

Химическое равновесие в заданиях Единого государственного экзамена

*Стаханова Светлана Владленовна
РХТУ им. Д.И.Менделеева*

VI Международная научно-практическая конференция
«ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ХИМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ В
КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ»

12 – 14 октября 2021 г.

*Всему есть свое время,
и для каждого дела под небом
есть свой час...*



Равновесие - IUPAC Gold Book

Обратимые процессы в конечном счете достигают точки, когда скорости в обоих направлениях идентичны, так что достигается постоянный состав реакционной смеси, при котором значение энергии Гиббса, G , является минимальным.

В равновесии сумма химических потенциалов реагентов равна сумме химических потенциалов продуктов, так что:

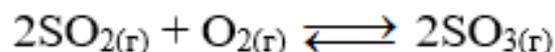
$$\Delta G_r = \Delta G_r^{\circ} + R T \ln K = 0$$

$$\Delta G_r^{\circ} = - R T \ln K$$

Новое задание 23 в варианте ЕГЭ

23

В реактор постоянного объёма поместили некоторое количество оксида серы(IV) и кислорода. В результате протекания обратимой реакции



в реакционной системе установилось химическое равновесие.

Используя данные, приведённые в таблице, определите равновесную концентрацию SO_2 (X) и исходную концентрацию O_2 (Y).

Реагент	SO_2	O_2	SO_3
Исходная концентрация, (моль/л)	0,6		
Равновесная концентрация, (моль/л)		0,3	0,4

Выберите из списка номера правильных ответов.

- 1) 0,1 моль/л
- 2) 0,2 моль/л
- 3) 0,3 моль/л
- 4) 0,4 моль/л
- 5) 0,5 моль/л
- 6) 0,6 моль/л

Запишите выбранные номера в таблицу под соответствующими буквами.

Ответ:

X	Y

Новое задание 21 в варианте ЕГЭ

Для выполнения задания 21 используйте следующие справочные данные.

Концентрация (молярная, моль/л) – показывает отношение количества растворенного вещества (n) к объёму раствора (V).

pH («пэ аш») – водородный показатель; величина, которая отражает концентрацию ионов водорода в растворе и используется для характеристики кислотности среды.

Шкала pH водных растворов электролитов



21

Для веществ, приведённых в перечне, определите среду их водных растворов.

- 1) Na_2SO_4
- 2) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$
- 3) K_2SO_3
- 4) HClO_4

Запишите номера веществ в порядке возрастания значения pH их водных растворов, учитывая, что концентрации всех растворов (моль/л) одинаковы.

Ответ: → → →

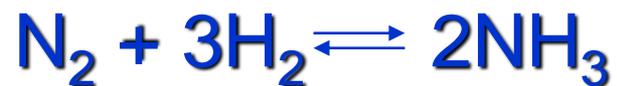
К понятию химического равновесия



Время	$C(\text{N}_2)$, моль/л	$C(\text{H}_2)$, моль/л	$C(\text{NH}_3)$, моль/л
t_0	2,00	6,00	0
t_1			
t_2			
t_3			
t_4			
t_5			
t_6			



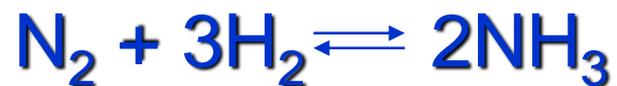
К понятию химического равновесия



Время	$C(\text{N}_2)$	$C(\text{H}_2)$	$C(\text{NH}_3)$
t_0	2,00	6,00	0
t_1	1,75	5,25	0,50
t_2			
t_3			
t_4			
t_5			
t_6			



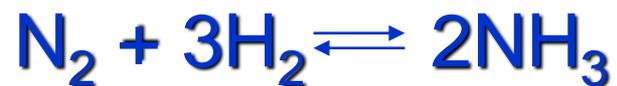
К понятию химического равновесия



Время	$C(\text{N}_2)$	$C(\text{H}_2)$	$C(\text{NH}_3)$
t_0	2,00	6,00	0
t_1	1,75	5,25	0,50
t_2	1,60	4,80	0,80
t_3			
t_4			
t_5			
t_6			



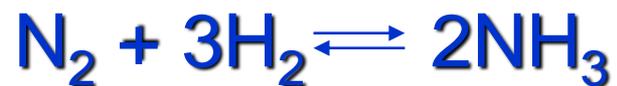
К понятию химического равновесия



Время	$C(\text{N}_2)$	$C(\text{H}_2)$	$C(\text{NH}_3)$
t_0	2,00	6,00	0
t_1	1,75	5,25	0,50
t_2	1,60	4,80	0,80
t_3	1,55	4,65	0,90
t_4			
t_5			
t_6			



