

# Коллигативные свойства растворов:

Хабаровск

2005

# Коллигативные свойства растворов

Методические указания для самостоятельной работы студентов первого курса всех специальностей и форм обучения

Хабаровск

2005

УДК 541.8.04(076)

Коллигативные свойства растворов: Методические указания для самостоятельной работы студентов первого курса всех специальностей и форм обучения. / Сост. Т.В. Гомза. — Хабаровск: ХГТУ, Изд-во ХГТУ. 2005. —20 с.

Методические указания содержат теоретический материал, примеры решения задач и многовариантные задания для самоподготовки, которые можно варьировать по уровням трудности и в зависимости от специальности обучающихся.

Печатается в соответствии с решением кафедры «Химия».

ХГТУ, 2005

## Введение

Четыре свойства разбавленных растворов нелетучего вещества в летучем растворителе традиционно объединяются под названием коллигативных свойств:

1. Понижение давления пара растворителя.
2. Повышение температуры кипения растворителя.
3. Понижение температуры замерзания растворителя.
4. Явление осмотического давления.

Эти свойства называются *коллигативными* (что означает коллективными) потому, что они зависят от количества имеющихся молекул или ионов растворенного вещества, а не от природы растворенных частиц.

Уравнения, описывающие коллигативные свойства, выведены из условия, что частицы в растворе не взаимодействуют между собой, то есть ведут себя аналогично идеальным газам. Строго говоря, свойствами идеального раствора не обладает ни один реальный раствор. Но большинство реальных растворов при малых значениях концентраций растворенного вещества практически ведут себя как идеальные, и уравнения, описывающие коллигативные свойства, достаточно точны для большинства разбавленных растворов. Зависимость коллигативных свойств растворов от природы растворителя выражается в криоскопической и эбуллиоскопической константах, индивидуальных для каждого растворителя.

Коллигативные свойства играли важную роль для развития химии, поскольку они позволяли судить о числе частиц имеющегося в наличии растворенного вещества, а, следовательно, о его молекулярной массе и степени ионизации в растворе. Коллигативные свойства позволили Аррениусу показать, что в растворе содержится больше частиц, чем имелось в наличии молекул растворенного вещества, а, следовательно, что молекулы растворенного вещества в растворе распадаются на ионы. В настоящее время коллигативные свойства используются главным образом для определения молекулярных масс неизвестных веществ.

## **Понижение давления пара растворителя**

Пар над жидкостью в состоянии равновесия называется насыщенным паром. Давление насыщенного пара — характерная величина для данного вещества и зависит от температуры. Если в жидкости растворены нелетучие вещества, то давление ее пара понижается.

Свойства разбавленных растворов определяются только природой растворителя и числом частиц растворенного вещества, поскольку вследствие малых концентраций силами взаимодействия между молекулами компонентов раствора можно пренебречь.

Давление насыщенного пара растворителя над раствором ( $P$ ) всегда меньше, чем над чистым растворителем ( $P_0$ ). Это связано с тем, что поверхность раствора частично занята сольватированными молекулами растворенного вещества, благодаря чему уменьшается поверхностная концентрация молекул самого растворителя, а, следовательно, и скорость его испарения.

Понижение давления пара раствора — разность между давлением пара растворителя ( $p_0$ ) и давлением пара раствора

$$P_0 - P = \Delta P.$$

Понижение давления пара раствора прямо пропорционально мольной доле растворенного вещества в растворе или пропорционально отношению числа молей растворенного вещества к общему числу молей, содержащихся в растворе:

$$\Delta P = P_0 - P = P_0 \frac{n}{n + n_0};$$

где  $n$  — число молей растворенного вещества;  $n_0$  — число молей растворителя.

$\Delta P$ , отнесенная к  $P_0$ , называется относительным понижением давления пара растворителя  $\frac{\Delta P}{P_0}$ .

## **Первый закон Рауля**

**Относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором равно мольной доле растворенного вещества  $N_{p-го}$ .**

### Пример 1.

Раствор масляной кислоты ( $C_3H_7COOH$ ) в хлороформе используется при экстракционном разделении лантаноидов и актиноидов. Давление пара хлороформа при  $20^\circ C$  равно 200 мм рт. ст. Вычислить давление пара 8 М раствора масляной кислоты в хлороформе (плотность раствора —  $1,48 \text{ г/см}^3$ ).

