

## ЛЕКЦИЯ «ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ»

1. Понятие гидролиз солей
2. Константа и степень гидролиза
3. Типичные случаи гидролиза солей
4. Роль гидролиза

<b>1. Понятие гидролиз солей</b>	
<p>Водные растворы солей имеют щелочную, кислую или нейтральную реакцию, хотя в своём составе не содержат ни водородных ионов, ни гидроксид-ионов. Например, водный раствор <math>AlCl_3</math> имеет кислую среду (<math>pH &lt; 7</math>), раствор <math>K_2CO_3</math> – щелочную среду (<math>pH &gt; 7</math>), раствор <math>NaCl</math> – нейтральную (<math>pH = 7</math>). Это объясняется тем, что в водных растворах соли подвергаются гидролизу</p>	
<b>Гидролиз солей</b>	<p>взаимодействие ионов соли с ионами воды, приводящее к образованию слабого электролита.</p> <p>Сущность гидролиза сводится к химическому взаимодействию катионов или анионов соли с гидроксид-ионами или катионами водорода из молекул воды. В результате этого взаимодействия образуется малодиссоциирующее соединение (слабый электролит). Химическое равновесие процесса диссоциации воды смещается вправо: <math>H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-</math>. Поэтому в водном растворе соли появляется избыток свободных ионов <math>H^+</math> или <math>OH^-</math>, и раствор соли показывает кислую или щелочную среду.</p>
<b>2. Константа и степень гидролиза</b>	
<b>Константа гидролиза</b>	<p>Гидролиз – процесс обратимый для большинства солей:</p> $CH_3COONa + H_2O \leftrightarrow CH_3COOH + NaOH$ $CH_3COONa \leftrightarrow CH_3COO^- + Na^+$ $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$ $CH_3COO^- + H^+ \leftrightarrow CH_3COOH$ <p>суммарно: <math>CH_3COO^- + H_2O \leftrightarrow CH_3COOH + OH^-</math></p> <p>Применив закон действующих масс к данному необратимому процессу получим:</p> $K = \frac{[CH_3COOH] \cdot [OH^-]}{[CH_3COO^-] \cdot [H_2O]}$ <p><math>[H_2O]</math> – в растворе соли постоянна, поэтому величину <math>[H_2O]</math> можно объединить с <math>K</math>:</p> $K \cdot [H_2O] = \frac{[CH_3COOH] \cdot [OH^-]}{[CH_3COO^-]} = K_2,$ <p>где <math>K_2</math> – константа гидролиза, количественная характеристика процесса, зависит от природы соли, т; чем больше значение <math>K_2</math>, тем в большей степени протекает гидролиз</p>

<p><b>Степень гидролиза, <math>h</math></b></p>	<p>это отношение числа гидролизованных молекул соли к общему числу растворённых молекул</p> $h = \frac{n}{N} \cdot 100\%,$ <p>где <math>n</math> – число молекул соли, подвергшихся гидролизу  <math>N</math> – общее число растворённых молекул соли</p> <p>Степень гидролиза зависит от:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) природы соли: чем слабее кислота (основание), которая образуется в результате гидролиза, тем больше степень гидролиза;</li> <li>2) концентрация соли: при разбавлении раствора, т.е. с уменьшением концентрации соли, степень гидролиза увеличивается;</li> <li>3) температуры: при повышении температуры степень гидролиза увеличивается.</li> </ol>
<p><b>3. Типичные случаи гидролиза солей</b></p>	
<p><b>Гидролиз по аниону</b></p>	<p>гидролиз соли, образованной слабой кислотой и сильным основанием (<math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math>, <math>\text{NaCN}</math>, <math>\text{CH}_3\text{COOK}</math>).</p> <p>Анион связывает <math>\text{H}^+</math> молекулы воды, образуя слабый электролит (кислоту).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Если соль образована слабой одноосновной кислотой, то гидролиз идёт в 1 ступень:  <math>\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH}</math> молекулярное уравнение  <small>слабая кислота      сильное основание</small>  <math>\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}^+ + \text{OH}^-</math> полное ионное уравнение  <math>\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-</math> сокращённое ионное уравнение</li> </ol> <p>Среда щелочная, <math>[\text{H}^+] &lt; [\text{OH}^-]</math>; <math>\text{pH} &gt; 7</math>.</p> $K_2 = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$ <ol style="list-style-type: none"> <li>2) Гидролиз солей, образованных слабыми многоосновными кислотами и сильными основаниями, протекает ступенчато, при этом получают кислые соли (<math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math>, <math>\text{K}_3\text{PO}_4</math>).</li> </ol> <p>Так, гидролиз карбоната натрия <math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math> может быть выражен уравнениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 ступень а) молекулярное уравнение гидролиза  <math>\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NaOH}</math></li> <li>б) ионное уравнение гидролиза  <math>2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- + \text{Na}^+ + \text{OH}^-</math></li> <li>в) сокращённое ионное уравнение гидролиза  <math>\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-</math></li> </ol> <p>2 ступень:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) <math>\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}</math></li> </ol>