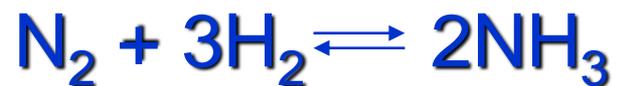
К понятию химического равновесия



Время	$C(\text{N}_2)$	$C(\text{H}_2)$	$C(\text{NH}_3)$
t_0	2,00	6,00	0
t_1	1,75	5,25	0,50
t_2	1,60	4,80	0,80
t_3	1,55	4,65	0,90
t_4	1,53	4,59	0,94
t_5			
t_6			



К понятию химического равновесия



Время	$C(\text{N}_2)$	$C(\text{H}_2)$	$C(\text{NH}_3)$
t_0	2,00	6,00	0
t_1	1,75	5,25	0,50
t_2	1,60	4,80	0,80
t_3	1,55	4,65	0,90
t_4	1,53	4,59	0,94
t_5	1,53	4,59	0,94
t_6			



К понятию химического равновесия

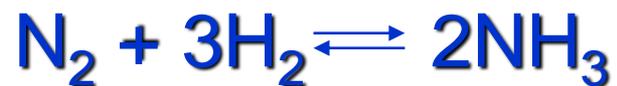


Время	$C(\text{N}_2)$	$C(\text{H}_2)$	$C(\text{NH}_3)$
t_0	2,00	6,00	0
t_1	1,75	5,25	0,50
t_2	1,60	4,80	0,80
t_3	1,55	4,65	0,90
t_4	1,53	4,59	0,94
t_5	1,53	4,59	0,94
t_6	1,53	4,59	0,94

*равно-
весие*



К понятию химического равновесия



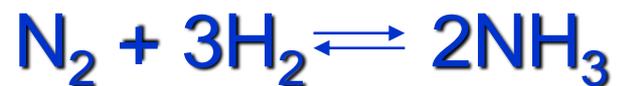
Время	$C(\text{N}_2)$	$C(\text{H}_2)$	$C(\text{NH}_3)$
t_0	2,00	6,00	0
t_1	1,75	5,25	0,50
t_2	1,60	4,80	0,80
t_3	1,55	4,65	0,90
t_4	1,53	4,59	0,94
t_5	1,53	4,59	0,94
t_6	1,53	4,59	0,94

*равно-
весие*

$[\text{N}_2] = 1,53$ моль/л; $[\text{H}_2] = 4,59$ моль/л; $[\text{NH}_3] = 0,94$ моль/л



К понятию химического равновесия



Время	$C(\text{N}_2)$	$C(\text{H}_2)$	$C(\text{NH}_3)$
t_0	2,00	6,00	0
t_1	1,75	5,25	0,50
t_2	1,60	4,80	0,80
t_3	1,55	4,65	0,90
t_4	1,53	4,59	0,94
t_5	1,53	4,59	0,94
t_6	1,53	4,59	0,94