#### Решение.

По условию задачи  $P_0 = 200 \text{ мм рт.ст.}$ ; молярность раствора 8 моль/л, т.е.  $n = 8$  моль.

Подсчитываем  $n_0$ :

Масса 1 л раствора равна 1480 г;

масса растворителя  $CHCl_3$  в растворе равна

$$m_{\text{р-ля}} = m_{\text{р-ра}} - m_{\text{р-го}} = 1480 - 8 \text{ М } (C_3H_7COOH) = 1480 - 8 \times 88 = 776 \text{ г.}$$

$$n_0 = \frac{m(CHCl_3)}{M(CHCl_3)} = \frac{776}{119,5} = 6,5 \text{ моль.}$$

$$\text{Отсюда } 200 - P = 200 \frac{6,5}{6,5 + 8} = 89,6 \text{ мм. рт. ст.}$$

$$P = 200 - 89,6 = 110,4 \text{ мм рт. ст.}$$

### Пример 2.

Раствор трибутилфосфата в бензоле применяют для экстракции из раствора соли плутония.

Давление пара бензола при  $15^\circ C$  равно 60 мм рт. ст. Понижение давления пара 5 %-го раствора трибутилфосфата  $(C_4H_9)_3PO_4$  в бензоле равно 0,91 мм рт. ст. Какова молекулярная масса бензола (давлением пара трибутилфосфата пренебречь)?

#### Решение.

В 100 г раствора масса трибутилфосфата (ТБФ) равна 5 г, масса бензола — 95 г. Итак, молекулярная масса бензола равняется 78 г/моль.

$$n = \frac{m(T(TБФ))}{M(TБФ)} = \frac{5}{266} = 0,0188 \text{ моль;}$$

$$n = \frac{m(б(бензол))}{M(бензола)} = \frac{95}{M(бензола)}$$

Поскольку понижение давления

$$\Delta P = P_0 \frac{n}{n + n_0},$$

получаем:

$$0,91 = 60 \frac{0,0188}{0,0188 + \frac{95}{M(\text{бензола})}}$$

$$M(\text{бензола}) = 78 \text{ г/моль.}$$

### **Изменение температур кипения и замерзания растворов**

Понижение давления пара над растворами приводит к тому, что они кипят и замерзают при температурах, отличающихся от соответствующих температур для чистых растворителей. Известно, что жидкость закипает, когда давление ее насыщенного пара становится равным внешнему давлению, а кристаллизация жидкости начинается в тот момент, когда давление ее насыщенных паров становится равным давлению над твердой фазой, в которую она переходит. Поэтому растворы кипят при более высоких температурах ( $t_{\text{к р-ля}}$ ), а замерзают при более низких температурах ( $t_{\text{з р-ля}}$ ), чем чистые растворители ( $t_{\text{з р-ля}}$ ).

### **Второй закон Рауля**

**Повышение температуры кипения раствора ( $t_{\text{к}}$ ) и понижение температуры замерзания раствора ( $t_{\text{з}}$ ) по сравнению с чистым растворителем пропорциональны моляльной концентрации растворенного вещества.**

$$\Delta t_{\text{к}} = t_{\text{к р-ра}} - t_{\text{к р-ля}} = E \cdot C_{\text{м}};$$

$$\Delta t_{\text{з}} = t_{\text{з р-ра}} - t_{\text{з р-ля}} = E \cdot C_{\text{м}}.$$

Коэффициент пропорциональности  $E$  называется эбулиоскопической постоянной растворителя. Она равна  $\Delta t_{\text{к}}$  для одномоляльного раствора любого неэлектролита в данном растворителе, то есть зависит от природы растворителя и не зависит от природы растворенного вещества.

Коэффициент пропорциональности  $K$  называется криоскопической постоянной растворителя. Она равна  $\Delta t_{\text{з}}$  для одномоляльного раствора любого неэлектролита в данном растворителе, то есть связана с природой растворителя и не зависит от природы растворенного вещества.

Таблица 1.

