,37 | 0,09 | 62,33 | 0,30 | 57,06 |
| 0,05 | 67,42 | 0,10 | 62,05 | 0,35 | 56,19 |
| 0,06 | 64,93 | 0,15 | 61,91 | 0,40 | 55,31 |
| 0,07 | 63,84 | 0,20 | 59,44 | 0,45 | 54,11 |

Задание 2

По изотерме адсорбции азота определить удельную поверхность адсорбента ($T = 77 \text{ K}$; $V_0 = 16,2 \times 10^{-20} \text{ м}^2$).

Вариант 1

| | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,04 | 0,09 | 0,16 | 0,20 | 0,30 |
| Γ , моль/кг | 2,20 | 2,62 | 2,94 | 3,11 | 3,58 |

Вариант 2

| | | | | | |
|--------------------|-------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,029 | 0,05 | 0,11 | 0,14 | 0,20 |
| Γ , моль/кг | 2,16 | 2,39 | 2,86 | 3,02 | 3,33 |

Вариант 3

| | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,02 | 0,04 | 0,8 | 0,14 | 0,16 | 0,18 |
| Γ , моль/кг | 2,20 | 2,62 | 2,94 | 3,11 | 3,58 | 3,23 |

Вариант 4

| | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 |
| $\Gamma \times 10$, моль/кг | 0,70 | 1,10 | 1,17 | 1,32 | 1,45 | 1,55 |

Вариант 5

| | | | | | | |
|------------------------------|-------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,029 | 0,05 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,20 |
| $\Gamma \times 10$, моль/кг | 0,48 | 0,54 | 0,64 | 0,68 | 0,72 | 0,75 |

Вариант 6

| | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,06 | 0,11 | 0,18 | 0,22 | 0,32 |
| Γ , моль/кг | 2,20 | 2,62 | 2,94 | 3,11 | 3,58 |

Вариант 7

| | | | | | |
|--------------------|-------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,059 | 0,08 | 0,14 | 0,17 | 0,23 |
| Γ , моль/кг | 2,16 | 2,39 | 2,86 | 3,02 | 3,33 |

Вариант 8

| | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,04 | 0,06 | 0,10 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |
| Γ , моль/кг | 2,20 | 2,62 | 2,94 | 3,11 | 3,58 | 3,23 |

Вариант 9

| | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 |
| $\Gamma \times 10$, моль/кг | 0,70 | 1,10 | 1,17 | 1,32 | 1,45 | 1,55 |

Вариант 10

| | | | | | | |
|------------------------------|-------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,039 | 0,06 | 0,12 | 0,15 | 0,19 | 0,21 |
| $\Gamma \times 10$, моль/кг | 0,48 | 0,54 | 0,64 | 0,68 | 0,72 | 0,75 |

По изотерме адсорбции азота определить удельную поверхность адсорбента ($T = 293 \text{ K}$; $B_0 = 49 \times 10^{-20} \text{ м}^2$).

Вариант 11

| | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 |
| Γ , моль/кг | 0,36 | 0,51 | 0,60 | 0,68 | 0,82 | 0,98 |

Вариант 12

| | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,06 | 0,12 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 |
| $\Gamma \times 10$, моль/кг | 0,40 | 0,55 | 0,68 | 0,83 | 0,98 | 1,20 |

Вариант 13

| | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,08 | 0,16 | 0,25 | 0,35 | 0,45 | 0,52 |
| Γ , моль/кг | 0,46 | 0,61 | 0,76 | 0,89 | 1,09 | 1,26 |

Вариант 14

| | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,06 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 |
| Γ , моль/кг | 0,26 | 0,35 | 0,43 | 0,50 | 0,56 | 0,63 |

Вариант 15

| | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 |
| Γ , моль/кг | 0,18 | 0,26 | 0,33 | 0,37 | 0,42 | 0,46 |

Вариант 16

| | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 |
| $\Gamma \times 10^2$, моль/кг | 0,86 | 1,20 | 1,40 | 1,60 | 1,80 | 1,90 |

Вариант 17

| | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 |
| $\Gamma \times 10^2$, моль/кг | 1,15 | 1,37 | 1,55 | 1,71 | 1,86 | 1,99 |