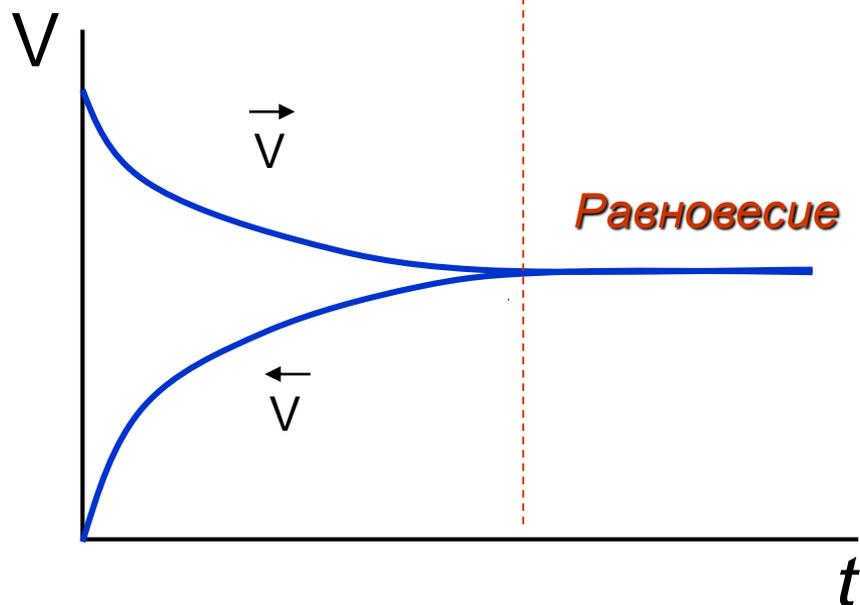
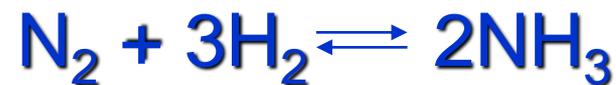
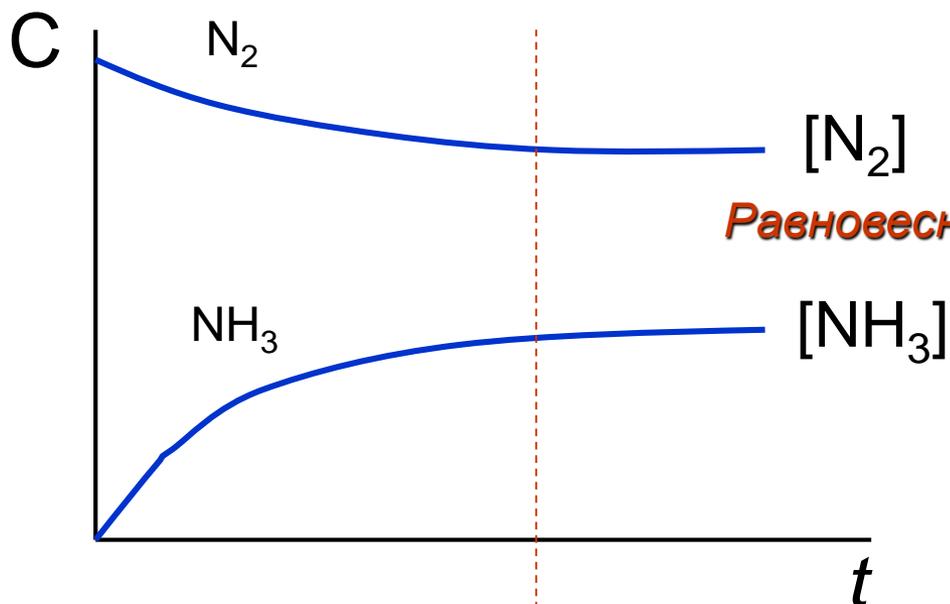
*равно-
весе*

$[\text{N}_2] = 1,53$ моль/л; $[\text{H}_2] = 4,59$ моль/л; $[\text{NH}_3] = 0,94$ моль/л