Значения  $K$  и  $E$  для различных растворителей

Растворитель	$K$ , °C	$E$ , °C
--------------	----------	----------

Вода	1,85	0,52
Бензол	5,07	2,57
Фенол	7,27	3,60
Уксусная кислота	3,9	3,07
Этиловый спирт	-	1,04
Хлороформ	4,9	3,80
Четыреххлористый углерод	29,9	5,30
Ацетон		

Законы Рауля можно использовать для определения молекулярных масс ( $M_{p-го}$ ) растворенных веществ:

$$\Delta t_K = E \cdot C_M = E \cdot \frac{m_{p-го} \cdot 1000}{M \cdot m_{p-ля}},$$

отсюда

$$M_{p-го} = \frac{E \cdot m_{p-го} \cdot 1000}{\Delta t_K \cdot m_{p-ля}}$$

и аналогично по понижению температуры замерзания

$$M = \frac{K \cdot m_{p-го} \cdot 1000}{\Delta t_3 \cdot m_{p-ля}}.$$

## Осмоз

Осмозом называют диффузию растворителя через полупроницаемую перегородку, разделяющую раствор и чистый растворитель или два раствора различной концентрации.

Осмотическое давление ( $P_{осм.}$ ) – это давление, которое нужно приложить к раствору, чтобы привести его в равновесие с чистым растворителем, отделенным от него полупроницаемой перегородкой.

Теоретическое выражение для осмотического давления получил Вант-Гофф, рассматривавший поведение частиц вещества в растворе аналогично поведению молекул газа, занимающего одинаковый с раствором объем.



## Закон Вант-Гоффа

**Осмотическое давление разбавленного раствора численно равно тому давлению, которое производило бы данное количество растворенного вещества, занимая в виде газа при данной температуре объем, равный объему раствора.**

$$P_{\text{осм}} = C_M \cdot R \cdot T.$$

Осмотическое давление прямо пропорционально молярной концентрации раствора и температуре.

Закон Вант-Гоффа позволяет вычислить осмотическое давление раствора, если известны его концентрации и температура. Основанием для расчетов могут служить следующие рассуждения.

Если 1 моль газа заключить в сосуд емкостью 22,4 л, то при 0°C давление окажется равным 1 атм. То же количество газа, помещенное в сосуд емкостью 1 л, окажет при той же температуре давление в 22,4 раза больше, то есть 22,4 атм. Переходя к осмотическому давлению, рассуждаем таким же образом. Если 1 моль растворенного вещества находится в 22,4 л раствора, то осмотическое давление такого раствора при 0°C равно 1 атм. То же количество растворенного вещества, находясь в 1 л раствора, создает осмотическое давление 1 л одномолярного раствора неэлектролита при 0°C составляет 22,4 атм.

Состояние вещества	Количество вещества	Т	V	следовательно	давление
газ	1 моль	273 К	22,4 л	=>	P = 1 атм
раствор	1 моль	273 К	1 л	=>	P <sub>осм</sub> = 22,4 атм

### Пример.

Вычислить осмотическое давление при 22°C раствора, в 1,2 л которого содержится 20,5 г сахара.

Решение: Воспользуемся формулой расчета осмотического давления

$$P_{\text{осм}} = \frac{m_{\text{р-го}} \cdot R \cdot T}{M_{\text{р-го}} \cdot U_{\text{р-ра}}} = \frac{20,5 \cdot 0,082 \cdot (273 + 2,5)}{342 \cdot 1,2} = 1,2 \text{ атм.}$$

### Пример.

Чему равно осмотическое давление раствора, содержащего 15,8 г пиридина C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N (M = 79) в 100 мл раствора при 0°C ?

Решение: концентрация данного раствора составляет  $\frac{158}{79} = 2$  моль, следовательно, осмотическое давление при 0°C будет равно  $22,4 \cdot 2 = 44,8$  атм.

### Пример.

Для понижения температуры замерзания воды, используемой для охлаждения двигателей автомашин (антифриз), в воду добавляют неэлектролит.

Сколько молей неэлектролита на 1000 г воды нужно взять, чтобы понизить температуру замерзания антифриза на  $5^{\circ}\text{C}$ ? Какое количество для этого нужно взять глицерина  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  ( $M = 92$ )? Этилового спирта  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  ( $M = 46$ )?