Вариант 18

| | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 |
| $\Gamma \times 10^2$, моль/кг | 0,86 | 1,20 | 1,40 | 1,60 | 1,80 | 1,90 |

Вариант 19

| | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,08 | 0,16 | 0,25 | 0,35 | 0,45 | 0,52 |
| $\Gamma \times 10^2$, моль/кг | 1,03 | 1,37 | 1,70 | 1,99 | 2,44 | 2,82 |

Вариант 20

| | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|--|
| p/p_s | 0,04 | 0,08 | 0,16 | 0,22 | 0,27 | |
| $\Gamma \times 10^2$, моль/кг | 1,15 | 1,37 | 1,55 | 1,71 | 1,86 | |

Вариант 21

| | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,05 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 |
| $\Gamma \times 10^2$, моль/кг | 3,10 | 5,93 | 7,95 | 9,90 | 12,1 | 15,3 |

Вариант 22

| | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 |
| $\Gamma \times 10^2$, моль/кг | 3,85 | 5,25 | 6,30 | 7,13 | 7,87 | 8,59 |

Вариант 23

| | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 |
| Γ , моль/кг | 0,25 | 0,40 | 0,49 | 0,57 | 0,65 | 0,72 |

Вариант 24

| | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 |
| Γ , моль/кг | 0,31 | 0,53 | 0,69 | 0,83 | 0,96 | 1,10 |

Задание 3

Определить предельный адсорбционный объем активированного угля по изотерме адсорбции бензола при $T = 293 \text{ K}$, $V_M = 89 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$.

Вариант 1

| p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| $1,33 \times 10^{-6}$ | 0,22 | $4,53 \times 10^{-4}$ | 1,45 | $4,69 \times 10^{-2}$ | 3,15 |
| $8,93 \times 10^{-6}$ | 0,55 | $4,13 \times 10^{-3}$ | 2,10 | 0,019 | 3,61 |
| $1,03 \times 10^{-4}$ | 1,01 | $1,24 \times 10^{-2}$ | 2,54 | 0,247 | 4,13 |

Вариант 2

| p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------|--------------------|
| $1,33 \times 10^{-6}$ | 0,43 | $4,53 \times 10^{-4}$ | 2,05 | 0,019 | 4,13 |
| $8,93 \times 10^{-6}$ | 0,90 | $4,13 \times 10^{-3}$ | 2,87 | 0,247 | 4,44 |
| $1,03 \times 10^{-4}$ | 1,47 | $1,24 \times 10^{-2}$ | 3,54 | 0,415 | 4,75 |

Вариант 3

| p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------|--------------------|
| $1,33 \times 10^{-6}$ | 0,33 | $4,53 \times 10^{-4}$ | 2,34 | 0,019 | 5,74 |
| $8,93 \times 10^{-6}$ | 0,95 | $4,13 \times 10^{-3}$ | 3,49 | 0,247 | 6,20 |
| $1,03 \times 10^{-4}$ | 1,63 | $1,24 \times 10^{-2}$ | 4,28 | 0,415 | 6,69 |

Вариант 4

| p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------|--------------------|
| $1,31 \times 10^{-4}$ | 1,04 | $3,23 \times 10^{-2}$ | 2,15 | 0,348 | 2,69 |
| $4,40 \times 10^{-4}$ | 1,32 | $8,31 \times 10^{-2}$ | 2,32 | 0,473 | 2,89 |
| $8,23 \times 10^{-3}$ | 1,91 | 0,208 | 2,53 | | |

Вариант 5

| p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------|--------------------|
| $1,31 \times 10^{-4}$ | 1,00 | $3,23 \times 10^{-2}$ | 2,63 | 0,348 | 3,30 |
| $4,40 \times 10^{-4}$ | 1,33 | $8,31 \times 10^{-2}$ | 2,89 | 0,473 | 3,47 |
| $8,23 \times 10^{-3}$ | 2,23 | 0,208 | 3,14 | | |

