

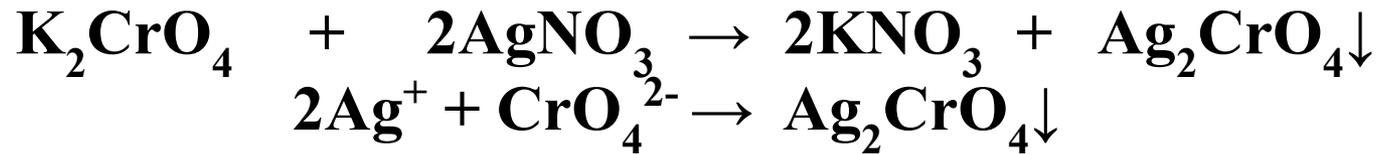
# **ГЕТЕРОГЕННЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕССЫ**

**Гетерогенные явления и процессы происходят на поверхности раздела фаз.**

**Теория гетерогенных явлений в растворах электролитов позволяет понять сущность процессов образования и растворения осадков в условиях живых систем, например:**

- 1. формирование неорганического вещества костной ткани и зубов;**
- 2. образование кальциевого буфера и его действие;**
- 3. физико - химические механизмы возникновения таких болезней как рахит, подагра, мочекаменная и т.д.**
- 4. обоснование некоторых терапевтических и диагностических подходов.**

К гетерогенным равновесиям относятся реакции осаждения нерастворимых электролитов, относящиеся к реакциям ионного обмена. **Переносимая в них частица- ион.** Например, для реакции:



Через некоторое время устанавливается равновесие - сколько ионов переходит в осадок, столько же переходит в раствор. Р-р находящийся над осадком при этом называется насыщенным. Т.е.

**Гетерогенное равновесие** наступает, когда

$v_{\text{раств}} = v_{\text{осажд}}$  и записывается оно:



Количественно равновесие описывается  
**константой равновесия:**

**$K_p = \frac{[Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}]}{[Ag_2CrO_4]}$**  знаменатель почти не  
изменяется, поэтому можно  
считать его постоянной величиной и записать:

$$K_p \cdot [Ag_2CrO_4] = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}]$$

$$K_s = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}]$$

константа  
растворимости

Пс.и.  
произведение концентрации  
ионов с учетом индексов этих  
ионов в молекуле нераст. эл-та

Если  $K_s = \text{Пс.и.}$  то установилось гетерогенное **равновесие**

Пусть  $[\text{CrO}_4^{2-}] = s$ , тогда  $[\text{Ag}^+] = s^2$ , а  $K_s = s \cdot s^2 = s^3$ ,

отсюда  $s = \sqrt[3]{K_s(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}$  моль/л.

В общем виде  $s = \sqrt[n]{K_s}$

где  $n$  -зависит от числа ионов образуемых солью

$s$  - это **минимальная** концентрация ионов достаточная для того, чтобы началось выпадение осадка при данной температуре.

# Условия

**образования осадка**

**растворения осадка**

<b>1. понижение температуры</b>	<b>1. повышение температуры</b>
<b>2. <math>P_{c.и} &gt; K_s</math></b>	<b>2. <math>P_{c.и} &lt; K_s</math></b>
<b>3. Добавление одноименного иона, т.е. увеличение концентрации ионов, входящих в состав осадка. Это приводит к увеличению скорости осаждения.</b>	<b>3. Добавление вещ-ва, связывающего один из ионов участвующего в гетерогенном равновесии в стойкое, хорошо растворимое, напр., комплексное соединение при Условии, что <math>K_H &gt; K_s</math></b>

На гетерогенное равновесие можно оказывать воздействие смещая его в сторону растворения или осаждения.

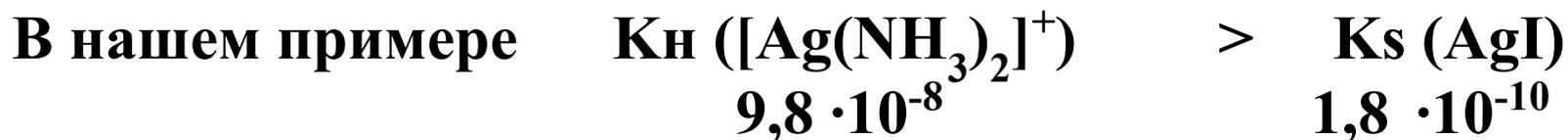
Например идет реакция  $\text{AgNO}_3 + \text{NaI} = \text{NaNO}_3 + \text{AgI}$



его можно сместить вправо добавив  $\text{NH}_4\text{OH}$ , так как пойдет реакция  $2\text{NH}_4\text{OH} + \text{Ag}^+ \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + 2\text{H}_2\text{O}$

в результате которой конц-ция  $\text{Ag}^+$  в растворе уменьшится, соответственно уменьшится скорость обратной реакции (осаждения) и увеличится скорость прямой р-ции (раствор-я).