$$\eta = 0,94/4 = 0,235 \text{ (23,5 \%)}$$

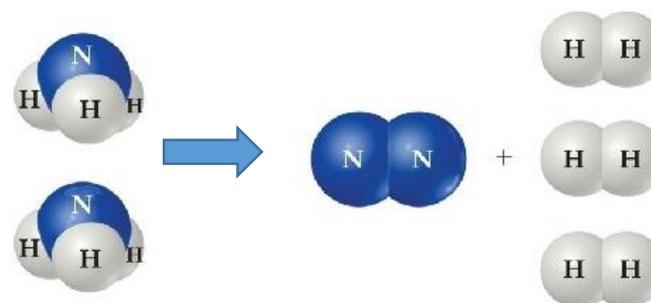
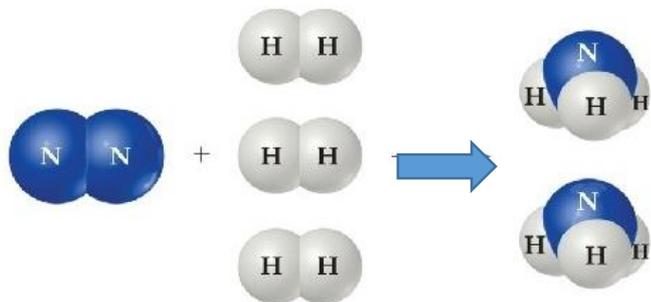
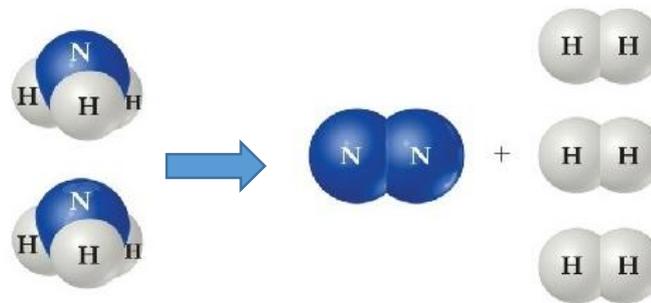
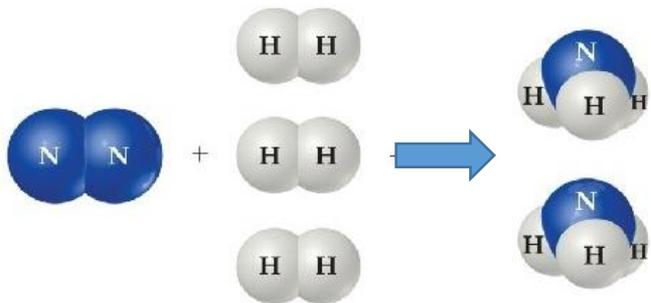