Вариант 6

| p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| $1,06 \times 10^{-5}$ | 0,30 | $5,84 \times 10^{-3}$ | 2,06 | $7,83 \times 10^{-2}$ | 3,21 |
| $6,09 \times 10^{-5}$ | 0,60 | $9,87 \times 10^{-3}$ | 2,32 | 0,198 | 3,48 |
| $4,53 \times 10^{-4}$ | 1,09 | $1,93 \times 10^{-2}$ | 2,64 | | |

Вариант 7

| p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------|--------------------|
| $1,71 \times 10^{-5}$ | 0,35 | $3,01 \times 10^{-3}$ | 1,09 | 0,169 | 1,99 |
| $3,15 \times 10^{-5}$ | 0,46 | $1,81 \times 10^{-2}$ | 1,57 | 0,423 | 2,11 |
| $6,09 \times 10^{-5}$ | 0,76 | $4,27 \times 10^{-2}$ | 1,76 | 0,947 | 2,18 |

Вариант 8

| p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| $8,05 \times 10^{-6}$ | 1,00 | $1,22 \times 10^{-4}$ | 2,09 | $6,59 \times 10^{-3}$ | 4,15 |
| $2,24 \times 10^{-5}$ | 1,31 | $5,58 \times 10^{-4}$ | 2,83 | $1,57 \times 10^{-2}$ | 5,07 |
| $6,56 \times 10^{-5}$ | 1,75 | $1,15 \times 10^{-3}$ | 3,21 | 0,267 | 5,15 |

Вариант 9

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| $7,63 \times 10^{-6}$ | 0,49 | $2,51 \times 10^{-4}$ | 1,43 | $1,25 \times 10^{-2}$ | 3,61 |
| $1,68 \times 10^{-5}$ | 0,68 | $6,65 \times 10^{-4}$ | 1,91 | $3,21 \times 10^{-2}$ | 4,33 |
| $9,75 \times 10^{-5}$ | 1,10 | $4,70 \times 10^{-3}$ | 2,92 | $4,60 \times 10^{-2}$ | 4,65 |

Вариант 10

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| $3,05 \times 10^{-6}$ | 0,39 | $2,45 \times 10^{-4}$ | 1,45 | $1,11 \times 10^{-2}$ | 3,53 |
| $5,03 \times 10^{-5}$ | 0,94 | $6,61 \times 10^{-4}$ | 1,88 | $2,76 \times 10^{-2}$ | 4,17 |
| $1,40 \times 10^{-4}$ | 1,23 | $3,08 \times 10^{-3}$ | 2,70 | $5,23 \times 10^{-2}$ | 4,59 |

Вариант 11

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| $3,05 \times 10^{-6}$ | 0,35 | $2,45 \times 10^{-4}$ | 1,17 | $1,11 \times 10^{-2}$ | 2,69 |
| $5,03 \times 10^{-5}$ | 0,80 | $6,61 \times 10^{-4}$ | 1,48 | $2,76 \times 10^{-2}$ | 2,96 |
| $1,40 \times 10^{-4}$ | 1,01 | $3,08 \times 10^{-3}$ | 2,10 | $5,23 \times 10^{-2}$ | 3,16 |

Вариант 12

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| $4,79 \times 10^{-6}$ | 0,40 | $1,21 \times 10^{-3}$ | 1,73 | $5,24 \times 10^{-2}$ | 3,23 |
| $1,71 \times 10^{-5}$ | 0,61 | $7,05 \times 10^{-3}$ | 2,43 | 0,164 | 3,53 |
| $1,36 \times 10^{-4}$ | 1,07 | $2,17 \times 10^{-2}$ | 2,97 | 0,497 | 3,82 |

Вариант 13

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|---------|------------|
| $1,33 \times 10^{-6}$ | 0,70 | $1,63 \times 10^{-2}$ | 3,81 | 0,327 | 4,37 |
| $2,13 \times 10^{-5}$ | 1,28 | $9,47 \times 10^{-2}$ | 4,14 | 0,460 | 4,44 |
| $1,21 \times 10^{-4}$ | 1,81 | 0,201 | 4,28 | | |