Решение: Введение 1 моль неэлектролита понижает температуру замерзания водного раствора на  $1,86^{\circ}\text{C}$ . Для понижения температуры замерзания на  $5^{\circ}\text{C}$  нужно  $\frac{5}{1,86} = 2,687$  моль неэлектролита, что составит  $2,687 \cdot 92 = 247,2$  г

глицерина или  $2,687 \cdot 46 = 123,6$  г этилового спирта.

### Пример.

При какой температуре будет кипеть раствор, содержащий 18,6 г анилина  $\text{C}_6\text{H}_6$ ?

Решение:  $t_{\text{К р-ра}} = t_{\text{К р-ля}} + \Delta t_{\text{К}}$

$$\Delta t_{\text{К}} = C_{\text{м}} \cdot E C_{\text{м}} = \frac{m_{\text{р-го}} \cdot 1000}{M \cdot m_{\text{р-ля}}}$$

Следовательно,

$$T_{\text{К р-ра}} = t_{\text{К р-ля}} + \frac{m_{\text{р-го}} \cdot E \cdot 1000}{M \cdot m_{\text{р-ля}}} = 80,2 + \frac{18,6 \cdot 2,57 \cdot 1000}{93 \cdot 500} = 81,22^{\circ}\text{C}.$$

### **Коллигативные свойства растворов электролитов**

В растворах электролитов число частиц увеличивается за счет диссоциации молекул растворенного вещества. Представим, что в раствор введено  $N$  молекул растворенного вещества, способного распадаться на  $p$  ионов, а степень диссоциации растворенного вещества  $\alpha$ . Тогда число молекул, распавшихся на ионы будет  $N \alpha$ , а число образовавшихся ионов –  $N \alpha p$ . Число нераспавшихся молекул составит  $N - N \alpha$  или  $N (1 - \alpha)$ .

Общее число частиц в растворе электролита будет суммой числа молекул и числа ионов:

$$N_{\text{эл-та}} = N \alpha p + N (1 - \alpha) = N (\alpha p + (1 - \alpha)) = N (\alpha (p - 1) + 1)$$

Если бы диссоциации не произошло (неэлектролит), то число введенных в раствор частиц осталось бы неизменным, равным  $N$  (для неэлектролита  $N_{\text{неэл-та}}$ ).

Отношение числа частиц растворенного вещества в растворе электролита к числу частиц недиссоциирующего растворенного вещества составляет

$$I = \frac{N_{\text{эл-та}}}{N_{\text{неэл. та}}} = \frac{N (\alpha (p - 1) + 1)}{N} = \alpha (p - 1) + 1$$

Такую же величину составляет отношение величин описывающих коллигативные свойства растворов, измеренных для электролитов, к величинам, рассчитанным для неэлектролитов.

Эту величину  $i$  Вент-Гофф назвал изотоническим коэффициентом.

$$i = \frac{\Delta P_{\text{эл-та}}}{\Delta P_{\text{неэл. та}}} = \frac{P_{\text{осм, эл-та}}}{P_{\text{осм, неэл-та}}} = \frac{\Delta t_{\text{кип, эл-та}}}{\Delta t_{\text{кип, неэл-та}}} = \frac{\Delta t_{\text{зат., эл-та}}}{\Delta t_{\text{зат., неэл-та}}}$$

Таким образом, величина коллигативного свойства для растворов электролитов в  $i$  раз больше чем для соответствующего количества растворенного неэлектролита.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

### Задание I.

Для приготовления раствора использовали растворители А и вещество С, взяв их в количествах В и Д, соответственно. Какие коллигативные свойства полученного раствора Вы можете охарактеризовать, пользуясь этими данными (табл.1 и табл, приложения)

Дайте количественную оценку.