К понятию химического равновесия

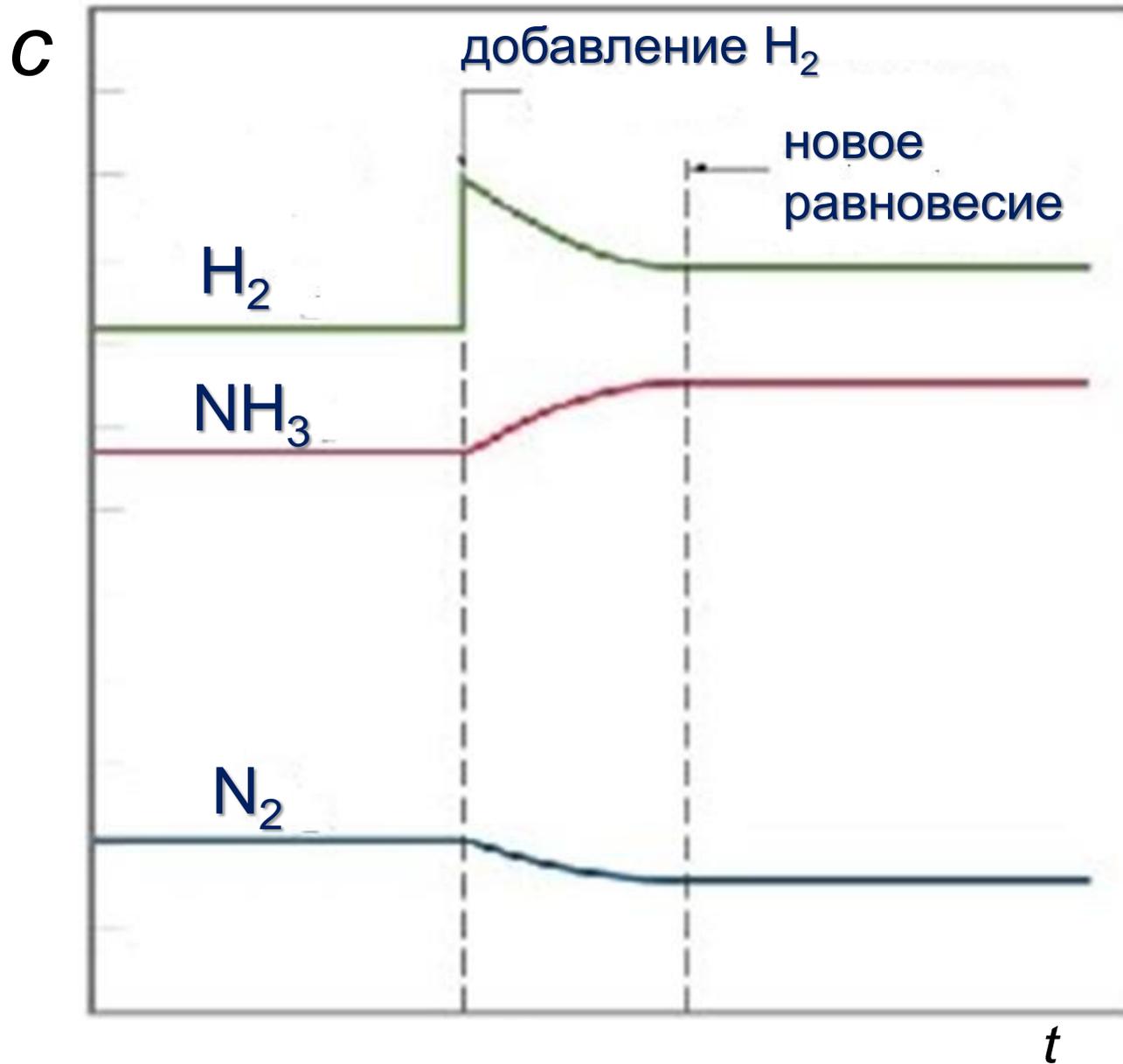


$$\vec{V} = \vec{V}$$

Динамический характер равновесия



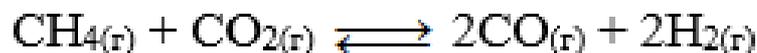
Смещение равновесия



Задание 23

Пример 1

В реактор постоянного объёма поместили некоторое количество метана и углекислого газа. В результате протекания обратимой реакции



в реакционной системе установилось химическое равновесие.

Используя данные, приведённые в таблице, определите исходную концентрацию CH_4 (X) и равновесную концентрацию H_2 (Y).

Реагент	CH_4	CO_2	H_2
Исходная концентрация, (моль/л)		0,5	
Равновесная концентрация, (моль/л)	0,1	0,2	

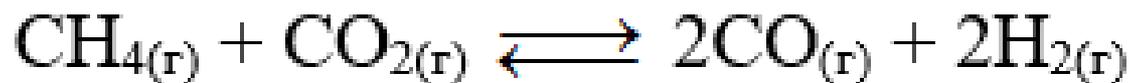
Выберите из списка номера правильных ответов.

- 1) 0,1 моль/л
- 2) 0,2 моль/л
- 3) 0,3 моль/л
- 4) 0,4 моль/л
- 5) 0,5 моль/л
- 6) 0,6 моль/л

Задание 23



Решение

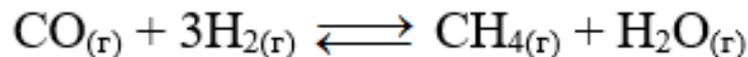


	CH_4	CO_2	H_2
Исходные конц. $C_{\text{исх}}$, моль/л	x 0,4	0,5	0
Прореагировало/ образовалось	0,3	0,3	0,6
Равновесные конц. []	0,1	0,2	y 0,6

Задание 23

Пример 2

В реактор постоянного объёма поместили некоторое количество оксида углерода(II) и водорода. В результате протекания обратимой реакции



в реакционной системе установилось химическое равновесие.

Используя данные, приведённые в таблице, определите исходную концентрацию CO (X) и равновесную концентрацию H₂ (Y).

Реагент	CO	H ₂	CH ₄	H ₂ O
Исходная концентрация, (моль/л)		1,2		
Равновесная концентрация, (моль/л)	0,2		0,3	0,3

Выберите из списка номера правильных ответов.

- 1) 0,1 моль/л
- 2) 0,2 моль/л
- 3) 0,3 моль/л
- 4) 0,4 моль/л
- 5) 0,5 моль/л
- 6) 0,6 моль/л