Вариант 14

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|---------|------------|
| $2,07 \times 10^{-5}$ | 0,53 | $6,60 \times 10^{-3}$ | 2,27 | 0,113 | 4,04 |
| $1,96 \times 10^{-4}$ | 0,93 | $1,48 \times 10^{-2}$ | 2,65 | 0,279 | 4,68 |
| $7,56 \times 10^{-4}$ | 1,37 | $7,12 \times 10^{-2}$ | 3,75 | | |

Вариант 15

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|---------|------------|
| $1,71 \times 10^{-5}$ | 0,45 | $4,70 \times 10^{-3}$ | 2,39 | 0,115 | 5,18 |
| $1,77 \times 10^{-4}$ | 0,95 | $1,25 \times 10^{-2}$ | 3,08 | 0,290 | 6,33 |
| $6,65 \times 10^{-4}$ | 1,46 | $4,60 \times 10^{-2}$ | 4,31 | 0,687 | 7,08 |

Вариант 16

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| $8,05 \times 10^{-6}$ | 0,49 | $1,22 \times 10^{-4}$ | 1,43 | $6,59 \times 10^{-3}$ | 3,61 |
| $2,24 \times 10^{-5}$ | 0,68 | $5,58 \times 10^{-4}$ | 1,91 | $1,57 \times 10^{-2}$ | 4,33 |
| $6,56 \times 10^{-5}$ | 1,10 | $1,15 \times 10^{-3}$ | 2,92 | 0,267 | 4,65 |

Вариант 17

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| $7,63 \times 10^{-6}$ | 1,00 | $2,51 \times 10^{-4}$ | 2,09 | $1,25 \times 10^{-2}$ | 4,15 |
| $1,68 \times 10^{-5}$ | 1,31 | $6,65 \times 10^{-4}$ | 2,83 | $3,21 \times 10^{-2}$ | 5,07 |
| $9,75 \times 10^{-5}$ | 1,75 | $4,70 \times 10^{-3}$ | 3,21 | $4,60 \times 10^{-2}$ | 5,15 |

Вариант 18

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| $3,05 \times 10^{-6}$ | 0,45 | $2,45 \times 10^{-4}$ | 2,39 | $1,11 \times 10^{-2}$ | 5,18 |
| $5,03 \times 10^{-5}$ | 0,95 | $6,61 \times 10^{-4}$ | 3,08 | $2,76 \times 10^{-2}$ | 6,33 |
| $1,40 \times 10^{-4}$ | 1,46 | $3,08 \times 10^{-3}$ | 4,31 | $5,23 \times 10^{-2}$ | 7,08 |

Вариант 19

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| $3,05 \times 10^{-6}$ | 0,40 | $2,45 \times 10^{-4}$ | 1,73 | $1,11 \times 10^{-2}$ | 3,23 |
| $5,03 \times 10^{-5}$ | 0,61 | $6,61 \times 10^{-4}$ | 2,43 | $2,76 \times 10^{-2}$ | 3,53 |
| $1,40 \times 10^{-4}$ | 1,07 | $3,08 \times 10^{-3}$ | 2,97 | $5,23 \times 10^{-2}$ | 3,82 |

Вариант 20

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| $4,79 \times 10^{-6}$ | 0,35 | $1,21 \times 10^{-3}$ | 1,17 | $5,24 \times 10^{-2}$ | 2,69 |
| $1,71 \times 10^{-5}$ | 0,80 | $7,05 \times 10^{-3}$ | 1,48 | 0,164 | 2,96 |
| $1,36 \times 10^{-4}$ | 1,01 | $2,17 \times 10^{-2}$ | 2,10 | 0,497 | 3,16 |

Вариант 21

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|---------|------------|
| $1,33 \times 10^{-6}$ | 0,53 | $1,63 \times 10^{-2}$ | 2,27 | 0,327 | 4,04 |
| $2,13 \times 10^{-5}$ | 0,93 | $9,47 \times 10^{-2}$ | 2,65 | 0,460 | 4,68 |
| $1,21 \times 10^{-4}$ | 1,00 | 0,201 | 3,00 | | |

