

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

**ТОШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ

Учебник

**Область знаний: 900000 - Здравоохранение и
социальное обеспечение**

Область образования: 910000 - Здравоохранение

**Направление образования: 60910600 – Высшее
сестринское дело**

Ташкент 2026

Составители:

Н.Т. Алимходжаева – к.х.н., доцент кафедры медицинской и биологической химии, медицинской биологии, биофизики и медицинской информатики Ташкентского государственного медицинского университета.

Н.М. Юлдашев – д.м.н., профессор кафедры медицинской и биологической химии, медицинской биологии, биофизики и медицинской информатики Ташкентского государственного медицинского университета.

Н.М. Азизова – к.б.н. ассистент кафедры медицинской и биологической химии, медицинской биологии, биофизики и медицинской информатики Ташкентского государственного медицинского университета.

У.Э.Алиев – к.х.н., доцент кафедры неорганической, аналитической, физической и коллоидной химии, института фармацевтического образования и исследований.

Рецензенты:

Н.С.Нормахматов – проректор по науке и инновациям Ташкентского фармацевтического института, доктор химических наук.

М.Т. Абдуллаева – доцент 1-й кафедры медицинской и биологической химии Ташкентского государственного технического университета.

Данный учебник составлен согласно новой программы преподавания предмета “Медицинская химия” для студентов факультета “Высшее сестринское дело” медицинских ВУЗов.

В учебнике приводятся основные законы и понятия по курсу бионеорганической, аналитической, физической, биоорганической химии и их взаимосвязь с медициной. Особое внимание уделяется значению отдельных разделов этих курсов в медицинской практике. Учебник составлен в соответствии с новой программой преподавания курса «Медицинская химия» для студентов факультета “Высшее сестринское дело” медицинских институтов. При подготовке учебника авторы использовали современную зарубежную литературу.

***"Медик без довольного познания химии
совершенен быть не может".***

ПРЕДИСЛОВИЕ

Медицинская химия (англ. *Medicinal chemistry*) в системе медицинского образования занимает достаточно важное место. Многие разделы современной медицинской химии возникли на стыке медицины, неорганической, аналитической, физической и органической химии.

Медицинская химия изучает химические основы процессов жизнедеятельности живого организма, строение и реакционную способность важнейших биологически активных молекул, которые подчиняются основным химическим закономерностям.

Медицинская химия находится в тесной родственной связи с такими медико - биологическими дисциплинами как биохимия, молекулярная биология, физиология, фармакология и клиническими дисциплинами – клиническая биохимия, терапия, анестезиология, токсикология, физиотерапия и др..

Учебник «Медицинская химия» состоит из разделов:

- *бионеорганическая химия;*
- *физическая химия;*
- *биоорганическая химия*

Однако четких границ между этими разделами не существует.

В учебнике расширен круг соединений и реакций, имеющих важное значение в медицинской практике. Наиболее важные классы органических соединений классифицированы и выделены их основные химические и медико-биологические свойства.

Настоящий учебник составлен в помощь студентам медицинских институтов, изучающим «Медицинскую химию». Учебник составлен в соответствии с программой преподавания курса «Медицинская химия» для студентов факультета «Высшее сестринское дело» при медицинских ВУЗах. .

При написании учебника особое внимание уделено медицинскому уклону преподавания общей химии. Авторы будут благодарны читателям за замечания и предложения по содержанию.

1

РАЗДЕЛ 1. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

1.1. Химия биогенных элементов

1.1.1. Классификация биогенных элементов

Одним из разделов бионеорганической химии является химия биогенных элементов, изучающая поведение химических элементов в биологических системах. Химические элементы, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма в той или иной форме входящие в состав биомассы и выполняющие в ней определенные жизненные функции, называются **биогенными элементами**.

К важнейшим биогенным элементам относятся:

- шесть неметаллов органоенов — водород, кислород, азот, углерод, фосфор, сера;
- десять биометаллов (металлов жизни) — натрий, калий, магний, кальций, железо, кобальт, медь, цинк, марганец и молибден.

Шесть элементов: водород, кислород, азот, углерод, фосфор и сера синтезируются в организме в результате его жизнедеятельности. В процессе обмена веществ (метаболизме), кроме вышеуказанных биометаллов, участвуют хлор, фтор бор, кремний, ванадий, хром, никель, йод, бром, др.

По степени важности для жизнедеятельности организма биогенные элементы можно разделить на три группы:

- *элементы, составляющие основу живых организмов, и элементы, дефицит которых приводит к патологическим состояниям.* К ним относятся: H, O, N, C, P, S, F, Cl, I, Se, Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Cr, V, Cu, Zn, Mo, Ti, B, Si;
- *элементы, не являющиеся биогенными, но входящие в состав лекарственных препаратов:* Ag, Au, Al, Pb, Sb, Bi, Pt.

- элементы, в настоящее время не входящие в состав лекарственных препаратов.

В настоящее время известно более 118 химических элементов, из них 92 элемента встречаются в природе. Более 78 элементов входят в состав биологических систем.



18 элементов выполняют наиболее важную функцию в организме. Из них 6 элементов *органогенов* (Н, С, О, Р, S, N) входят в состав белков, нуклеиновых кислот и составляют основу жизнедеятельности организма. Их называют элементами жизни или

2 «китами химии».

Остальные 12 элементов (Na, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Mo, Cl, I) также участвуют в жизнедеятельности организма, из них 10 металлов называют *биометаллами* или металлами жизни. Эти элементы отличаются друг от друга как строением атомов и химическими свойствами, так и количественным содержанием их в организме.

Элементы с четными порядковыми номерами составляют более 85%, с нечетными – 15% массы организма. В процессе жизнедеятельности растительные и животные организмы усваивают, накапливают и используют различные химические элементы.

На содержание химических элементов в организме влияют следующие факторы:

- распространенность элементов в земной коре;
- агрегатное состояние их природных соединений;
- растворимость природных соединений элементов в воде и др.

В организм человека химические элементы попадают из окружающей среды – воздуха, почвы, природных вод и т.д. В

состав живых организмов в больших количествах входят только те элементы, которые наиболее распространены в земной коре (кислород 47,2%, углерод, водород, азот, кальций, магний, натрий, фосфор, сера, хлор).

Классификация биогенных элементов проводится по следующим признакам:

По электронному строению атома:

- **биогенные s – элементы:** H, Li, Na, K, Mg, Ca, и др.
- **биогенные p – элементы:** O, C, S, Cl, P, B и др.
- **биогенные d – элементы:** Mn, Fe, Zn, Co, Cu, Ni и др.

В зависимости от количества биогенных элементов в организме различают:

Макробиогенные элементы – общее содержание в организме более 10^{-3} %масс). Это неметаллы – органогены и хлор, а также биометаллы s-блока: O, C, H, N, S, P, Cl, Ca, Na, K, Mg и др.

Микробиогенные элементы – содержание в организме (10^{-3} – 10^{-5} %масс). Это биометаллы d-блока: Mn, Co, Cu, Mo, Zn, Ni, Cr а также p – элементы F, I, Br, Si, B и др.

Ультрамикробиогенные элементы – содержание в организме менее 10^{-5} %. Это Au, Se, Ag и др.