Чтобы вышеуказанное происходило, необходимо условие:  
 $K_n > K_s$



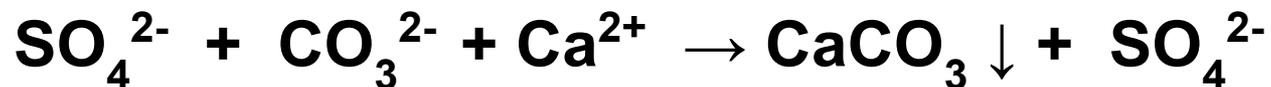
## **СОВМЕЩЕННЫЕ ГЕТЕРОГЕННЫЕ РАВНОВЕСИЯ И КОНКУРИРУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ**

**В реальных системах, в том числе живых, редко встречаются изолированные гетерогенные равновесия: присутствие в биожидкостях большого числа ионов приводит к тому, что одновременно могут образовываться несколько малорастворимых электролитов.**

**Например:**

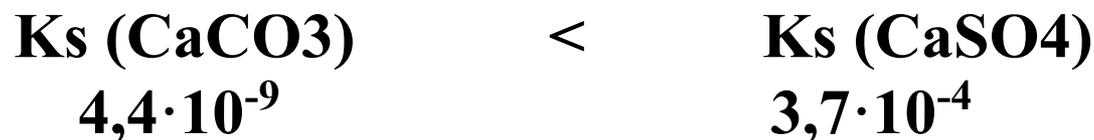
## 1. Конкуренция за катион.

Если в системе одновременно присутствуют ионы



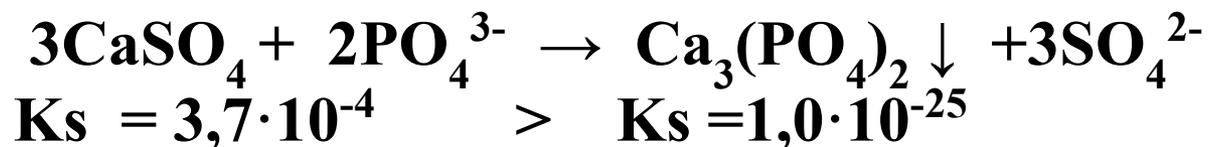
в равных концентрациях

Образуется тот из двух возможных осадков, у которого константа растворимости меньше:



менее растворимое

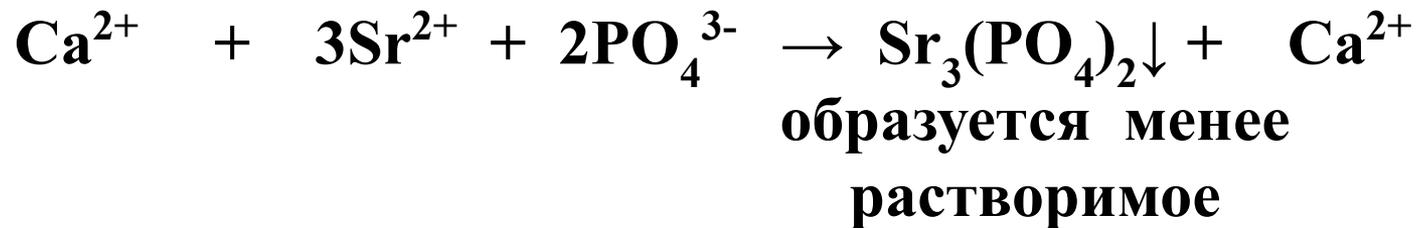
Конкуренция может идти и по другому, когда катион из более растворимой соли переходит в менее растворимую:



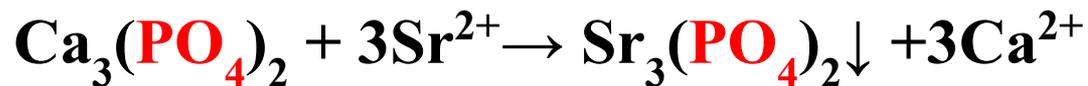
менее растворимое  
соединение

## 2. Конкуренция за анион.

Если в системе одновременно присутствуют ионы



В организме этот же процесс идет по другому - анион из более растворимой соли переходит в менее растворимую:



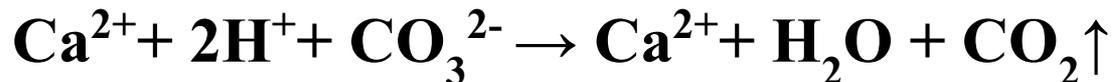
**Этот патологический процесс идет в организме при облучении и приводит к размягчению костей. Особенно опасно замещение ионов  $\text{Ca}^{2+}$  ионами радионуклида стронция -90, который включаясь в костную ткань становится внутренним источником облучения организма, что приводит к развитию онкозаболеваний (лейкемия, саркома).**

**Кроме солей стронция, в организме могут осаждаться соли бария, бериллия (очень токсичные, приводящие к бериллиозу - берилиевому рахиту, размягчению костной ткани).**

Явление замещения частиц одного компонента в узлах кристаллической решетки частицами другого компонента называется **изоморфизмом**.

