

Лабораторная работа № 6

СТАЛАГМОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ (ПАВ) И РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ИХ МОЛЕКУЛ

Цель работы: Изучение зависимости поверхностного натяжения растворов ПАВ от концентрации; расчет размеров молекул ПАВ.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

Сталагмометр Траубе

Пипетка или мерная пробирка

Термометр

Дистиллированная вода

Склянки для приготовления
растворов

Растворы
(Фото 1)

Карандаш по стеклу



Фото 1. Оснащение рабочего места

1. Приготовить серию растворов ПАВ, указанного преподавателем, методом разбавления вдвое. Для этого в склянку с наибольшим номером (например, 1) поместить 10 мл исходного раствора, а в остальные склянки - по 10 мл дистиллированной воды. Затем в склянку с ближайшим меньшим номером

(в данном случае 2) добавить 10 мл исходного раствора и тщательно перемешать. Отобрать из этой склянки 10 мл получившегося разбавленного вдвое раствора и перенести в склянку со следующим меньшим номером и т.д. Из склянки с номером 5, где получится раствор с наименьшей концентрацией, при необходимости можно отбросить избыточные 10 мл. (Фото 2-6)



Фото 2. Отмериваем 10 мл дистиллированной воды



Фото 3.

В каждую банку добавляем по 10 мл дистиллированной воды



Фото 4. Отмериваем 10 мл 25%-ного спирта



Фото 5. Переливаем спирт в 1 банку с дистиллированной водой.



Фото 6. Переливаем по 10 мл в последующую банку из предыдущей.

2. Тщательно промыть сталагмометр, заполнить его дистиллированной водой и отрегулировать скорость её истечения. (Фото 7)



Фото 7.

Перед началом работы промываем сталагмометр дистиллированной водой 3-4 раза.

3. Резиновая груша убирается и жидкости предоставляется возможность самопроизвольно вытекать из сталягометра в подставленный сосуд.

ВНИМАНИЕ! Жидкость должна не литься струей, а капать со скоростью, позволяющей считать капли. Для регулировки скорости вытекания служит зажим (Фото 8 – 12).



Фото 8. Закрепляем зажим так, чтобы раствор капал, а не струился.



Фото 9. Набираем исследуемый раствор до конца трубки.



Фото 10. Спускаем жидкость до середины верхнего расширения
стала́гмометра



Фото 11. Начинаем отсчет капель.

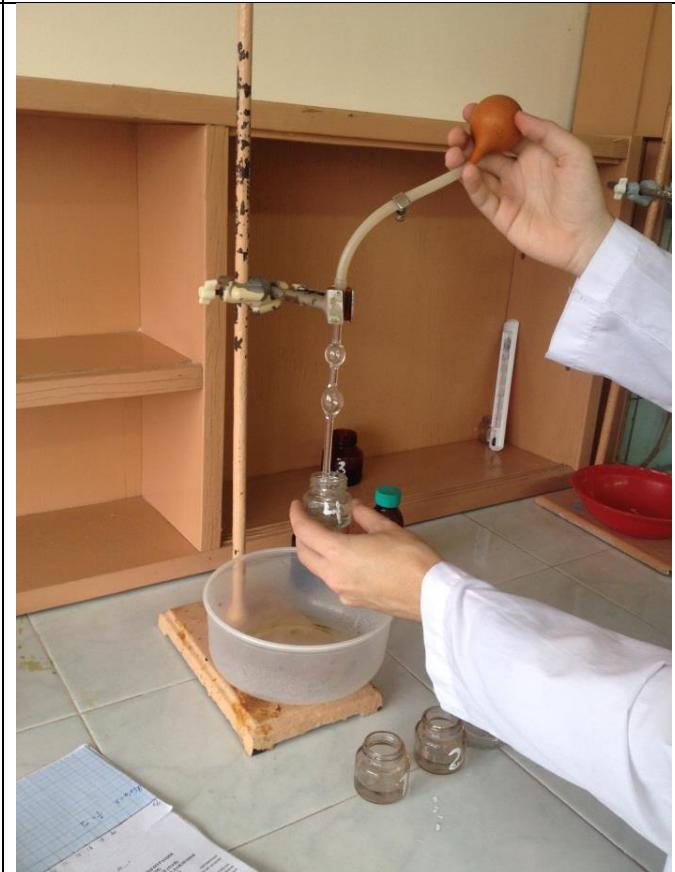




Фото 12. Проводим эксперимент для каждого исследуемого вещества, а также дистиллированной воды и 25%-ного спирта. (по 3 раза для каждого)

3. Моем лабораторную посуду и сдаем рабочее место дежурному. (Фото 13)



Фото 13. Чистое рабочее место.