Вариант 22

| p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг | p/p_s | Г, моль/кг |
|-----------------------|------------|-----------------------|------------|---------|------------|
| $2,07 \times 10^{-5}$ | 370,70 | $6,60 \times 10^{-3}$ | 753,81 | 0,113 | 4,37 |
| $1,96 \times 10^{-4}$ | 1,28 | $1,48 \times 10^{-2}$ | 4,14 | 0,279 | 4,44 |
| $7,56 \times 10^{-4}$ | 1,81 | $7,12 \times 10^{-2}$ | 4,28 | | |

Вариант 23

| p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------|--------------------|
| $1,71 \times 10^{-5}$ | 0,39 | $4,70 \times 10^{-3}$ | 1,45 | 0,115 | 3,53 |
| $1,77 \times 10^{-4}$ | 0,94 | $1,25 \times 10^{-2}$ | 1,88 | 0,290 | 4,17 |
| $6,65 \times 10^{-4}$ | 1,23 | $4,60 \times 10^{-2}$ | 2,70 | 0,687 | 4,59 |

Вариант 24

| p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------|--------------------|
| $1,31 \times 10^{-4}$ | 0,30 | $3,23 \times 10^{-2}$ | 2,06 | 0,348 | 3,21 |
| $4,40 \times 10^{-4}$ | 0,60 | $8,31 \times 10^{-2}$ | 2,32 | 0,473 | 3,48 |
| $8,23 \times 10^{-3}$ | 1,09 | 0,208 | 2,64 | | |

Вариант 25

| p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг | p/p_s | Γ , моль/кг |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| $1,06 \times 10^{-5}$ | 1,00 | $5,84 \times 10^{-3}$ | 2,63 | $7,83 \times 10^{-2}$ | 3,30 |
| $6,09 \times 10^{-5}$ | 1,33 | $9,87 \times 10^{-3}$ | 2,89 | 0,198 | 3,47 |
| $4,53 \times 10^{-4}$ | 2,23 | $1,93 \times 10^{-2}$ | 3,14 | | |

Задание 4

Вариант 1

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,98 |
|---|------|-----|-----|------|------|------|------|
| $\Gamma_{\text{адс}} \times 10^3$, моль/кг | 0,25 | 0,5 | 1,5 | 8,5 | 20,0 | 24,0 | 26,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 0,25 | 0,7 | 1,8 | 13,0 | 27,0 | 28,0 | 28,5 |

Вариант 2

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров метилового спирта на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 0,0406$ м³/моль; $\sigma = 22,6 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| $\Gamma_{\text{адс}} \times 10^3$, моль/кг | 24,0 | 28,3 | 31,0 | 36,0 | 46,0 | 55,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 24,0 | 32,0 | 37,0 | 44,0 | 50,0 | 55,0 |

Вариант 3

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров метилового спирта на силикагеле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 0,0406$ м³/моль; $\sigma = 22,6 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,125 | 0,250 | 0,5 | 0,62 | 0,75 | 0,86 | 1,0 |
|---|-------|-------|-----|------|------|------|------|
| $\Gamma_{\text{адс}} \times 10^3$, моль/кг | 2,5 | 3,5 | 4,8 | 6,3 | 13,0 | 19,0 | 22,5 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 2,5 | 3,9 | 5,2 | 6,7 | 17,5 | 21,0 | 22,5 |

Вариант 4

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров бензола на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 0,089$ м³/моль; $\sigma = 28,9 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,19 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,99 |
|---|------|-----|-----|------|------|------|------|
| $\Gamma_{\text{адс}} \times 10^3$, моль/кг | 4,5 | 5,4 | 6,5 | 10,2 | 14,4 | 17,0 | 20,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 4,5 | 6,2 | 9,0 | 13,9 | 17,6 | 19,0 | 20,0 |

Вариант 5

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на полиамиде при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,12 | 0,25 | 0,5 | 0,74 | 0,86 | 1,0 |
|---|------|------|-----|------|------|-----|
| $\Gamma_{\text{адс}} \times 10^3$, моль/кг | 1,0 | 1,4 | 1,7 | 2,3 | 3,0 | 5,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 1,0 | 1,7 | 2,3 | 2,9 | 3,8 | 5,0 |