Основные
элементы

Макроэлементы

Микроэлементы

1																	18		
Group 1A																	Group 8A		
1	H																	He	
2	Li	Be																	
3	Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Group 1A	Group 2A												Group 3A	Group 4A	Group 5A	Group 6A	Group 7A	Group 8A	
1	H	He											B	C	N	O	F	Ne	
2	Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
3	Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn		Fl		Lv			

Рисунок 1.1.1.1. Основные, макро- и микроэлементы

По значению выполняемой в организме функции различают:

- **элементы, необходимые для жизнедеятельности организма,** недостаток которых в организме приводит к

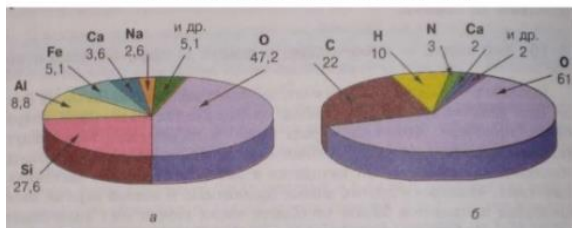
серьезным патологиям. Это все макробиогенные и некоторые микробиоген-ные элементы.

- *элементы, которые могут иметь жизненно важное значение.* К ним относятся элементы, которые имеются в биоло-гических системах, но их участие в биохимических процессах еще не изучены до конца. К ним относятся Cr, Ni, Cd и др.

- *элементы, биологическое значение которых еще не выявлено.* Они встречаются в организме, но в каких органах и тканях пока не изучено. К ним относятся Tl, In, La, Te, W и др.

В земной коре преобладают металлы, а в живых организмах — неметаллы.

Распространение элементов в
земной коре(а) и
в организме человека (б)



Современная медицина широко исследует взаимосвязь между содержанием химических элементов в организме и развитием различных заболеваний. Оказалось, что

особенно чутко организм реагирует на изменение концентраций микроэлементов. Так при развитии гипертонической болезни в крови и эритроцитах более, чем в 2 раза уменьшается содержание лития, при инфаркте миокарда в плазме крови снижается содержание ионов Zn^{2+} . Проявления истинного дефицита микроэлементов для человека доказаны для железа, меди, цинка, марганца, хрома, молибдена и кобальта, а также фтора, йода и селена. В большинстве случаев это связано с особенностями биогеохимических провинций. Например, Узбекистан характеризуется низким содержанием йода, что приводит к массовым случаям заболевания щитовидной железы (эндемический зоб). При недостаточном поступлении элемента в организм наносится

существенный ущерб росту и развитию организма. Это объясняется снижением активности ферментов, в состав которых входит элемент. Постоянство содержания необходимых элементов вероятнее всего определяется эффективными механизмами гомеостаза. В живом организме не только присутствуют все элементы, но каждый из них выполняет какуюто функцию.

1.1.2. Распределение биогенных элементов (топография) в организме

Органы и ткани человека по-разному концентрируют в себе различные химические элементы. Большинство микроэлементов накапливаются в печени, костной и мышечной тканях. Некоторые элементы могут концентрироваться в больших количествах в определенных органах. Например, Zn – в поджелудочной железе, I – в щитовидной, F – в эмали зубов; Al, As, V – в волосах и ногтях; Cd, Hg, Mo – в почках; Ba – в пигментной сетчатке глаза; Br, Mn, Cr – в гипофизе и т.д. Количественное содержание и биологическая роль химических элементов обратно пропорциональна их порядковым



номерам. Поэтому основу организма человека составляют элементы первых четырех периодов периодической системы.

Рисунок 1.1.3.1. Содержание биогенных элементов в организме человека

В основном это р-элементы (C, O, N, P, S, Cl) и s-элементы (H, Na, K, Ca, Mg).

Большинство металлов жизни – d-элементы 4 периода (Fe, Co, Cu,

Mn, Zn, V). Исключением являются d-элемент Mo и p-элемент I, которые расположены в 5 периоде. Элементы 5, 6 и 7 периодов чужеродны и очень токсичны для организма (Hg, Ag, Cd, Sr, Ba, Tl, Pb, Sn).

Установлена связь между положением химических элементов в периодической системе и их биологической ролью:

- *элементы IA группы* – влияют на деятельность сердечной мышцы и кровообращения;
- *элементы IIA группы* – оказывают влияние на процессы образования костей, действие гормона инсулина;
- *элементы VA группы* – участвуют в процессах окислительного распада веществ в организме;
- *элементы VIA группы* – способны к взаимному замещению в биологических соединениях.

Органы человека не одинаково концентрируют в себе различные химические элементы. Большинство микроэлементов накапливается в печени, костной и мышечной тканях.

Микроэлементы в организме могут находиться в связанном состоянии и в виде свободных ионных форм. Известно, что кремний, алюминий, медь и титан в тканях головного мозга находятся в виде комплексов с белками, тогда как марганец – в ионном виде. Некоторые органы способны накапливать определенные биогенные элементы. Такие органы называют *депо*.

Например, печень является основным депо. В печени накапливается около 20 элементов. В поджелудочной железе накапливается Zn, Co, Ni. В надпочечнике накапливается Br, I, Si, Ti, Pb, Cr и Zn.



Зоны действия биогенных элементов в организме

Все химические элементы организма делятся на две группы: *макро- и микроэлементы*. К макроэлементам относятся: кислород, углерод, водород (10,5 %), кальций (1,4 %), магний (0,04 %), натрий (0,26 %), азот, сера, фосфор, хлор. Углерод, водород, кислород, азот, фосфор и сера – это элементы, которые

иногда называют «китами химии», «элементами жизни». Из атомов этих элементов построены не только белки, но и вся природа вокруг нас. К микроэлементам относятся: цинк, йод, кобальт, хром, медь и др. Элементы, концентрация которых в организме меньше, чем микроэлементов относят к группе *следовых* (т.е. в организме обнаружены его следы). Это селен, бор, серебро, золото и др. 15 химических элементов (железо, йод, медь, цинк, кобальт, хром, молибден, никель, ванадий, селен, марганец, мышьяк, кремний, литий) признаны *эссенциальными*, т.е. жизненно необходимыми.

Установлены две зоны действия микроэлементов. Одна из них – *зона биотического действия* – обнаруживается при условии применения микроэлементов в концентрациях, близких к тем, в которых они содержатся в организме при нормальных условиях внешней среды. Для Cu, Zn, Cd, I и некоторых других были установлены концентрации (из расчета на чистый металл) в пределах 0,5-100 мкг/кг. Именно в таких биотических дозах микроэлементы проявляют биологическую активность. Другая зона *токсикофармакологического действия* обнаруживается при применении микроэлементов в количествах, значительно превышающих биотические концентрации. В этом случае микроэлементы преодолевают сопротивление физиологических барьеров путем их «функциональной поломки» и, проникая в больших количествах, вызывают не биотический, а токсический эффект. Т.е., микроэлементы требуются для всех организмов лишь в оптимальных количествах. Длительный дефицит или, напротив, избыток какого-либо элемента ведет к нарушению обмена веществ и заболеваниям, поэтому особое значение приобретает сбалансированность питания по минеральному составу.

1.1.3. Основные функции биогенных элементов

Биологически важные s – элементы



Водород (H) - первый представитель s-элементов I группы Периодической системы Д.И.Менделеева.