4. Расчет массовой доли ПАВ в растворах

Пусть, массовая доля исходного раствора равна 10.5%, тогда для того что бы рассчитать массовые доли приготовленных разведений делим на 2 массовую долю 6-го (исходного) раствора и получим массовую долю раствора №5. Далее, делим на 2 массовую долю раствора №6 и получаем массовую долю раствора №5. Таким образом пошагово приходим к массовой доле раствора №1.

№	C,%	C, кмоль/м ³	ΔC, кмоль/м ³	N	σ*10 ³ , Н/м	Δσ*10 ³ , Н/м	Γ*10 ⁹ , кмоль/м ²	1/C	1/Γ
H ₂ O	0								
1	0.328								
2	0.656								
3	1.313								
4	2.625								
5	5.250								
6	10.500								

5. Расчет молярной концентрации растворов ПАВ

$$C, \frac{\text{КМОЛЬ}}{\text{М}^3} = C, \% * 10/46$$

где

46 – молярная масса ПАВ (этанола), г/моль

№	C,%	C, кмоль/м ³	ΔC, кмоль/м ³	n	σ*10 ³ , Н/м	Δσ*10 ³ , Н/м	Γ*10 ⁹ , кмоль/м ²	1/C	1/Γ
H ₂ O	0	0							
1	0.328	0.071							
2	0.656	0.143							
3	1.313	0.285							
4	2.625	0.571							
5	5.250	1.141							
6	10.500	2.283							

6. Расчет изменения концентрации

Изменение концентрации рассчитываем путем вычитания молярной концентрации предыдущей строки из последующей. В нашем случае можно разделить молярную концентрацию на 2, т.к. концентрации в строчках отличаются в 2 раза – получится тот же результат.

№	C,%	C, кмоль/м ³	ΔC, кмоль/м ³	n	σ*10 ³ , Н/м	Δσ*10 ³ , Н/м	Γ*10 ⁹ , кмоль/м ²	1/C	1/Γ
H ₂ O	0	0							
1	0.328	0.071	0.036						
2	0.656	0.143	0.071						
3	1.313	0.285	0.143						
4	2.625	0.571	0.285						
5	5.250	1.141	0.571						
6	10.500	2.283	1.141						

7. Расчет среднего арифметического числа капель для каждого раствора

$$n = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$$

где

n₁, n₂, n₃ – результаты трех измерений на сталагмометре для данного раствора

№	C,%	C, кмоль/м ³	ΔC, кмоль/м ³	n	σ*10 ³ , Н/м	Δσ*10 ³ , Н/м	Γ*10 ⁹ , кмоль/м ²	1/C	1/Γ
H ₂ O	0	0		97.0					
1	0.328	0.071	0.036	101.7					
2	0.656	0.143	0.071	104.3					
3	1.313	0.285	0.143	106.3					
4	2.625	0.571	0.285	108.3					
5	5.250	1.141	0.571	114.3					
6	10.500	2.283	1.141	128.7					

8. Расчет поверхностного натяжения растворов ПАВ

$$\sigma = \sigma(\text{воды}) * \frac{n(\text{воды})}{n(\text{раствора})}$$

Число капель для воды (n (воды)) уже есть в нашей таблице (первая строка) и в этом примере равно 97.0.

Число капель для растворов ПАВ (n (раствора)) тоже имеются в таблице.

Поверхностное натяжение воды (σ (воды)) мы определим из справочной таблицы в зависимости от температуры эксперимента (в нашем примере 71.15).

№	C,%	C, кмоль/м ³	ΔC, кмоль/м ³	n	$\sigma * 10^3$, Н/м	$\Delta\sigma * 10^3$, Н/м	$\Gamma * 10^9$, кмоль/м ²	1/C	1/Γ
H ₂ O	0	0		97.0	71.15				
1	0.328	0.071	0.036	101.7	67.88				
2	0.656	0.143	0.071	104.3	66.15				
3	1.313	0.285	0.143	106.3	64.90				
4	2.625	0.571	0.285	108.3	63.71				
5	5.250	1.141	0.571	114.3	60.36				
6	10.500	2.283	1.141	128.7	53.64				

9. Расчет изменения поверхностного натяжения растворов ПАВ

Вычитаем из поверхностного натяжения каждого раствора поверхностное натяжение воды, при этом получаются отрицательные числа.