На изоморфизме основаны многие явления в организме.

Растворимость солей слабых кислот ( $\text{H}_2\text{CO}_3, \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \dots$ ) зависит от pH, т.к. может идти конкуренция между катионом металла и  $\text{H}^+$  за анион



здесь имеет место совмещение **гетерогенного** и **протолитического** процессов.

С увеличением кислотности ( $\text{pH} \rightarrow 0$ ) растворимость солей слабых кислот увеличивается, и чем слабее кислота тем лучше идет растворение, и тем меньше ионов водорода для этого нужно.

## ГЕТЕРОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОРГАНИЗМЕ

*1. Образование костной ткани (оссификация) – начинается в утробе матери.*

Костная ткань состоит из

**органического** вещества

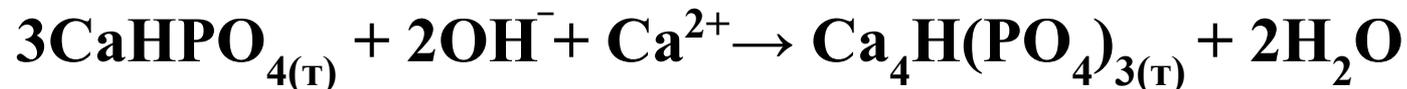
коллагена (белка)

**неорганического** вещества

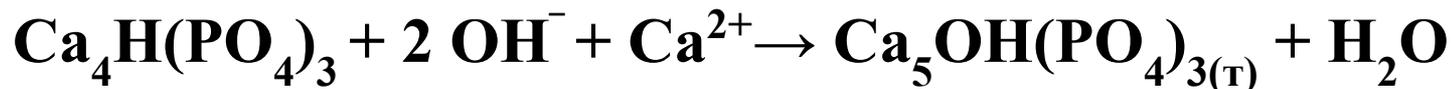


При этом идут реакции :

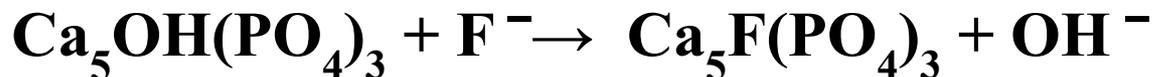
а) накопление **водородофосфатов**:



б) образование **гидроксофосфатов**:



Весь процесс сводится к образованию **менее**  
растворимых солей из более растворимых:



**В костях содержатся и другие компоненты:**

- 1.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , который с возрастом в организме накапливается ;**
- 2. катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ...**

**Все они пропитывают коллаген - идет так называемая **импрегнация** коллагена - плотность которого при этом повышается приблизительно на 25%.**

**2. *Образование зубной ткани*- более прочной, содержащей менее растворимые соединения - идет по реакции**



**соль более  
раств-мая**

**соль менее  
раств-мая**

3. При увеличении концентрации ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , уратов (солей мочевой кислоты) они могут:

а) **депонироваться** (накапливаться) в костях и при этом происходит отложение солей. В старости на утончающихся стенках артерий происходит образование  $\text{CaCO}_3$  - организм как бы ремонтирует поврежденные стенки артерий путем **обызвествления**, а процесс называется **кальцинозом** или **атеросклерозом**.

б) **выводиться** через желудочно - кишечный тракт в виде каловых камней;

в) **выводиться** через мочевыводящую систему, при этом кровь, содержащая эти ионы фильтруется через почки и очищается. При этом концентрация ионов в почках, печени и мочевом пузыре повышается, что может привести к моче-, почечно -, или желчно- каменным болезням.

4. Поддержание концентрации  $\text{Ca}^{2+}$  на постоянном уровне обеспечивает костная ткань (депо  $\text{Ca}^{2+}$ ) и плазма крови, содержащая кальциевый буфер.

В организме человека **костная поверхность** имеет площадь около **2-х тысяч** квадратных километров.

При кальций- дефицитных состояниях происходит переход  $\text{Ca}^{2+}$  из костной ткани в тканевые жидкости.

Это наблюдается в организме беременной женщины, так как часть  $\text{Ca}^{2+}$  материнского организма расходуется на построение скелета плода.

Это является причиной разрушения зубов во время беременности (можно предотвратить правильно питаясь).

Поверхность зубов контактирует с большим количеством жидкости, что способствует их разрушению .

Повышение же концентрации  $\text{Ca}^{2+}$  в слюне, наоборот , снижает растворимость  $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$  и является стабилизирующим физико - химическим фактором.

**Нарушение кальциевого обмена может привести к :**

**а) гипокальцемии**, которая затем может привести к рахиту, размягчению костной ткани, понижению нервно-мышечной проводимости, к судорогам и спазмам;

**б) гиперкальцемии** - последствием которой может быть подагра, повышение нервно - мышечной проводимости и как результат - кома.

**Гетерогенные процессы в организме протекают очень сложно с участием многих веществ, в том числе витаминов, гормонов и т.д.**