Задание 23

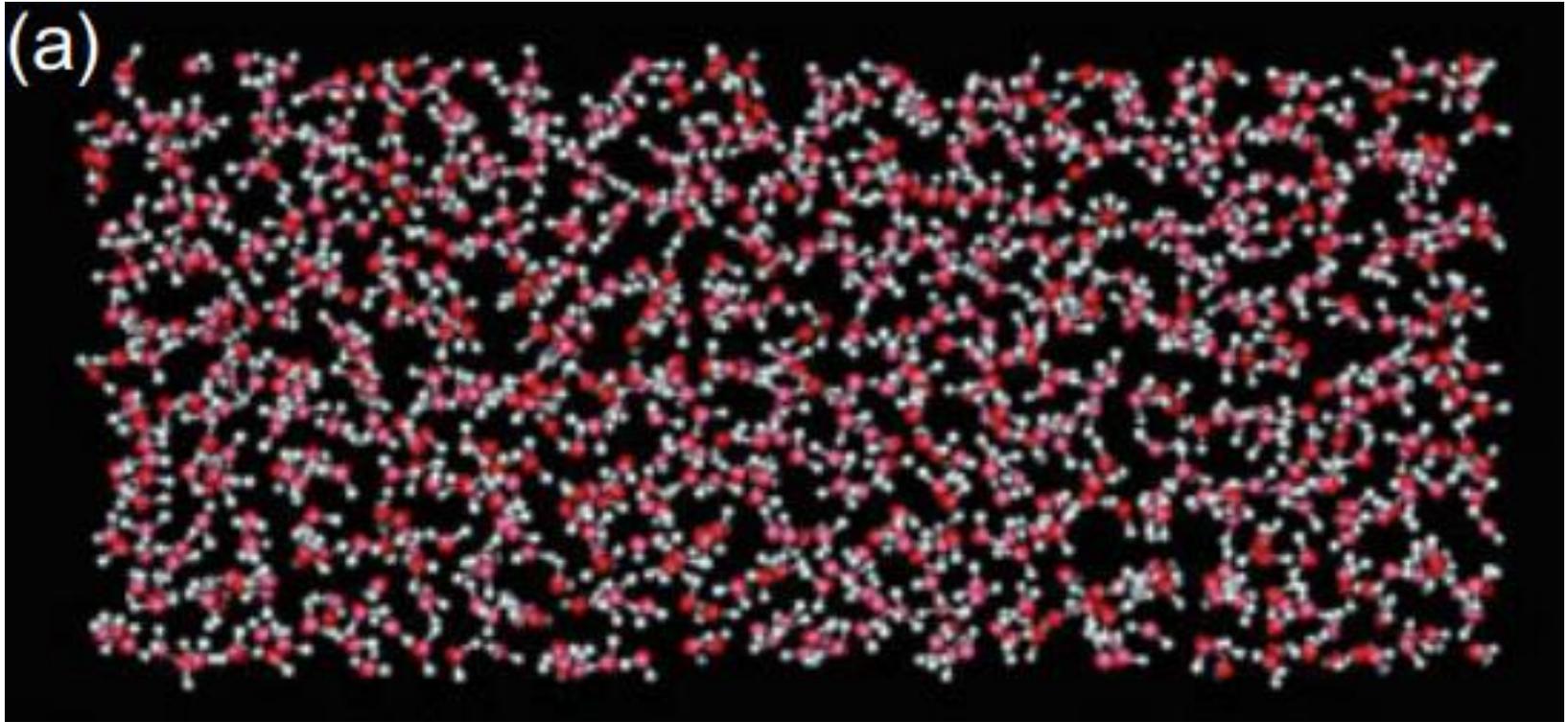


Решение

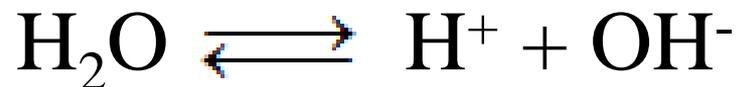


	CO	H ₂	CH ₄	H ₂ O
C _{исх} , моль/л	x 0,5	1,2	0	0
Прореагир./ образов.	0,3	0,9	0,3	0,3
Равновесные конц. []	0,2	y 0,3	0,3	0,3