Таблица 1

<i>В</i> <i>а-</i> <i>ри-</i> <i>ант</i>	А раствори- тель	<i>В</i> Ко- личест- во рас- тво- рителя	С Растворенное ве- щество	Д Кол-во раств- воренного вещества
1	вода	2 л	глюкоза, $C_6H_{12}O_6$	0,09 кг
2	вода	3 кг	метанол, $CH_3OH$	19,2 кг
3	вода	100	ацетамид,	11,8 г
4	вода	мл	$CH_3CONH_2$	0,054 кг
5	вода	1,5 л	карбамид,	36,8 г
6	вода	800	$CO(NH_2)_2$	136,8 г
7	сероугле-	мл	глицерин,	30,4 г
8	род	2 кг	$C_3H_5(OH)_3$	9,2 г
9	сероугле-	250	сахароза,	31,2 г
1	род	г	$C_{12}H_{22}O_{11}$	37 г
0	сероугле-	0,2	камфора, $C_{10}H_{16}O$	
	род	кг	этанол, $C_2H_5OH$	9,2 г
1	диэтило-	400	бензол, $C_6H_6$	
1	вый эфир	г	глицерин,	
	четырёх-	0,5	$C_3H_5(OH)_3$	0,2 моль
	хлористый	кг		
1	углерод		глицерин,	
2		200	$C_3H_5(OH)_3$	6,4 г
	четырёх-	г		5,8 г
	хлористый			15,6 г
1	углерод		бензол, $C_6H_6$	3,2 г
3		500		30,4 г

1	хлороформ	г		4,6 г
4	хлороформ		метанол, CH <sub>3</sub> OH	0,2 моль
1	хлороформ		ацетон,	
5	бензол	0,4	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	
1	бензол	кг	бензол, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	
6	бензол	100	сера, S	
1	бензол	г	камфора, C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	
7		4 кг	глицерин,	
1		0,2	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub>	
8		кг	уксусная	
1		500	кислота,	
9		г	CH <sub>3</sub> COOH	
		0,1		
		кг		
		0,8 г		

Окончание табл.1

<i>В</i> <i>а-</i> <i>ри-</i> <i>ант</i>	<i>А</i> раствори- тель	<i>В</i> Ко- личест- во рас- тво- рителя	<i>С</i> Растворенное ве- щество	<i>Д</i> Кол-во раст- воренного вещества
2	бензол	1,5	ацетон,	17,4 г
0	этанол	кг	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	144 г
2	этанол	2 кг	глюкоза, C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	9,3 г
1	этанол	200	анилин, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	9 г
2	этанол	г	формалин, HCHO	0,018 кг
2	этанол	0,25	карбамид,	46,8 г
2	ацетон	кг	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	18,4 г
3	ацетон	300	бензол, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	68,4 г
2	ацетон	г	глицерин,	9 г
4	ацетон	1,5	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub>	0,1 моль
2	ацетон	кг	сахароза,	38,4 г
5		0,2	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	
2		кг	формалин, HCHO	
6		500	камфора, C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	
2		г	метанол, CH <sub>3</sub> OH	

7		250		
2		г		
8		200		
2		г		
9		1200		
3		г		
0				

### Задание 2

Требуется приготовить антифриз, взяв в качестве растворителя воду. Рассчитайте, сколько потребуется взять вещества В на количество воды А, если антифриз не должен замерзнуть до температуры С.

Таблица 2

Вариант	А Количество растворителя	В Растворенное вещество	С t замерзания, °С
1	9 л	метанол, $\text{CH}_3\text{OH}$	-12
2	5 кг	метанол	-15
3	20 л	метанол	-10
4	1,5 л	метанол	-20
5	1800 мл	метанол, $\text{CH}_3\text{OH}$	-16
6	8 л	метанол	-22
7	11 кг	метанол	-18
8	3 л	этиленгликоль, $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	-20
9	250 мл	этиленгликоль	-30
0	0,5 л	этиленгликоль	-27
1	2,5 л	этиленгликоль	-21
1	20 л	этиленгликоль	-23
1	10 кг	этиленгликоль	-40
1	2 кг	этиленгликоль	-35
2	1500 мл	бутанол, $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	-20
1	10 л	бутанол	-18
3	5 л	бутанол	-23
1	1500 г	бутанол	-25
4	7 кг	бутанол	-21
1	10 кг	бутанол	-16
5	750 мл	глицерин, $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$	-10
1	6 л	глицерин	-15
6	0,8 л	глицерин	-12
1	0,8 кг	глицерин	-8
7	1,25	этанол, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-10