Молекулярный водород (H₂) - самая легкая молекула во Вселенной. В отличие от кислорода, существующего как в природе, так и в организме в свободном виде, водород почти полностью находится в виде его соединений (основное соединение водорода - вода).

Водород является самым маленьким антиоксидантом, поэтому он может проникать в мозг и ткани организма, легко преодолевая физиологический барьер между кровеносной системой и центральной нервной системой. Водород способен проникать через клеточные мембраны и ликвидировать токсичные радикалы внутри клеток.

Водород - самый распространенный элемент в нашей вселенной, его доля в земной коре составляет около 99 % по массе и во вселенной 92 % по числу атомов.

В организме человека массой 70 кг содержится 7кг водорода, в костной ткани – 5,2 %; в мышечной ткани – 9,3 % на килограмм сухой массы ткани.



Биологическая роль:
водород принимает участие в важных процессах:

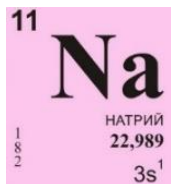
- входит в состав воды, которая является жидкой средой организма, составляя 60 % от массы тела; различные ткани отличаются по количеству воды в своем составе: мозг – 81 %, кровь – 80 %, печень – 70 %,

мышцы – 50-75 %, хрящи – 60 %, кости – 30%;

- входит в состав жиров (4,9 %), белков (10 %), углеводов (6,18 %), нуклеиновых кислот и других органических соединений;
- является необходимым реагентом окислительно-восстановительных реакций, источник протонов водорода;
- молекулярный водород мгновенно превращает токсичные гидроксил-радикалы, находящиеся в организме, в воду. Он легко проникает в клетки и нейтрализует цитотоксические кислородные радикалы, защищая тем самым ДНК, РНК и белки от окислительного;
- молекулярный водород является сигнальной молекулой, влияет на межклеточную коммуникацию, метаболизм клеток и

экспрессию генов. Он обладает противовоспалительным, антиаллергическим и антиапоптотическим действиями.

Наиболее полезное в природе применение - это то, что Солнце состоит в основном из водорода, а без Солнца не было бы жизни на Земле. В этом отношении и взгляде на водород он очень оказался полезен для всего живого.



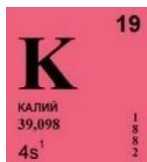
Натрий s- элемент I группы третьего периода Периодической системы Д.И.Менделеева. Это необходимый для нормальной жизнедеятельности организма макроэлемент, один из важнейших элементов, участвующих в минеральном обмене животных и человека. Натрий - основной ион внеклеточной жидкости, в ней содержится 96% от общего количества натрия в организме (90-100г). Нормальная концентрация Na в плазме крови поддерживается с высокой точностью, поскольку последний определяет осмотические свойства плазмы и водный обмен.

В организме человека массой 70кг содержится 100г натрия; в крови – 1970мг/л; в костной ткани – 1,00 %; в мышечной ткани – 0,26-0,78 % на килограмм сухой массы ткани. В высших организмах натрий находится большей частью в межклеточной жидкости (примерно в 15 раз больше чем в цитоплазме клетки).

Биологическая роль: натрий принимает участие в важных процессах:

- участвует в поддержании осмотического давления крови, регулирует кровяное давление;
- регулирует деятельность нервной и мышечной тканей (передача импульса);
- участвует в активном транспорте мембран (K/Na- насос);
- активизирует пищеварительные ферменты;
- нормализует водный баланс;
- соли натрия входят в состав буферных систем крови и способствуют поддержанию постоянства концентрации ионов водорода (pH).

К продуктам, богатым натрием, относятся: поваренная соль, соевый соус, капуста, помидоры, фасоль, горох, мясные консервы, крабы, креветки, раки, морская капуста, молоко, творог, плавленый сыр, куриное яйцо.



Калий s- элемент I группы четвертого периода Периодической системы Д.И.Менделеева. Макроэлемент, является основным внутриклеточным катионом. Ионы калия содержатся во всех клетках и физиологических жидкостях организма в виде солей и сложных органических соединений; Основная часть калия (98%) содержится в цитоплазме в связанном состоянии с белками, углеводами и фосфатами.

В организме человека массой 70кг содержится 140г калия; в крови – 1620мг/л; в костной ткани – 0,21 %; в мышечной ткани – 1,6 %. Во внеклеточном пространстве его в 20-40 раз меньше, чем во внутриклеточной жидкости.

Биологическая роль: калий принимает участие в важных процессах:

- поддерживает осмотическое давление по обеим сторонам клетки.
- регулирует кислотно-щелочное равновесие крови, водно-солевой баланс организма, участвует в углеводном обмене и синтезе белков;
- участвует в передаче мышечного импульса, поддерживает тонус мускулатуры;
- необходим для нормальной работы нервной системы, участвует в передаче нервного импульса, улучшает память;
- участвует в поддержании нормального ритма сокращений сердца, регулирует кровяное давление, действует как иммуномодулятор.

Между ионами K^+ и Na^+ существует антагонизм: действие первого нивелирует действие второго.

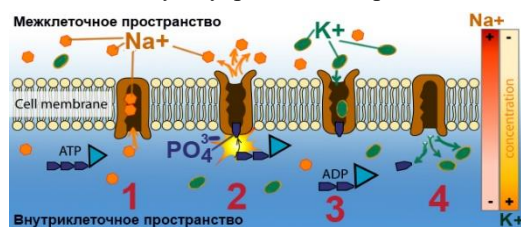
К продуктам, богатым калием, относятся: орехи, морская капуста, мед, листовые овощи, яблоки, сухофрукты, горох, оливы, финики, печеный картофель, бананы, апельсиновый и томатный соки морковь.



Натрий - калиевый насос

Известно, что в условиях физиологического покоя и нормальной температуры внеклеточная среда богата содержанием ионов натрия и бедна содержанием ионов калия. Так, в эритроцитах, мышечных и нервных волокнах ионов калия в 30-50 раз больше, чем в плазме крови, лимфе и межклеточной жидкости, а ионов натрия в цитоплазме этих клеток в 8-10 раз меньше. Объяснить подобное резко асимметричное распределение ионов натрия и калия по обе стороны клеточной мембраны механизмом только пассивного переноса (диффузии) нельзя. В мембране существует специальный «натрий-калиевый насос», участвующий в поддержании ионной асимметрии.

Натрий - калиевый насос - это особый белок, пронизывающий всю толщу мембраны, который в условиях физиологического покоя постоянно накачивает ионы калия внутрь клетки, одновременно выкачивая из нее ионы натрия; при этом перемещение обоих ионов происходит против градиентов их концентраций. Осуществляется это при помощи особых химических «переносчиков», образующихся в мембране в процессе обмена веществ. Они захватывают у внутренней поверхности мембраны ионы натрия и переносят их



на наружную поверхность, где ионы отщепляются и таким образом выводятся наружу из клетки. На наружной же поверхности мембраны к переносчику присоединяются ионы калия, которые и транспортируются на

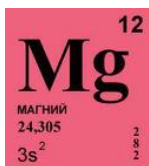
внутреннюю поверхность мембраны, т. е. внутрь клетки.