№	C,%	C, кмоль/м ³	ΔC, кмоль/м ³	n	$\sigma * 10^3$, Н/м	$\Delta\sigma * 10^3$, Н/м	$\Gamma * 10^9$, кмоль/м ²	1/C	1/Γ
H ₂ O	0	0		97.0	71.15				
1	0.328	0.071	0.036	101.7	67.88	-3.27			
2	0.656	0.143	0.071	104.3	66.15	-5.00			
3	1.313	0.285	0.143	106.3	64.90	-6.25			
4	2.625	0.571	0.285	108.3	63.71	-7.44			
5	5.250	1.141	0.571	114.3	60.36	-10.79			
6	10.500	2.283	1.141	128.7	53.64	-17.51			

10. Расчет поверхностного избытка ПАВ

Поверхностный избыток будем рассчитывать по формуле Гиббса:

$$\Gamma = -\frac{\Delta\sigma}{\Delta C} * \frac{C}{R * T}$$

где

Г – поверхностный избыток, моль/м²

Δσ – изменение поверхностного натяжения, Н/м

ΔC – изменение молярной концентрации ПАВ, моль/м³

C – концентрация ПАВ, моль/м³

R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль*K)

T – температура опыта, К

Здесь все размерности в системе СИ.

Температуру опыта переводим в Кельвины, прибавляя 273 к температуре в Цельсиях. В нашем примере получается 25 + 273 = 298 К.

Все данные для расчета поверхностного избытка (Γ) у нас уже есть в таблице.

Теперь обратите внимание на коэффициенты в шапке таблицы (поверхностное натяжение умножено на 10^3) и размерности величин (концентрация в кмоль/м³). Давайте подумаем, как это учесть:

- 1) Учитывая множитель 10^3 у $\Delta\sigma$ в таблице, нам нужно разделить результат на 1000.
- 2) Размерность кмоль/м³ сокращается, т.к. С и ΔC находятся в числителе и в знаменателе, тут действия не требуются.
- 3) Т.к. поверхностный избыток (Γ) должен быть занесен в таблицу в кмоль/м², газовую постоянную мы возьмем $8.314 \cdot 10^3$ Дж/(кмоль*К)
- 4) Поверхностный избыток нужно записать в таблицу умножив его на 10^9

Пример:

$$\Gamma \cdot 10^9, \text{ кмоль/м}^2 = -\frac{-3.27}{0.036} * \frac{0.071}{8.314 \cdot 10^3 \cdot 298} * 10^{-3} * 10^9 = 2.636$$

№	C,%	C, кмоль/м³	ΔC, кмоль/м³	n	σ*10³, Н/м	Δσ*10³, Н/м	Γ*10⁹, кмоль/м²	1/C	1/Γ
H ₂ O	0	0		97.0	71.15				
1	0.328	0.071	0.036	101.7	67.88	-3.27	2.636		
2	0.656	0.143	0.071	104.3	66.15	-5.00	4.037		
3	1.313	0.285	0.143	106.3	64.90	-6.25	5.041		
4	2.625	0.571	0.285	108.3	63.71	-7.44	6.009		
5	5.250	1.141	0.571	114.3	60.36	-10.79	8.707		
6	10.500	2.283	1.141	128.7	53.64	-17.51	14.136		

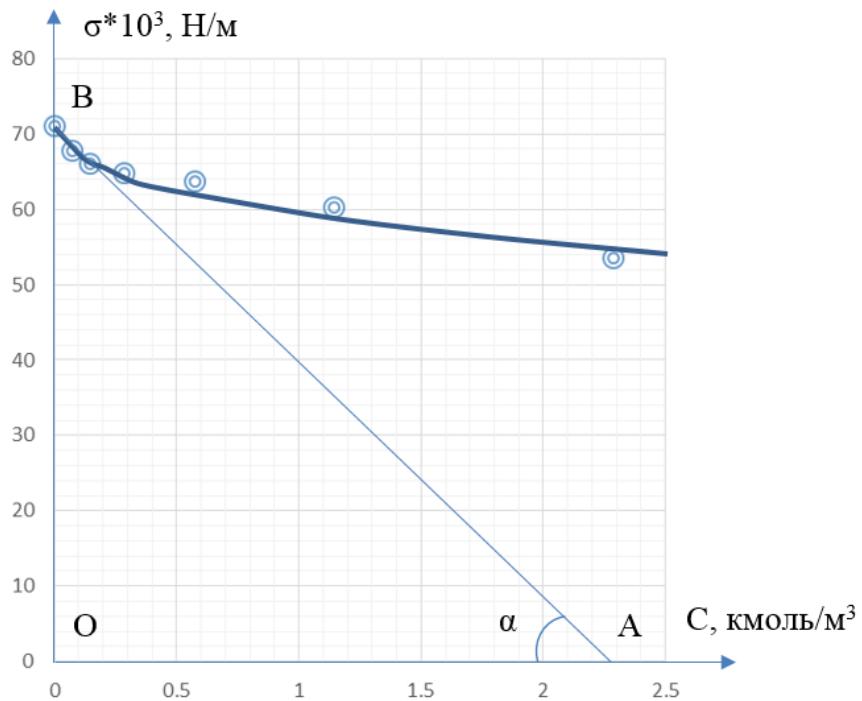
11. Расчет обратной концентрации и обратного поверхностного избытка