Задание 21. Необходимый минимум знаний о pH



Структура чистой воды. Показано 870 молекул H_2O



Задание 21. Необходимый минимум знаний о pH

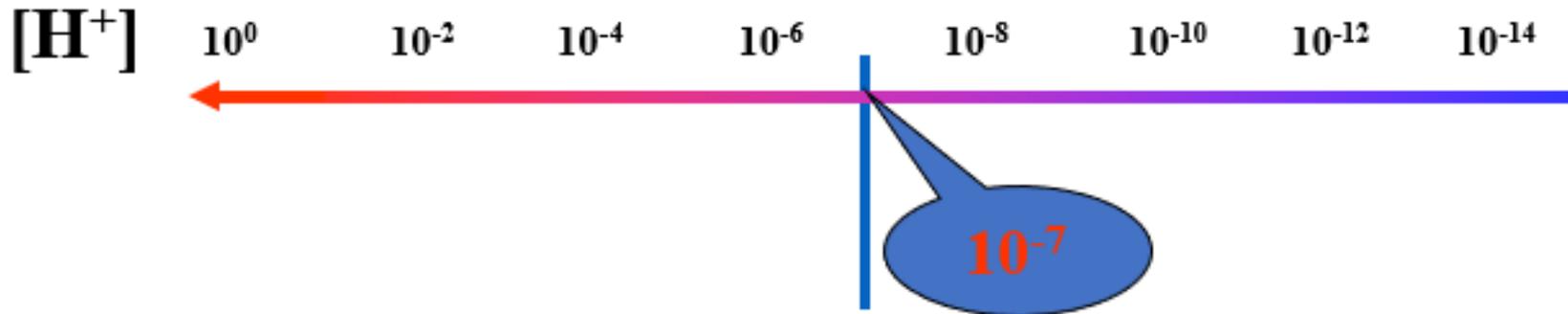


	Добавим кислоту	Чистая вода	Добавим щелочь
$[\text{H}^+]$, моль/л	10^{-3}	10^{-7}	10^{-11}
$[\text{OH}^-]$, моль/л	10^{-11}	10^{-7}	10^{-3}
pH	3	7	11

Водородный показатель

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$$

Необходимый минимум знаний о pH



$$pH = -\lg [H^+]$$



Необходимый минимум знаний о pH



Кислотная

pH < 7



Щелочная

pH > 7

Нейтральная

Значения pH растворов некоторых кислот, солей и щелочей с концентрацией 0,1 моль/л



<i>HCl</i>	1,0
<i>CH₃COOH</i>	2,9
<i>AlCl₃</i>	3,0
<i>NaCl</i>	7,0
<i>Na₂CO₃</i>	11,6
<i>NaOH</i>	13,0

Примерные значения pH некоторых жидкостей



Жидкость	pH
<i>Желудочный сок</i>	1,5-2,0
<i>Лимонный сок</i>	2,5
<i>Борщ</i>	4,5
<i>Дождевая вода</i>	5,0-6,0
<i>Слюна</i>	6,5-7,5
<i>Дистиллированная вода</i>	7,0
<i>Слеза</i>	7,0-7,7
<i>Плазма крови</i>	7,4
<i>Морская вода</i>	7,5
<i>Мыльный раствор</i>	9,0-9,5
<i>Раствор кальцинированной соды</i>	11,5

Задание 21, пример 1



Для выполнения задания 21 используйте следующие справочные данные.

Концентрация (молярная, моль/л) – показывает отношение количества растворенного вещества (n) к объёму раствора (V).

pH («пэ аш») – водородный показатель; величина, которая отражает концентрацию ионов водорода в растворе и используется для характеристики кислотности среды.

Шкала pH водных растворов электролитов



Для веществ, приведённых в перечне, определите среду их водных растворов.

- 1) Na_2SO_4
- 2) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$
- 3) K_2SO_3
- 4) HClO_3

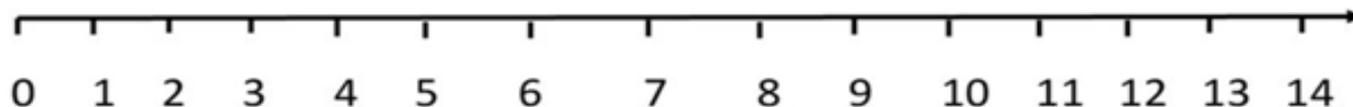
Запишите номера веществ в порядке возрастания значения pH их водных растворов, учитывая, что концентрации всех растворов (моль/л) одинаковы.

Ответ: → → →

Возможный подход к выполнению задания



pH



сильно
кислая

слабо
кислая

нейтральная

слабо
щелочная

сильно
щелочная

4



2



1



3



Запишите номера веществ в порядке возрастания значения pH их водных растворов.

Ответ: → → →

Задание 21, пример 2

Для выполнения задания 21 используйте следующие справочные данные.

Концентрация (молярная, моль/л) – показывает отношение количества растворенного вещества (n) к объёму раствора (V).

pH («пэ аш») – водородный показатель; величина, которая отражает концентрацию ионов водорода в растворе и используется для характеристики кислотности среды.



Для веществ, приведенных в перечне, определите характер среды их водных растворов.

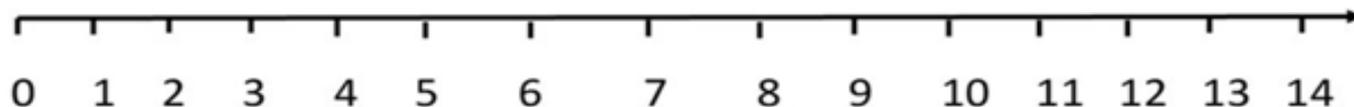
- 1) H_2S
- 2) $NaNO_2$
- 3) $Ca(NO_3)_2$
- 4) HBr

Запишите номера веществ в порядке возрастания значений pH их водных растворов, учитывая, что концентрация всех растворов (моль/л) одинакова.