Рисунок 1.3.4.1.1. Схема натрий- калиевого насоса

Упрощенно принцип действия натрий калиевого насоса можно представить следующим образом:

- с внутренней стороны мембраны к молекуле белка-переносчика поступают АТФ и ионы натрия, а с наружной - ионы калия;
- молекула переносчика осуществляет гидролиз одной молекулы АТФ;
- при участии трех ионов натрия за счет энергии АТФ к переносчику присоединяется остаток фосфорной кислоты (фосфорилирование переносчика); сами эти три иона натрия также присоединяются к переносчику;
- в результате присоединения остатка фосфорной кислоты происходит такое изменение формы молекулы переносчика (конформация), что ионы натрия оказываются по другую сторону мембраны, уже вне клетки;
- три иона натрия выделяются во внешнюю среду, а вместо них с фосфорилированным переносчиком соединяются два иона калия;
- присоединение двух ионов калия вызывает дефосфорилирование переносчика -- отдачу им остатка фосфорной кислоты;
- дефосфорилирование, в свою очередь, вызывает такую конформацию переносчика, что ионы калия оказываются по другую сторону мембраны, внутри клетки;
- ионы калия высвобождаются внутри клетки, и весь процесс повторяется.

Значение натрий-калиевого насоса для жизни каждой клетки и организма в целом определяется тем, что непрерывное откачивание из клетки натрия и нагнетание в нее калия необходимо для осуществления многих жизненно важных процессов: осморегуляции и сохранения клеточного объема, поддержания разности потенциалов по обе стороны мембраны, поддержания электрической активности в нервных и мышечных клетках, для активного транспорта через мембраны других веществ (сахаров, аминокислот). Большие количества калия требуются также для белкового синтеза, гликолиза, фотосинтеза и других процессов. Примерно треть всей АТФ, расходуемой животной клеткой в состоянии покоя, затрачивается именно на поддержание работы натрий-калиевого насоса.



Магний - биогенный s- элемент II группы Периодической системы Д.И.Менделеева, является макроэлементом живого организма. Существует около полутора десятков ферментов, которые активируются ионами Mg^{2+} . Этот элемент участвует в важной реакции превращения системы АДФ в АТФ. В растительном мире велика его роль – он содержится в хлорофилле - около 2% (масс). Магний накапливается в печени, а затем переходит в мышцы и кости. В мышцах он усиливает процессы обмена углеводов, а в костях вместе с кальцием является одним из важнейших веществ.

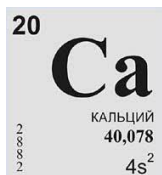
При нарушении магний-кальциевого равновесия весь магний переходит в мышцы и кости, вытесняет из них кальций и вызывает рахит.

В организме человека массой 70кг содержится 19-25г магния; в крови – 37,8мг/л; в костной ткани – $(7-18) \cdot 10^{-2} \%$; в мышечной ткани – $9 \cdot 10^{-2} \%$

Биологическая роль: магний принимает участие в важных процессах:

- является компонентом ряда ферментов, участвующих в углеводном и фосфорном обмене, в поддержании постоянной температуры тела, в образовании белков;
- поддерживает здоровую минеральную структуру костей;
- участвует в проведении импульса от нервов к мышцам;
- активирует ДНКполимеразу;
- стимулирует перистальтику кишечника, способствует желчеотделению и выведению холестерина из кишечника;
- оказывает антиспастическое и сосудорасширяющее действие, понижает артериальное давление, снимает мышечные спазмы, уменьшает менструальные боли.

К продуктам, богатым магнием, относятся: гречишный мед, цитрусовые, злаки и крупы, финики, инжир и другие сухофрукты, овощи, особенно листовые, горох, козье молоко, яичный желток, семечки.



Кальций — это жизненно необходимый макробиогенный s- элемент II группы Периодической системы Д.И.Менделеева. В организме он находится в виде ионов и в связанном состоянии с белками и липидами. Кальций является основным структурным компонентом костей, хрящей и зубов (97-99 % от общего содержания кальция в организме).

-



,мышечная слабость. Кроме того, поскольку рахит размягчает зоны роста на концах костей ребенка, он может приводить к деформациям скелета, таким как:

- Х-образная (вальгусная) или О-образная (варусная) деформация ног;
- утолщение запястий и лодыжек;
- вдавление грудины.

Организм человека нуждается в витамине D для усвоения кальция и фосфора из пищи. Рахит может возникнуть, если ребенок не получает достаточного количества витамина D, или если витамин D не может усваиваться его организмом. Витамин D можно получить из **солнечного света и из пищевых продуктов**. Кожа человека вырабатывает витамин D под воздействием солнечного света.



Из пищевых продуктов рыбий жир и яичные желтки содержат витамин D. В развитых странах этот витамин, также добавляется в некоторые пищевые продукты, такие как молоко, крупы и некоторые фруктовые соки.



ХИМИЯ И ЗДОРОВЬЕ



Остеопороз

Остеопороз – это заболевание, связанное с потерей кальция в костях. Чаще всего оно появляется у женщин, что объясняется, прежде всего, наступлением менопаузы. В этот период наблюдается снижение содержания кальция и прочности костной ткани, в результате чего кости становятся более хрупкими и легко повреждаются. Данным недугом страдают также пожилые люди в возрасте 60-70 лет.



Из-за остеопороза возможны переломы костей бедра, предплечья, а также позвонков в спине. Причинами недуга является уменьшение содержания кальция в костях, а также снижение количества витамина D.

Для профилактики остеопороза следует вести здоровый образ жизни, принимать правильную пищу с достаточным содержанием кальция и других минералов. Кроме того, полезны солнечные ванны для насыщения организма витамином D и умеренная физическая нагрузка.

Биологически важные р-элементы



Углерод – является физиологически активным р- элементом IV группы Периодической системы Д.И.Менделеева. Углерод является основой органического мира всех живых организмов. В организм человека углерод поступает с продуктами питания растительного происхождения, а также с питьевой водой в виде карбонатов и гидрокарбонатов. Из организма он выделяется в основном с выдыхаемым воздухом. Углерод – один из важнейших макробиогенных элементов. Он входит в состав белков (около 52%), молекулы ДНК и РНК (около 37%), ферментов, гормонов, витаминов.

В организме человека массой 70кг содержится 14,7кг углерода (21% массы тела); в костной ткани – 36%; в мышечной ткани– 67% углерода.

Биологическая роль: углерод принимает участие в важных процессах:

- входит в состав белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот, гормонов, ферментов, витаминов и др.;
- гидрокарбонаты калия и натрия входят в состав буферных систем крови и тканей, поддерживающих рН организма.

К продуктам, богатым углеродом, относятся: пищевые продукты (углеводы, белки, жиры, витамины и т.д.) минеральные воды.



Кислород – является биологически активным р- элементом VI группы Периодической системы Д.И.Менделеева. Это один из наиболее жизненно важных макроэлементов. Кислород является важной составной частью углеводов, жиров, белков, всех органов, тканей, биологических жидкостей и др.. В воздухе

содержится 23,15% по массе кислорода.

В организме человека массой 70кг содержится 43,4кг (62% массы тела) кислорода; в костной ткани – 28,5 %; в мышечной ткани – 16,0 % кислорода.