Здесь всё просто – делим 1 на C, кмоль/м³, делим 1 на $\Gamma \cdot 10^9$, кмоль/м².

№	C,%	C, кмоль/м³	ΔC, кмоль/м³	n	σ*10³, Н/м	Δσ*10³, Н/м	Γ*10⁹, кмоль/м²	1/C	1/Γ
H ₂ O	0	0		97.0	71.15				
1	0.328	0.071	0.036	101.7	67.88	-3.27	2.636	14.02	0.38
2	0.656	0.143	0.071	104.3	66.15	-5.00	4.037	7.01	0.25
3	1.313	0.285	0.143	106.3	64.90	-6.25	5.041	3.50	0.20
4	2.625	0.571	0.285	108.3	63.71	-7.44	6.009	1.75	0.17
5	5.250	1.141	0.571	114.3	60.36	-10.79	8.707	0.88	0.11
6	10.500	2.283	1.141	128.7	53.64	-17.51	14.136	0.44	0.07

12. Определение поверхностной активности графическим методом

На миллиметровой бумаге построим график зависимости $\sigma^* \cdot 10^3$, Н/м от C , кмоль/м³ – так называемую изотерму поверхностного натяжения. Точку с нулевой концентрацией (для воды) тоже нужно разместить на графике.



- 1) Подпишите оси на графике и проведите по точкам плавную усредняющую линию (изотерму поверхностного натяжения).
- 2) Из точки воды (нулевая концентрация – начало кривой) проведите касательную к изотерме поверхностного натяжения. Касательную продлите до оси концентрации.
- 3) Поверхностное натяжение равно тангенсу угла α .
Этот тангенс легко вычислить. На графике нетрудно заметить прямоугольный треугольник OBA. Тангенс угла равен отношению длины противолежащего катета к длине прилежащего.

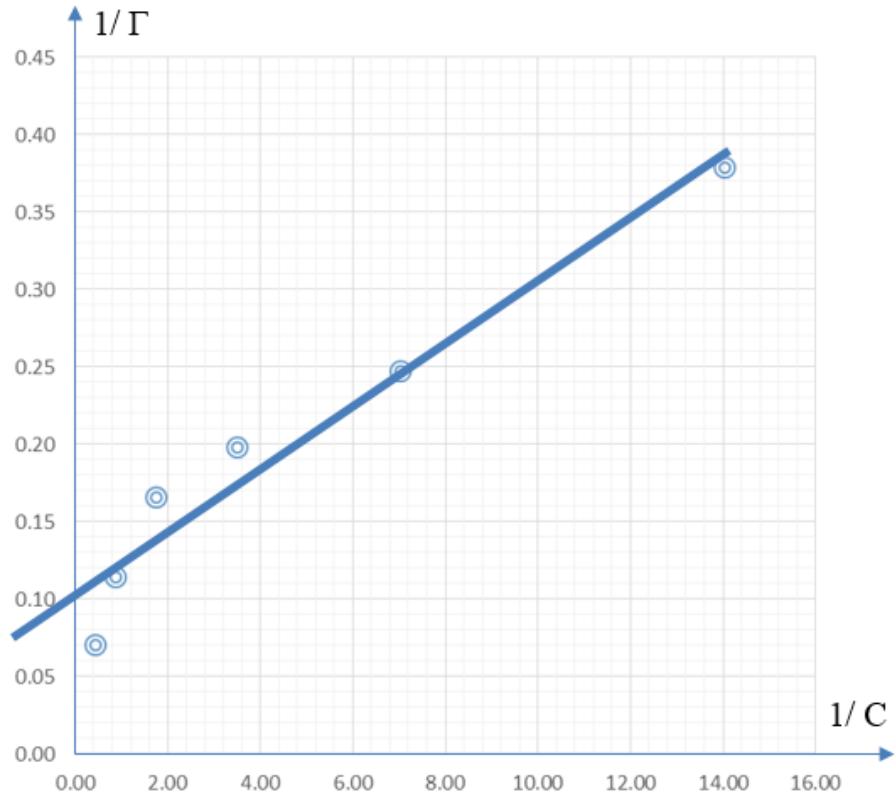
$$\text{В нашем случае } \tan \alpha = OB/OA = 71.15 / 2.26 = 31.48$$