	<p>б) <math>\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Na}^+ + \text{OH}^-</math>  в) <math>\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-</math></p> <p>Таким образом, при гидролизе солей двух- и многоосновных кислот образуются кислые соли. Гидролиз протекает главным образом по первой ступени. И лишь при сильном разбавлении и нагревании следует учитывать гидролиз образовавшейся кислой соли.</p> <p><math>\text{pH} &gt; 7</math>, растворы проявляют щелочную среду</p>
<p><b>Гидролиз по катиону</b></p>	<p>это гидролиз соли, образованной слабым основанием и сильной кислотой (<math>\text{CuCl}_2</math>, <math>\text{NH}_4\text{Cl}</math>, <math>\text{FeSO}_4</math>).</p> <p>Катион соли связывает гидроксид-ион воды, образуя слабый электролит (основание).</p> <p>1) Если соль образована слабым одноосновным основанием, то гидролиз протекает в 1 ступень:</p> <p><math>\text{NH}_4\text{Cl} + \text{HOH} \leftrightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{HCl}</math>  <small>слабое основание сильная кислота</small></p> <p><math>\text{NH}_4^+ + \text{Cl}^- + \text{HOH} \leftrightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-</math>  <math>\text{NH}_4^+ + \text{HOH} \leftrightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}^+</math></p> <p>Среда кислая <math>[\text{OH}^-] &lt; [\text{H}^+]</math>; <math>\text{pH} &lt; 7</math>.</p> <p>2) Если соль образована слабым многоосновным основанием, то гидролиз соли протекает ступенчато, через стадию образования основных солей (<math>\text{MgSO}_4</math>, <math>\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3</math>, <math>\text{Fe}(\text{NO}_3)_3</math> и т.д.). Например <math>\text{AlCl}_3</math></p> <p>1 ступень:</p> <p>а) <math>\text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{AlOHCl}_2 + \text{HCl}</math>  б) <math>\text{Al}^{3+} + 3\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{AlOH}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^-</math>  а) <math>\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{AlOH}^{2+} + \text{H}^+</math></p> <p>2 ступень:</p> <p>в) <math>\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl} + \text{HCl}</math>  б) <math>\text{AlOH}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Al}(\text{OH})_2^+ + \text{Cl}^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^-</math>  а) <math>\text{AlOH}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Al}(\text{OH})^+ + \text{H}^+</math></p> <p>3 ступень:</p> <p>в) <math>\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HCl}</math>  б) <math>\text{Al}(\text{OH})_2^+ + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}^+ + \text{Cl}^-</math>  а) <math>\text{Al}(\text{OH})_2^+ + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}^+</math></p> <p>Среда кислая <math>[\text{OH}^-] &lt; [\text{H}^+]</math>; <math>\text{pH} &lt; 7</math>.</p> <p>Третья ступень – реакция практически не протекает (ввиду накопления ионов водорода процесс смещается в сторону исходных веществ). Однако разбавление раствора, повышение температуры усиливают гидролиз. В этом случае можно писать уравнения гидролиза и по третьей ступени.</p>

<p><b>Гидролиз по катиону и аниону</b></p>	<p>гидролиз соли, образованной слабой кислотой и слабым основанием. Катион слабого основания связывает <math>\text{OH}^-</math> и образуется слабое основание, анион слабой кислоты связывает <math>\text{H}^+</math> и образуется слабая кислота. Реакция растворов этих солей может быть нейтральной, слабокислой или слабощелочной в зависимости от константы диссоциации слабой кислоты или слабого основания, которые образуются в результате гидролиза.</p> <p>Например,</p> $\text{CH}_3\text{COONH}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_4\text{OH}$ <p style="text-align: center;">слабая кислота      слабое основание</p> $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_4\text{OH}$ <p>Среда близкая к нейтральной <math>[\text{H}^+] \approx [\text{OH}^-]</math>.</p> <p>Гидролиз идет полностью.</p>
<p><b>Гидролизу не подвергаются</b></p>	<p>соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой, т.к. образуются в растворе сильное основание и сильная кислота.</p> <p>Например: <math>\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NaOH} + \text{HCl}</math></p> $\text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ <p>Среда нейтральная <math>[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]</math></p>
<p><b>4. Роль гидролиза</b></p>	<p>Гидролиз в широком смысле – это реакция обменного разложения между различными веществами и водой. Такое определение охватывает и гидролиз органических соединений – сложных эфиров, жиров, углеводов, белков, и гидролиз неорганических веществ – солей, карбидов, галогенов, галогенидов металлов и т. д.</p> <p>В больших масштабах осуществляется гидролиз древесины. Растущая быстрыми темпами гидролизная промышленность вырабатывает из непищевого сырья (древесины, хлопковой шелухи, подсолнечной лузги, соломы, кукурузной кочерыжки) ряд ценных продуктов: этиловый спирт, белковые дрожжи, глюкозу, твердый оксид углерода (IV), фурфурол, скипидар, метиловый спирт, лигнин и многие другие.</p> <p>В результате гидролиза минералов – алюмосиликатов – происходит разрушение горных пород. Гидролиз солей (например, <math>\text{Na}_3\text{PO}_4</math>, <math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math>) применяют для очистки воды и уменьшения ее жесткости. На процессе гидролиза основаны важные химические производства: гидролиз древесины, осахаривание крахмала, получение мыла и многие другие. В живых организмах протекает гидролиз полисахаридов, белков и других органических соединений.</p>