Биологическая роль: кислород принимает участие в важных процессах:

- входит в состав воды, белков (17,9 %), жиров (22,4 %), углеводов (49,38 %), нуклеиновых кислот и др.;
- участвует в тканевом и клеточном дыхании: окисляет жиры, белки и углеводы, поступающие с пищей;
- вода является основным компонентом организма;
- обезвреживание токсинов в организме.

* O_3 – озон, аллотропное видоизменение кислорода. Озон O_3 и кислород O_2 хотя и состоят из атомов одного и того же химического элемента, но представляют собой совершенно различные вещества. В природе озон образуется во время грозы вследствие электрических разрядов. В медицине широко применяется метод лечения озонотерапия.

Кислородом богаты: воздух, пища, вода, кислородный коктейль.



Кислород в медицине

Область применения кислорода в медицине обширна, она включает обогащение газовых смесей, наполнение кислородных подушек, изготовление кислородных коктейлей. Медицинский кислород характеризуется высокой концентрацией, отсутствием примесей. Сегодня чаще всего применяются кислородные концентраторы – они зарекомендовали себя благодаря надежности, безопасности эксплуатации, мобильности систем и экономичности.

Использование кислорода в медицине связано с неотложными ситуациями, когда необходимо обеспечить подачу наркоза, проведение обширных хирургических операций или реанимационных действий. В этих случаях осуществляется искусственная вентиляция легких. Кислород необходим при лечении хронической дыхательной недостаточности, инфаркта и инсульта.

Кислородотерапия незаменима при лечении ряда заболеваний: бронхиальная астма, пневмония,



туберкулез, обструктивный бронхит, гипоксии, аллергии, интоксикация.



Источник жизни на планете – кислород – востребован при лечении анаэробных инфекций и улучшении трофики тканей, репаративных процессов.

В большинстве случаев газ вводится ингаляторным методом при искусственной и естественной вентиляции легких. Кислород в медицине может использоваться в чистом виде или в составе газовых смесей. Для неингаляторного введения практикуют подкожное, внутрисосудистое,

внутриполостное, энтеральное и другие способы введения. Особенно популярен прием кислородных ванн или применение кислородных баллончиков, концентраторов, коктейлей. *Кислородный коктейль* – это продукт в виде пены, который часто можно встретить в парках, на ярмарках, а также в аптеках и санаториях. Кислородный коктейль полезен, обладает определенными положительными свойствами, и используется даже при лечении некоторых заболеваний. До 90 — 95% всего стаканчика коктейля составляет сам кислород. Вкусовая основа, как правило, это соки, сиропы, фиторастворы. Кислородный коктейль снижает риск образования тромбов, улучшает метаболизм и кровообращение, повышает концентрацию внимания и память. Беременным также полезно пить кислородный коктейль, который помогает при сильном токсикозе. К тому же и сейчас его иногда назначают для устранения гипоксии плода.



ХИМИЯ И ЗДОРОВЬЕ



Озонотерапия

Кислород, которым мы дышим, это молекула, состоящая из двух атомов кислорода (O_2). Озон — это три атома кислорода (O_3), связанные друг с другом. Чтобы превратить обычный кислород в озон, необходимо электричество (именно поэтому характерный запах озона (свежести) мы ощущаем во время грозы). Когда обычный кислород проходит через электричество, дополнительный свободный атом кислорода делает озон полезным, и получается своего рода «суперкислород». Он может применяться в медицине в качестве антибактериального, противовирусного и противогрибкового средства, что и делает озонотерапию лечебной процедурой.



Озонотерапия — это введение озона в кровоток. То есть, для того, чтобы получить лечебный эффект, необходимо вводить сжиженный газ

непосредственно в ткани или кровь при помощи шприца или специальных приборов. Процедура обогащает кислородом организм и восстанавливает равновесие иммунной и гормональной системы.



Йод – является биологически активным элементом VII группы Периодической системы Д.И.Менделеева. В природе йод встречается в виде йодидов натрия и кальция. До 0,3% йода содержится в виде примеси йодатов в чилийской

селитре.

Молекулярный йод оказывает противомикробное действие, его растворы используются для обработки ран, подготовки операционного поля и т. д. Всасываясь, он активно влияет на обмен веществ (в частности липидный и белковый), усиливает процесс диссимиляции, влияет на функцию щитовидной железы, участвуя в синтезе тироксина. В организме йод накапливается в щитовидной железе (15мг из общего количества – 25мг).

В организме человека массой 70кг содержится 20 – 50мг йода; в крови – 0,057мг/л; в костной ткани – $0,27 \cdot 10^{-4} \%$; в мышечной ткани – $(0,05-0,5) \cdot 10^{-4} \%$.

Биологическая роль: йод принимает участие в важных процессах:

- входит в состав гормонов щитовидной железы – тироксина, трийодтирозина, трийодтиронина и др., которые влияют на деятельность центральной нервной системы, рост и общее развитие организма;
- повышает устойчивость организма к различным заболеваниям и холоду;
- способен нарушать структуру ДНК и вызывать ее денатурацию.

К продуктам, богатым йодом, относятся: йодированная соль, морская капуста, морепродукты, печень трески, рыбий жир, грибы, овощи, чеснок, морская вода.



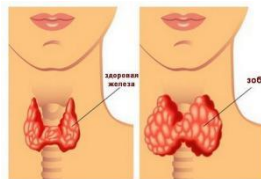
ХИМИЯ И ЗДОРОВЬЕ



Йоддефицитные заболевания

Йод - неотъемлемый компонент тиреоидных гормонов. Организм человека в норме содержит 20-30мг йода, большая часть этого количества находится в щитовидной железе. Для того, чтобы нормальное количество йода сохранялось, ежедневное поступление йода должно составлять около 100-200 мкг. В случае, когда обычное питание не обеспечивает нужное количество йода, развиваются йоддефицитные заболевания, являющиеся самыми распространенными из эндокринных заболеваний. Более миллиарда жителей нашей планеты живут в районах с дефицитом йода. К таким районам относятся почти вся Россия, большая часть континентальной Европы, Центральная Африка, Средняя Азия и Южная Америка. Йодный дефицит наиболее явно проявляется в виде диффузного *эутиреоидного (нетоксического) зоба*.

Этим термином называют диффузное увеличение щитовидной железы, при котором ее функция не нарушается.



Зоб, вызванный дефицитом йода, называется также *эндемическим зобом*. Щитовидная железа в состоянии дефицита йода увеличивается для того, чтобы обеспечить синтез необходимого количества тиреоидных гормонов при недостатке йода, который является основным строительным материалом для этих гормонов. Также при йодном дефиците у взрослого человека может развиваться *узловой зоб*, который сначала не вызывает дисфункцию щитовидной железы.

Однако в том случае, если в организм на фоне йодного дефицита резко поступает большое количество йода (это случается при приеме некоторых препаратов, содержащих йод), может развиваться йод-индуцированный (то есть вызванный йодом) *тиреотоксикоз*. Автономные узлы в щитовидной железе и тиреотоксикоз, вызванный йодом, наиболее часто встречаются у людей пожилого возраста. Йодный дефицит наиболее опасен при беременности, потребность в йоде испытывает щитовидная железа как матери, так и ребенка. Недостаток йода может привести к выкидышу, развитию врожденной аномалии плода, гипотиреоза у младенца, а также умственной отсталости ребенка (кретинизму). У взрослых при гипотиреозе наблюдается микседема, признаками которой являются отечное лицо, сухие, выпадающие волосы, отеки под глазами.