В таблицу 2 рабочей тетради занесите этот результат, умножив его на 10^{-3} , т.к на графике поверхностное натяжение завышено в 1000 раз (множитель 10^3).

Исследуемое ПАВ	$-\Delta\sigma/\Delta C$, $\text{Н} \times \text{м}^2/\text{кмоль}$	Γ_∞ , $\text{кмоль}/\text{м}^2$	l		S		V	
			м	Å	м^2	Å^2	м^3	Å^3
этанол	31.48×10^{-3}							

13. Определение предельного поверхностного избытка графическим методом

На миллиметровой бумаге построим график зависимости от $1/C$



- 1) По точкам на графике проведите усредняющую прямую до пересечения с осью $1/\Gamma$.
- 2) Найдите точку пересечения прямой с осью $1/\Gamma$.
В нашем примере получается **0.1**
- 3) Рассчитайте предельный поверхностный избыток (Γ_∞) и занесите результат в таблицу 2, умножив на 10^{-9} (в таблице 1 стоит множитель):

$$\Gamma_\infty = 1/0.1 = 10$$

Исследуемое ПАВ	$-\Delta\sigma/\Delta C$, $N \times m^2 / \text{кмоль}$	Γ_∞ , $\text{кмоль}/m^2$	l		S		V	
			m	\AA	m^2	\AA^2	m^3	\AA^3
этанол	31.48×10^{-3}	10×10^{-9}						

14. Расчет геометрических параметров молекулы ПАВ

1) Длина молекулы ПАВ (толщина поверхностного слоя)

$$l = \frac{\Gamma_\infty * M}{\rho}$$

где

Γ_∞ - предельный поверхностный избыток, кмоль/м²

M – молярная масса ПАВ, г/моль

ρ – плотность чистого вещества ПАВ, кг/м³

$$l = \frac{10 * 10^{-9} * 46}{789} = 5.83 * 10^{-10} \text{ м}$$

$$1 \text{ м} = 10^{10} \text{ \AA}$$

$$1 = 5.83 * 10^{-10} * 10^{10} = 5.83 \text{ \AA}$$

2) Площадь молекулы ПАВ в поверхностном слое

$$S = \frac{1}{\Gamma_\infty * N_A}$$

где

S – площадь молекулы ПАВ в поверхностном слое, м²

Γ_∞ - предельный поверхностный избыток, кмоль/м²

N_A – число Авогадро, кмоль⁻¹

$N_A = 6.02 * 10^{26}$, кмоль⁻¹

$$S = \frac{1}{10 * 10^{-9} * 6.02 * 10^{26}} = 1.66 * 10^{-19} \text{ м}^2$$

$$1 \text{ м}^2 = 10^{20} \text{ \AA}^2$$

$$S = 1.66 * 10^{-19} * 10^{20} = 16.6 \text{ \AA}^2$$

3) Объем молекулы ПАВ в поверхностном слое

$$V = S \cdot l = 1.66 \cdot 10^{-19} \cdot 5.83 \cdot 10^{-10} = 9.68 \cdot 10^{-29} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ м}^3 = 10^{30} \text{ Å}^3$$

$$V = 9.68 \cdot 10^{-29} \cdot 10^{30} = 96.8 \text{ Å}^3$$

4) Занесите полученные результаты в таблицу 2 в метрах и в ангстремах:

Исследуемое ПАВ	$-\Delta\sigma/\Delta C$, Н \times м 2 /кмоль	Γ_∞ , кмоль/м 2	<i>l</i>		S		V	
			м	Å	м2	Å2	м3	Å3
этанол	$31.48 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-9}$	5.83* 10^{-10}	5.83	1.66* 10^{-19}	16.6	9.68 * 10^{-29}	96.8

15. Запишите выводы по результатам проведенной работы

В выводах укажите - какие величины вы определили и каким методом.

Лабораторную работу выполнили студенты 2 курса 230 группы.
 Слынко Марк
 Говорунов Егор
 Дегтярева Валерия
 Батхиева Милана

Пятигорск
 2013 год