1	500 мл	этанол	-12
8	0,3 л	этанол	-18
1	1,5 кг	этанол	-8
9	0,5	этанол	-14
2	10 л	этанол	-16
0			
2			
1			
2			
2			
2			
3			
2			
4			
2			
5			
2			
6			
2			
7			
2			
8			
2			
9			
3			
0			

### Задание 3

Для определения молекулярной массы некоторого вещества С воспользовались криоскопическим (эбуллиоскопическим) методом. Приготовили раствор, состоящий из растворителя А, взятого в количестве В, и вещества С в количестве Д. Понижение температуры замерзания (повышение температуры кипения) по отношению к чистому растворителю составило величину Е, °С. По данным таблицы 3 и таблице приведенной в приложении (температуры замерзания и кипения и молярные константы понижения температуры замерзания и повышения температуры кипения некоторых веществ) определите молярную массу вещества С.

Таблица 3

Ва-	А	В	С Раство-	Д Кол-	Е
-----	---	---	--------------	-----------	---

вариант	Растворитель	Кол-во растворителя	растворенное вещество	во растворенного вещества	$\Delta t$ зам., °C	$\Delta t$ кип., °C
1	вода	200 г	глицерин	2,76	0,2	-
2	вода	20 мл	органическая кислота	г 1 г	79 0,6	-
3	уксусная кислота	25 г	лота		2	
4		20 г	углеводород	0,4 г		-
5	бензол	10 г	органическая кислота	1000	5	-
6		50 г	лота	мг	0,9	0,052
7	бензол	100 г	тироксин	0,455	4	-
8	вода	250 г	углевод	г 0,9 г	0,3	-
9	уксусная кислота	0,804	глутаминовая кислота	3 г	-	-
10	та	10 см <sup>3</sup>	этиленгликоль	1,55	70	-
11	камфора	400 г		г	0,3	0,43
12		100	органическое соединение	0,07	9	-
13	вода	см <sup>3</sup>	углеводород	г	15,	-
	диэтиловый эфир	78 г	камфора	300	3	
	вода			мг	0,1	
	бензол		ацетамид	13 г	69	
			органическое соединение	1 г	-	
				7,92	0,3	
				г	15	
					1,2	
					9	

Окончание табл. 3

Вариант	А Растворитель	В Кол-во растворителя	С Растворенное вещество	Д Кол-во растворенного вещества	Е	
					$\Delta t$ зам., °C	$\Delta t$ кип., °C
14	диэти-	150	неэлек-	6 г	-	0,53



15	ловый эфир	г	тролит	3,5 г	-	0,066
16	вода	0,3	глицерин	20 г	0,05	
17	вода	л	поливи- ниловый	12 г	-	0,15
18	вода	мл	спирт пропио- новый спирт	6 г	-	1,02
19	уксус- ная кис- лота	700 мл	органическое соеди- нение	800 мг	-	0,19
20	диэти- ловый	120 г	бензаль- дегид	2 г	0,71	-
21	эфир				0,264	-
22	уксус- ная кис- лота	80 г	органи- ческая кис- лота	5 г	-	0,408
23	вода	50 г	аскорби- новая кисло- та	1,5 г 1,1 г	-	0,10
24		200			29,4	-
25	бензол	мл	анилин	0,07	43,6	-
26	диэти- ловый	100 г	углево- дород	0,2 г 1 г	-	0,67
27	эфир				0,45	-
28	кам- фора	150 г	бензаль- дегид	5 г	-	0,408
29	кам- фора		органич. спирт	1,2 г 3 г	3,38 2,0	-
30	диэти- ловый эфир	0,9 1,8 г	органич. спирт	3 г 10 г		-
	вода	25 г	кислота			
		200	органи- ческое со- единение			
	бензол					
	вода	20 г	фенилме- танол			
	вода	15 см <sup>3</sup>	резорцин			
		186	органи- ческое со- единение			

#### Задание 4

Раствор, в объеме А которого находится растворенное вещество В с молекулярной массой С г/моль, в количестве Д граммов, обладает при температуре Е осмотическим давлением  $P_{осм}$ . Используя известные (согласно варианту) величины, вычислите остальные.