Гипертиреоз (Тиреотоксикоз)

Йод обязательный компонент тироксина и трийодтиронина – гормонов, вырабатываемых щитовидной железой. Избыточное длительное поступление йода в организм сначала тормозит функцию щитовидной железы, и она резко сокращает продукцию гормонов, затем активность ее чрезмерно возрастает, что может привести к развитию тиреотоксикоза (гипертериоза).



Тиреотоксикоз - состояние, вызванное повышением уровня тиреоидных гормонов. Наиболее частой причиной тиреотоксикоза - в 8 из 10 случаев - является диффузный токсический зоб (ДТЗ). Считается, что механизмом развития ДТЗ является выработка иммунной системой особых антител, из-за которых железа постоянно находится в состоянии повышенной активности. К более редким причинам тиреотоксикоза относят:

- узловые образования щитовидной железы;
- процессы, приводящие к разрушению клеток щитовидной железы и выбросу тиреоидных гормонов в кровь (прием йодсодержащих препаратов, контрастных веществ или интерферонов, деструктивная фаза аутоиммунного тиреоидита или послеродового тиреоидита);
- повышенное образование ТТГ гипофизом, приводящее к постоянной стимуляции щитовидной железы.

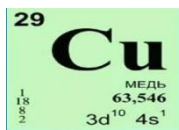
При тиреотоксикозе отмечаются следующие симптомы:

- чувство жара, потливость, "приливы", тремор, выпадение волос;
- плаксивость, изменения психики, слабость;
- жажда, обильное мочеиспускание и диарея, снижение массы тела;
- учащенное сердцебиение и перебои в работе сердца, одышка;
- глазные симптомы (выпученность глаз (экзофтальм), отечность вокруг глаз, появление мешков под глазами или набухание век, двоение в глазах).

Биологически важные d-элементы

d-элементы являются физиологически активными. Многие из них считаются жизненно необходимыми, так как стимулируют процесс кроветворения или оказывают выраженное влияние на него. Они входят в состав многих ферментов, участвуют в

биоредокс процессах в живой клетке. Среди них важное место принадлежит переходным элементам, т.е. элементам, которые имеют незаполненные d подуровни. К ним относятся Си, Zn, Мп, Fe, Co, Ni, Cr, Мо и др.



Медь – незаменимый d- элемент I группы Периодической системы Д.И.Менделеева. Это микроэлемент, который имеет важное значение для жизнедеятельности организма. Физиологическим депо является печень, кости, головной мозг. В живых клетках медь почти целиком находится в комплексе с белком.

Медь может инактивировать фермент, катализирующий разрушение инсулина – инсулиназу.

В организме человека массой 70кг содержится 72мг меди; в крови – 1,01мг/л; в костной ткани – $(1-26) \cdot 10^{-4} \%$; в мышечной ткани – $1 \cdot 10^{-3} \%$.

Биологическая роль: медь принимает участие в важных процессах:

- медь участвует в ферментном окислении, тканевом дыхании, иммунных процессах, пигментации;
- входит в состав медьсодержащих ферментов и энзимов (цитохромоксидаза и др.), витамина В₁;
- блокирует SH- группы белков и ферментов (пепсин, амилаза и др.);
- образует комплексы с белками – купропротеины (цитохромоксидаза, церулоплазмин и др.);
- участвует в кроветворении (эритропоэз, синтез гема).

К продуктам, богатым медью, относятся: чечевица, раки, крабы, печень, сердце, чай, кофе, какао, сливы, орехи, арахис, пшеница.





Болезнь Менкеса - нарушение клеточного транспорта меди, при котором наблюдается замедление роста, патология нервной системы, а также характерное закручивание волос, за что это состояние также называют «болезнью курчавых волос». При дефиците меди в организме может отмечаться рождение недоношенных детей, которые в раннем неонатальном периоде часто страдают гипотермией и непрямой гипербилирубинемией. Длительность жизни детей с болезнью Менкеса невелика, обычно они погибают, не достигая 3-летнего возраста. Частая причина смерти — пневмония. Некоторые дети умирают внезапно в отсутствие выраженной острой патологии.

Болезнь Вильсона – генетическая патология, при которой нарушается обмен меди в организме, что характеризуется чрезмерным накоплением меди в органах и токсическим воздействием её на весь организм. Причиной болезни является генетический дефект веществ, которые принимают участие в обменных процессах организма, в частности, в обмене меди.



Основным признаком болезни является присутствие трех групп симптомов, характерных для поражения печени, нервной системы и глаз. У больного отмечается: желтуха, увеличение размеров печени, тяжесть и боль в правом подреберье, нарушение координации движений, депрессия, агрессивное поведение, снижение памяти, медная катаракта.

Железо, кобальт и никель относятся к d- элементам семейства железа. Эти элементы являются физиологически активными и незаменимыми.

Железо – жизненно важный d- элемент VIII группы Периодической системы Д.И.Менделеева. Это самый распространенный элемент, выполняет важную функцию в физиологии растений, животных и человека. Основным депо являются эритроциты, печень, селезенка, костный мозг. Недостаток железа у растений нарушает азотистый и минеральный обмен, у животных вызывает микроцитарную анемию, у человека – алиментарную анемию – снижение уровня гемоглобина. 60 - 72% содержащегося в организме человека железа, находится в гемоглобине в виде хелатного комплекса с протопорфирином – гема. Гемоглобин выполняет две биологические функции:

связывает молекулы кислорода и переносит из легких к мышцам, где они передаются молекулам миоглобина; после этого гемоглобин использует несколько аминок групп для связывания молекул углекислого газа и переносит их обратно в легкие. В зависимости от связанного лиганда железо находится в том или ином валентном состоянии: Fe^{2+} - в гемоглобине, миоглобине; Fe^{3+} - в каталазе, оксидазах.

В организме человека массой 70кг содержится 4,2г железа; в крови – 447мг/л; в костной ткани – $0,03\text{--}3,8 \cdot 10^{-2}\%$; в мышечной ткани – $1,8 \cdot 10^{-2}\%$

Биологическая роль: железо принимает участие в важных процессах:

- входит в состав гемоглобина крови, необходим для «сцепки» его с кислородом; входит в состав мышечного миоглобина, стимулируя клеточное дыхание;
- входит в состав окислительных ферментов, транспортируя электроны (каталазы, пероксидазы, цитохрома и др.); входит в активный центр ряда других ферментов (гидролаз, супероксиддисмутаз);
- является составной частью протоплазмы и клеточных ядер; трансферрин входит в состав лимфоцитов;

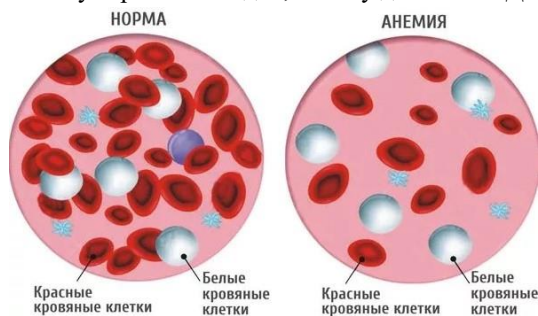


К продуктам, богатым железом, относятся: сушеные грибы, красное мясо (особенно кролика), темное мясо птицы (особенно индейки), печень, почки, пшеничная крупа, гречка, бобовые, арахис, миндаль, овощи.