Вариант 6

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
|---|-----|------|------|------|------|------|------|
| $\Gamma_{\text{адс}} \times 10^3$, моль/кг | 7,0 | 9,0 | 11,5 | 14,0 | 22,5 | 26,5 | 30,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 7,0 | 10,3 | 13,5 | 16,5 | 25,0 | 27,6 | 30,0 |

Вариант 7

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,12 | 0,25 | 0,5 | 0,74 | 0,86 | 0,95 |
|---|------|------|-----|------|------|------|
| $\Gamma_{\text{адс}} \times 10^3$, моль/кг | 1,0 | 1,4 | 1,7 | 2,3 | 3,0 | 5,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 1,0 | 1,6 | 2,2 | 2,7 | 3,7 | 5,0 |

Вариант 8

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,23 | 0,43 | 0,5 | 0,53 | 0,62 | 0,74 |
|---|------|------|-----|------|------|------|
| $\Gamma_{\text{адс}} \times 10^3$, моль/кг | 0,5 | 2,3 | 4,0 | 5,0 | 10,0 | 16,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 0,5 | 2,7 | 5,3 | 7,8 | 14,5 | 16,0 |

Вариант 9

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров гептана на силикагеле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 0,147$ м³/моль; $\sigma = 22 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
|---|-----|-----|------|------|------|------|
| $\Gamma_{\text{адс}} \times 10^3$, моль/кг | 3,7 | 4,8 | 7,1 | 14,1 | 18,7 | 21,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 3,7 | 5,5 | 12,4 | 17,5 | 19,6 | 21,0 |

Вариант 10

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на силикагеле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| $\Gamma_{\text{адс}} \times 10^3$, моль/кг | 2,86 | 4,29 | 5,85 | 7,4 | 8,7 | 10,0 | 11,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 3,38 | 5,2 | 8,58 | 10,0 | 10,8 | 11,0 | 11,4 |

Вариант 11

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров гептана на силикагеле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 0,147$ м³/моль; $\sigma = 22 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 |
|---|-----|-----|------|------|------|------|
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 4,8 | 7,7 | 12,6 | 21,0 | 26,6 | 27,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 4,8 | 7,7 | 12,6 | 21,0 | 26,6 | 27,0 |

Вариант 12

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на монтмориллоните при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,9 |
|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 4,8 | 7,2 | 8,8 | 9,96 | 10,8 | 11,4 | 12,0 | 15,2 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 4,8 | 7,4 | 8,9 | 10,2 | 11,4 | 13,2 | 14,0 | 16,8 |

Вариант 13

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров метилового спирта на силикагеле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 0,0406$ м³/моль; $\sigma = 22,6 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
|---|------|-----|-----|------|-----|-----|-------|------|
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 6,7 | 7,2 | 7,5 | 7,7 | 8,5 | 9,2 | 10,3 | 11,7 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 6,75 | 7,5 | 8,1 | 8,64 | 9,2 | 9,9 | 10,53 | 11,7 |

Вариант 14

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| p/p_s | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
|---|-----|------|------|------|------|-------|-------|
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 5,6 | 6,44 | 7,21 | 7,91 | 8,75 | 9,81 | 11,20 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 5,6 | 7,2 | 8,26 | 9,1 | 9,94 | 10,56 | 11,30 |

Вариант 15

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,45 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,90 | 1,0 |
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 9,2 | 12,4 | 14,4 | 20,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 2,0 | 4,8 | 8,8 | 12,8 | 16,5 | 17,6 | 20,0 |

Вариант 16

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| | | | | | | | |
|---|-------|------|------|------|------|------|-------|
| p/p_s | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,98 |
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 0,125 | 0,25 | 0,75 | 4,25 | 10,0 | 12,0 | 13,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 0,125 | 0,35 | 0,9 | 6,5 | 13,5 | 14,0 | 14,25 |

Вариант 17

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров метилового спирта на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 0,0406$ м³/моль; $\sigma = 22,6 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| | | | | | | |
|---|------|-------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 12,0 | 14,15 | 15,5 | 18,0 | 23,0 | 27,5 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 12,0 | 16,0 | 18,5 | 22,0 | 25,0 | 27,5 |