Таблица 4

Вариант	А Объем раствора	В Растворенное вещество	С Молекулярная масса	Д Масса Растворенного вещества	Е Температура	Р <sub>осм.</sub>
1	250 мл	неэлектро-	?	9,00	5	4,5
2	3 л	лит	-	46,00	°С	атм
3	3 л	глицерин	-	68,40	27	?
4	1 л	сахароза	-	3,72	°С	?
5	?	анилин	-	10,00	17	?
6	0,4 л	этанол	-	0,74	°С	0,1
7	500 мл	глицерин неэлектро-	?	0,55	273	атм ?
8	250 мл	лит	?	0,70	15	170,2
9	0,5 л	-	-	22,50	°С	мм
10	100 мл	неэлектро-	?	0,05	10	рт.ст.
11	0,6 л	лит	?	3,04	°С	0,2
12		глюкоза	-		0	атм
13	350 мл	неэлектро-	-	16,00	°С	?
14	1,5 л	лит	-	9,20		0,112
15	0,5 л	неэлектро-	-	?	25	атм
16	400 мл	лит	-	34,20	°С	510,7
17	200 мл	-	?	2,80	298	мм
18	1 л	сахароза	-	?	К	рт.ст.
19	3 л	глицерин	-	?	0	?
20		глюкоза	-		°С	?
21	100 мл	сахароза	?	2,30	0	1,62
22		ВМС	-		°С	атм
23		глицерин	-			?
24	?	глюкоза	-	4,00	293	0,7
25		-	-		К	кПа
26	1,2 л	орга-	-	68,80	20	2,4
27	150 мл	ниж.соединен	?	2,00	°С	атм
28	10 мл	ия	?	0,20	20	415,5
29		-	-		°С	кПа
30	200 мл	сахароза	?	1,50	25	618,5
31		-	-		°С	кПа
32		сахароза	-		298	
33		ВМС	-		К	1,33·10 <sup>5</sup>
34		цитохром	-		20	
35		С	-		°С	Па

2		животный белок			27 °C	? 643 Па
1					25 °C	0,039 атм
2						425 Па
2						
3						
2					0 °C	
4					5 °C	
					17 °C	
					25 °C	
					273 К	

Окончание табл.4

В а- ри- ант	А <i>Объем</i> рас- твора	В Растворен- ное вещество	С Моле- кулярная масса	Д <i>Масса</i> рас- творенно- го веще- ства	Е Те- мпера- тура	Р <sub>осм.</sub>
2 5	10 см <sup>3</sup>	животный белок	?	0,15	25 °C	0,01 атм
2 6	2 л	неэлектро- лит	?	4,88	36 °C	335,3 мм рт.ст.
2 7	1 л	неэлектро- лит	?	0,40	0 °C	0,28 атм
	100 мл 500 мл		- -	8,55 ?		? 1,56x x10 <sup>-</sup>
2 8	1 л	сахароза сахароза	?	4,00	303 К	<sup>5</sup> Па
2 9		поливи-			27 °C	6,52x

3 0		хлорид			298 К	$10^4$ атм
--------	--	--------	--	--	----------	---------------

### Задание 5

Приготовили водный раствор электролита В, используя количество С электролита. Воспользуйтесь одной из предложенных характеристик Д полученного раствора и найдите неизвестную {?} величину. Учтите при этом, что А - это количество растворителя в расчетах температур кипения и замерзания, а в расчетах осмотического давления -- это количество раствора.