Железодефицитная анемия

Железодефицитная анемия (малокровие) – патологический синдром, характеризующийся уменьшением количества эритроцитов и гемоглобина крови. Это заболевание является основной гипоксии тканей и органов, так как к клеткам доставляется мало кислорода. Железодефицитная анемия встречается как у взрослых людей, так и у детей. Для взрослого человека нормой



является наличие в организме до 5 г железа. Недостаток железа приводит к снижению синтеза гемоглобина и кислородному голоданию всего организма. Симптоматика зависит от степени развития болезни, от возраста больного и продолжительности болезни.

Лечение железодефицитной анемии проводится длительным приёмом препаратов железа внутрь в умеренных дозах до нормализации уровня гемоглобина, затем пациента переводят на профилактические дозы. Для того чтобы восполнить уровень железа, необходимо включить в рацион питания пациента большое количество продуктов, содержащих железо.

1.1.4. Синергистические и антагонистические эффекты

Макро- и микроэлементы, составляющие основу питания и оказывающие влияние на жизнедеятельность живых организмов, находятся в тесном взаимодействии друг с другом. Поэтому главным фактором, обеспечивающим нормальный рост, развитие и функционирование организма, является соблюдение правильного баланса химических элементов в питательной среде и в организме. Этот баланс имеет более важное значение, чем фактическая концентрация отдельных элементов. Ни один химический элемент в природе не действует изолированно от других. Почти все элементы, входящие в состав организма и питательных веществ, находятся между собой в одной из двух форм взаимодействия: *антагонистической* либо *синергистической*.



Явление, когда два или более элементов при совместном действии создают эффект улучшения физиологического состояния организма, называется **синергизмом**. В обратном случае, когда избыток одного из элементов уменьшает поглощение другого, наблюдается физиологический **антагонизм**. Так, избыток одного элемента может снижать действие другого элемента. Вот некоторые примеры **антагонизма** макро- и микроэлементов:

- увеличение количества калия уменьшает усвоение магния в большей степени и кальция в меньшей степени;
- увеличение количества кальция снижает усвоение железа;
- увеличение количества железа снижает усвоение цинка;
- избыток цинка ухудшает доступность марганца.

Синергизм представляет собой комплексное действие элементов (двух или более), при котором достигается усиление положительного результата их усвоения организмом. Исследованиями установлены такие примеры синергизма элементов:

- увеличение количества азота обеспечивает оптимальное усвоение калия, а также фосфора, магния, железа, марганца и цинка из почв;
- увеличение количества меди и бора в организме улучшает усвоение азота;

Синергизм и антагонизм элементов связаны с электронным строением их атомов и ионов. Если наблюдается сходство в строении двух или более элементов, то они способны замещать друг друга в биохимических системах, что и вызывает антагонизм этих питательных веществ. Необходимо учитывать конкуренцию элементов, содержащих аналогичные по размеру, валентности и заряду ионы.

Установлено, что между 15 жизненно необходимыми элементами существует 105 двухсторонних и 455 трехсторонних взаимодействий. Это положение является естественной основой для изучения проявлений и оценки развития дисбаланса микроэлементного гомеостаза, столь характерного при дефиците одного эссенциального микроэлемента. В принципе, правильно

сбалансированная диета обеспечивает организм всеми необходимыми микроэлементами.

1.1.5. Недостаток, и избыток в некоторых биогенных элементов в организме

Биогенные элементы	Недостаток	Избыток
Натрий	Гипонатриемия: хроническая диарея, спазмы, нервные расстройства, отеки, кожные высыпания, мышечная слабость, образование газов в желудочно-кишечном тракте. Вызывает мышечные судороги и невралгию	Гипернатриемия: развитие гипертонической болезни, интенсификация процессов склероза; болезни почек (отеки и камни), жажда
Калий	Спазм мышц и снижение возбудимости, в тяжелых случаях - остановка сердца, «калиевое торможение», затемненное мышление, трудности с речью	
Магний	Заболевания кишечника; симптомы почечной недостаточности, подергивание мышц, дрожание рук, мышечные судороги, сердечная аритмия, спазмофилия; нарушение структуры костной ткани; гипертрофия плода	При болезнях печени может вызывать замедление пульса, гипотонию
Кальций	Тяжелые нервные расстройства, сопровождающиеся судорогами, повышенная возбудимость; размягчение костей остеопороз; заболевания щитовидной железы и надпочечников	Мочекаменная болезнь; гиперкальциемия, сопровождающаяся беспричинной тошнотой, жаждой, потерей аппетита; образование камней

Медь	Анемия (тормозится включение Fe в гем), снижение продолжительности жизни эритроцитов; заболевания костной системы; снижаются иммунные возможности организма; синдром Менкеса	Анемия, гемолитическая желтуха, перерождение печени, возможны аутоиммунные реакции, болезнь Вильсона
Железо	Анемия; отеки; ослабление иммунной системы и частые простудные заболевания; раздражительность, бессонница, головная боль; «мушки» перед глазами, немеют руки и ноги; кожа сухая, ногти ломкие с поперечной исчерченностью; импотенция	Избыток железа откладывается в печени, поджелудочной железе и сердечной мышце; снижает усвоение Zn; вызывает аритмию
Углерод	Общее истощение организма, снижение мозговой деятельности	При повышенном содержании CO ₂ – кислородное голодание, при длительном поступлении в легкие угольной пыли возникает заболевание антракоз
Кислород	Асфиксия, гипоксия, смерть от удушья. Снижение содержания кислорода в организме уменьшает его защитные свойства. Карбоген возбуждает дыхательный и сосудодвигательный центры	Брадикардия, сосудосуживающий эффект, замедление кровотока, усиление свертываемости крови; снижение содержания гемоглобина, снижение скорости усвоения глюкозы и угнетение мозговой деятельности

Йод	Вызывает болезни щитовидной железы – гипотиреоз, эндемический зоб, микседему, шелушение и сухость кожи; нарушения интеллекта	Йодиндуцированный гипертиреоз, ослабление синтеза йодных соединений
------------	---	--

1.1.6. Лекарственные препараты, содержащие биогенные элементы и применение их в медицине

NaCl – 0,86% (масс.) раствор	Физиологический раствор	Применяют для внутривенных вливаний при больших кровопотерях, растворения или разбавления инъекционных препаратов
NaCl 3%, 5%, 10% (масс.) раствор	Хлорид натрия	В хирургической практике. Вследствие большого осмотического давления обезвоживают клетки, способствуют плазмолизу бактерий
NaHCO ₃	Гидрокарбонат лития	Нейтрализует повышенную кислотность желудочного сока, в водном растворе проявляет слабощелочные свойства и антимикробное действие
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	Сульфат натрия	Применяется в качестве слабительного средства
Na ₂ S ₂ O ₃	Тиосульфат натрия	Противовоспалительное и десенсибилизирующее средство
NaBr, KBr	Бромиды калия и натрия	Успокоительные средства
NaI, KI	Иодиды калия и натрия	Применяется при заболеваниях щитовидной железы
KCl	Хлорид калия	Применяется при аритмии сердца
CH ₃ COOK	Ацетат калия	Мочегонное средство