Вариант 18

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров метилового спирта на силикагеле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 0,0406$ м³/моль; $\sigma = 22,6 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| | | | | | | | |
|---|-------|-------|-----|------|------|------|-------|
| p/p_s | 0,125 | 0,250 | 0,5 | 0,62 | 0,75 | 0,86 | 1,0 |
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 1,25 | 1,75 | 2,4 | 3,15 | 6,5 | 9,5 | 11,25 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 1,25 | 1,9 | 2,6 | 3,35 | 8,75 | 10,5 | 11,25 |

Вариант 19

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров бензола на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 0,089$ м³/моль; $\sigma = 28,9 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| | | | | | | | |
|---|------|-----|------|------|-----|-----|------|
| p/p_s | 0,19 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,99 |
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 2,25 | 2,7 | 3,25 | 5,1 | 7,2 | 8,5 | 10,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 2,25 | 3,1 | 4,5 | 6,95 | 8,8 | 9,5 | 10,0 |

Вариант 20

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на полиамиде при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|-----|
| p/p_s | 0,12 | 0,25 | 0,5 | 0,74 | 0,86 | 1,0 |
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 0,5 | 0,7 | 0,85 | 1,15 | 1,5 | 2,5 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 0,5 | 0,85 | 1,15 | 1,45 | 1,9 | 2,5 |

Вариант 21

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| | | | | | | | |
|---|-----|------|------|------|-------|-------|------|
| p/p_s | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 3,5 | 4,5 | 5,5 | 7,0 | 11,25 | 13,25 | 15,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 3,5 | 5,15 | 6,75 | 8,25 | 12,5 | 13,8 | 15,0 |

Вариант 22

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,12 | 0,25 | 0,5 | 0,74 | 0,86 | 0,95 |
| $\Gamma_{\text{алс}} \times 10^3$, моль/кг | 0,5 | 0,7 | 0,85 | 1,15 | 1,5 | 2,5 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 0,5 | 0,8 | 1,1 | 1,35 | 1,85 | 2,5 |

Вариант 23

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров воды на активированном угле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 18 \times 10^{-3}$ м³/моль; $\sigma = 72,5 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,23 | 0,43 | 0,5 | 0,53 | 0,62 | 0,74 |
| $\Gamma_{\text{але}} \times 10^3$, моль/кг | 1,0 | 4,6 | 8,0 | 10,0 | 20,0 | 32,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 1,0 | 5,4 | 10,6 | 15,6 | 29,0 | 32,0 |

Вариант 24

Построить кривую капиллярной конденсации, интегральную и дифференциальную кривые распределения объема пор адсорбента по радиусам по данным конденсации паров гептана на силикагеле при $T = 293$ К. Рассчитать удельную поверхность адсорбента ($V_m = 0,147$ м³/моль; $\sigma = 22 \times 10^{-3}$ Дж/м²).

| | | | | | | |
|---|-----|------|------|------|------|------|
| p/p_s | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| $\Gamma_{\text{але}} \times 10^3$, моль/кг | 7,4 | 9,6 | 14,2 | 28,2 | 37,4 | 42,0 |
| $\Gamma_{\text{дес}} \times 10^3$, моль/кг | 7,4 | 11,0 | 24,8 | 35,0 | 39,2 | 42,0 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Тема 1. Адсорбция на границе «жидкий раствор – газ» | 3 |
| Тема 2. Газовая адсорбция. Расчет удельной поверхности твердого адсорбента | 10 |
| Тема 3. Конденсационная газовая адсорбция. Расчет удельного объема микропор твердого адсорбента..... | 13 |
| Тема 4. Адсорбция с капиллярной конденсацией. Расчет характеристик пористой структуры..... | 16 |
| Литература..... | 21 |
| Варианты индивидуальных заданий | 22 |
| Задание 1..... | 22 |
| Задание 2..... | 26 |
| Задание 3..... | 28 |
| Задание 4..... | 32 |

Учебное издание

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Расчетные задания

Составитель

Геннадий Иванович *ОСТАПЕНКО*

Технический редактор *З.М. Малявина*

Корректор *Г.В. Данилова*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 20.05.2010. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,3.

Тираж 100 экз. Заказ № 1-16-10.

Тольяттинский государственный университет

445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