Возможный подход к выполнению задания



pH



↓

0-3	4-6	7	8-10	11-14
сильно кислая	слабо кислая	нейтральная	слабо щелочная	сильно щелочная

4

HBr

1

H₂S

3

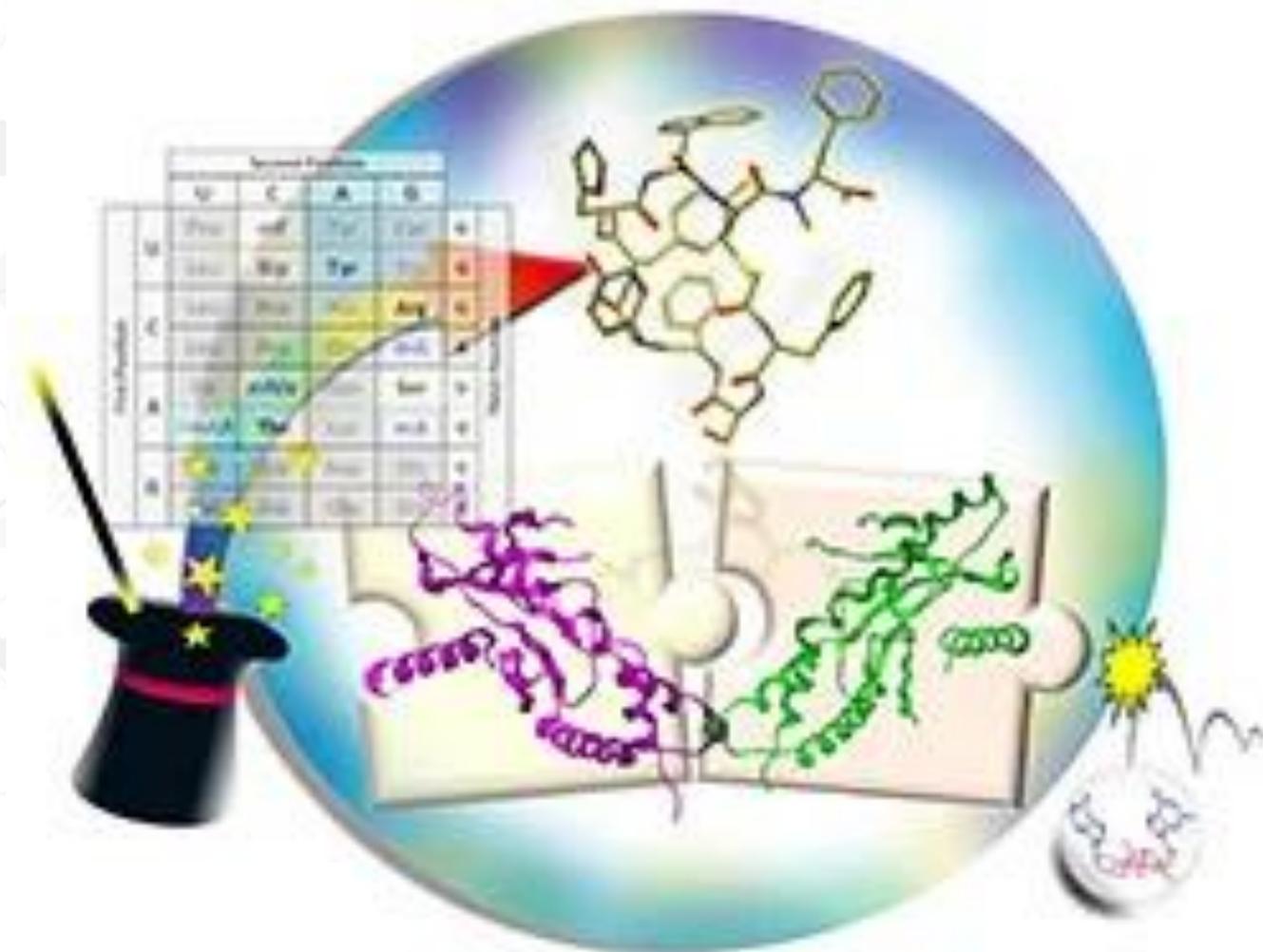
Ca(NO₃)₂

2

NaNO₂

Запишите номера веществ в порядке возрастания значения pH их водных растворов.

Ответ: → → →



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**