Таблица 5

В а- р и- а нт	А Кол- во р-ля (раство- ра)	В Рас- творен- ное ве- щество	С Кол -во раство- рэнно- го ве- щества	Д			t, °С	α
				Δ t зам, °С	Δ t кип, °С	P <sub>ос</sub> м		
1	200 г	Na <sub>2</sub> C	0,5	0,1	-	-	-	-
2	500 г	O <sub>3</sub>	3 г	30	-	-	-	?
3	1000 мл	CaCl <sub>2</sub>	0,2 моль	1,7	-	272	-	?
4		K <sub>2</sub> C	0,1 моль	-	-	,6 кП	-	0,7
5	500 г	O <sub>3</sub>	моль-	-	-	а	-	0,7
6	400 г		экв.	?	-	-	-	0,7
7	1000	Na <sub>2</sub> S	3,5	?	-	-	-	0,6
8	г	O <sub>4</sub>	5 г	?	-	-	17	0,8
9	1 кг	CaCl <sub>2</sub>	8 г	?	-	-	-	-
0	1000		2	-	?	-	-	0,8
1	мл	NaCl	моль	-	?	-	-	0,5
1	200 г	NaO	100	-	-	-	-	3
1	500 г	HCl	г	-	-	-	-	?
1	500	KCl	0,1 моль-	-	-	0,4	0	?
1	мл		экв.	-	-	4 атм	-	?
2	500	NH <sub>4</sub> Cl	5,3	-	-	-	20	?
1	мл		5 г	-	-	166	-	?
1	100 г	K <sub>2</sub> S	0,2	-	0,	,6мм	-	?
1		O <sub>4</sub>	6 моль	-	55	рт.ст.	-	?

3	1000			-	-	2,2	-	?
	мл	KCl	0,0	0,8	-	7 атм	-	?
1			05	04	-		-	?
4	1500	KNO <sub>3</sub>	МОЛ	1,6	0,	-	-	?
1	мл		Б-ЭКВ.	7	90	-	-	0,8
5	100		0,0	7,4	?	-	-	2
1	см <sup>3</sup>	HBr	5 Г	-	?	-	0	0,4
6	1200			-	?	-	-	5
1	мл	K <sub>2</sub> S	0,0	-	-	-	18	0,6
7	800Г	O <sub>4</sub>	5	-	-	-	-	8
1	150 Г	CaCl <sub>2</sub>	МОЛЬ-	-	-	-	0	?
8	1 м <sup>3</sup>		ЭКВ.			654	17	
1	1000	NH <sub>4</sub> Cl	0,7	-	-	мм		?
9	мл		8 МОЛЬ			рт.ст.		
2	50 кг	NaO	2 Г	-	-	71,		?
0	1000	H	32,	-	-	4 мм		?
2	см <sup>3</sup>	Zn(N	04 Г			рт.ст.		
1		O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	80 Г			54·		
2	10 л	LiCl	2,9			10 <sup>3</sup> Па		
2		CuS	Г			36·		
	100	O <sub>4</sub>	25			10 <sup>3</sup> Па		
2	мл	(NH <sub>4</sub>	кг					
3	0,5 л	) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	0,2					
			кг					
2		HCl	1,2					
4			кг					
2		RbCl	0,0					
5			2 МОЛЬ					
		CaCl <sub>2</sub>						
			0,0					
		CuS	2 МОЛЬ					
		O <sub>4</sub>						
			0,1					
			МОЛЬ					
			0,8					
			Г					

### Задание 6.

Металл А, содержащий в виде примеси металл Б, плавится при  $t_{пл}$  °С. Определите процентное содержание примеси в металле А, используя данные таблицы 6 и приложения.

Таблица 6

В а- ри- ант	А	Б	$t_{пл.},$ °С	В а- ри- ант	А	Б	$t_{пл.},$ °С
1	оло-	алюми-	230,	1	оло-	цинк	230,2
2	во	ний	10	3	во	ртуть	5
3	сви-	сурьма	324,	1	сви-	се-	324,4
4	нец	магний	38	4	нец	ребро	7
5	мед	хром	1069	1	мед	цинк	1080,
6	ь	ртуть	,83	5	ь	пла-	03
7	железо	свинец	1535	1	железо	тина	1529,
8	золото	магний	,15	6	золото	кад-	00
9		никель	1062	1		мий	1055,
1	олово	медь	,27	7	олово	се-	67
0	свинец	серебро	228,	1	свинец	ребро	221,2
1		висмут	44	8		цинк	5
1	медь	олово	324,	1	медь	ртуть	319,8
1			95	9		сви-	3
2	железо		1082	2	железо	нец	1080,
	золото		,03	0	золото	ртуть	55
			1529	2		вис-	1534,
	олово		,00	1	олово	мут	01
			1061	2			1061,
	свинец		,07	2	свинец		22
			230,	2			230,2
			90	3			7
			308,	2			321,5
			03	4			4