KMnO_4	Перманганат калия	Сильный окислитель, используется как антисептическое средство в медицине
Панангин	Панангин	При наличии желудочковых аритмий; в случае тахикардии и мерцательной аритмии; пониженное количество калия в организме и так далее
Аспаркам	Аспаркам	Инфаркт миокарда
Аспарагинат	Аспарагинат	Аритмия; экстрасистолия желудочков сердца; пароксизмы; артериальное давление
Калия оротат	Калия оротат	При аритмии и сердечной недостаточности. Способствует выработке нуклеиновой кислоты, регулирует обмен веществ
MgO	Оксид магния	Обладает адсорбционным, антацидным действием, применяется при заболевании желудочно-кишечного тракта
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Сульфат магния	Применяется при гипертонии, атеросклерозе, хронической коронарной недостаточности, при кожных заболеваниях
$\text{MgS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Тиосульфат магния	Применяется при гипертонии, атеросклерозе, хронической коронарной недостаточности
$3\text{MgSiO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{HSiO}_3)_2$	Силикат и гидросиликат магния	Применяется для лечения кожных заболеваний
$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Хлорид кальция	Применяется при аллергических кожных заболеваниях, нефрите, кровотечениях;
CaCO_3	Карбонат кальция	Применяется при повышенной кислотности желудочного сока

$\text{CaPO}_3 - \text{O} - \text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$		Применяется при истощении нервной системы
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	Сульфат кальция	Гипсовые повязки
Железо восстановленное	Железо восстановленное	Применяется при лечении железодефицитной анемии
Железо лактат		При той же патологии
Феррамид		При той же патологии
Ферроцерон		При той же патологии
Ферковен		При той же патологии
$\text{Fe Cl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$		Применяется для остановки кровотечений
$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		Применяется для лечения туберкулеза, гепатита, витилиго
Цитрат меди		Применяется для лечения туберкулеза, гепатита, витилиго

Ситуационные задачи

1. В хирургической практике широко применяется 5, 10% (масс) гипертонический раствор NaCl . Сколько граммов соли необходимо для приготовления 5л. 5%ного раствора? На чем основано его действие? ($\rho=1,11$ г/мл)
2. Перманганат калия – KMnO_4 используется как дезин-

фицирующее антисептическое средство. Рассчитайте массу препарата для приготовления 200,00 г 5% раствора. Какова массовая доля калия и марганца в данном препарате?

Тестовые задачи

1. Укажите ряд биогенных элементов

A. Cu, Co, Hg B. O, Hg, Be C. Ag, Cu, Fe Д. Fe, Ca, Co

2. Какой металл входит в составе гемоглобина?

A. K B. Co C. Fe Д. Zn

3. К макроэлементам относится

A. Co B. Fe C. Al Д. O

4. Ион K^+ преобладает в составе

A. Внеклеточной жидкости B. внутриклеточной жидкости
C. Обеих жидкостях Д. Ни одной

5. Расположите элементы в порядке убывания электроотрицательности

1. Cl 2. N 3. C 4. O

A. 1234 B. 4123 C. 3214 Д. 4213

6. Охарактеризуйте следующие элементы:

1. натрий, калий 2. железо, медь 3. кислород, хлор

a. d-элемент, металл в. s-элемент, металл с. p-элемент, неметалл

A. 1a2b3c B. 2a3b1c C. 1b2c3c Д. 1b2a3c

7. Недостаток фтора в организме приводит к следующим заболеваниям:

A. флюорез B. кариес C. анемия Д. гипотериоз

8. В каком органе накапливается йод?

А. кость В.печень С. щитовидная железа Д.почки

9. В каком органе накапливается медь?

А. кость В. печень С. щитовидная железа Д. почки

10.Избыток йода в организме приводит к возникновению:

А. анемии В. кариес С. гипотериоз Д. гипертериоз

1.2.Химия неорганогенных элементов

1.2.1. Понятие о неорганогенных элеметах

Неорганогенные(токсические) элементы – это элементы, которые содержатся в организме в небольшом количестве, но биологическая функция их не изучена, и увеличение их содержания в организме приводит к серьезным патологиям.

Данную формулировку неорганогенных элементов можно считать условной, так как выявление биологических функций и жизненно важных свойств неорганогенных элементов может их сблизить к классу биогенных элементов.

Токсичное действие этих элементов в определенной степени зависит от строения их атома, совокупности их физико-химических свойств, способности накапливаться в тех или иных тканях и органах.

Известно, что ионы неорганогенных элементов содержатся в организме в определенном количестве, однако ни биологическая роль, ни форма содержания, ни особенности концентрации их в тканях и органах неизвестны. В организм человека соединения неорганогенных элементов попадают вместе с продуктами питания, пищей, воздухом и водой. Избыток этих элементов приводит к серьезным патологиям. Для лечения патологий, вызванных токсическим действием ионов неорганогенных элементов, в клинической практике пользуются методом

хелатотерапии. К неорганическим элементам относятся барий, стронций, ртуть, алюминий, свинец, мышьяк, висмут, олово и др.

1.2.2. Токсическое действие неорганических элементов



Барий является s- элементом II группы Периодической системы Д.И.Менделеева. В земной коре содержится $5 \cdot 10^{-2}\%$ (масс.). Барий обнаруживается в пигментной оболочке глаза.

Он оказывает влияние на гладкую мускулатуру, повышает кровяное давление.

Барий для организма ядовит.

В организме человека массой 70 кг содержится: 22 мг бария.

Токсичность: токсичен, действует как сердечный яд; токсическая доза – 200 г; летальная доза – 3,7 г. Все растворимые в воде соединения бария высокотоксичны. Из солей бария опасен хлорид, нитрат, нитрит, фторид, иодид, бромид, сульфид, хлорат и перхлорат бария. Токсичность бария объясняется возможностью образования прочного нерастворимого фосфата в костной ткани, нервных клетках и мозговом веществе. Хорошо растворимые в воде соли бария быстро резорбируются в кишечнике.

Смерть может наступить уже через несколько часов от паралича сердца. Растворимые соли бария используются для травления грызунов (крыс, мышей). В медицине из солей бария используется сульфат бария. Из-за плохой растворимости ($\text{PrBaSO}_4 = 0,87 \cdot 10^{-10}$) он применяется в рентгенодиагностике как контрастное вещество.

Симптомы острого отравления солями бария: жжение во рту и пищеводе. Боли в желудке, колики, тошнота, рвота, понос, повышенное кровяное давление, твёрдый неправильный пульс, судороги. Расстройство походки, а также речи вследствие паралича мышц глотки и языка.

Одышка, головокружение, шум в ушах, расстройство зрения. В случае тяжёлого отравления смерть наступает внезапно или в течение одних суток.



Применение сульфата бария в рентгенодиагностике

Сульфат бария нерастворим в воде, щелочах и кислотах. В силу низкой растворимости в воде и в соляной кислоте желудочного сока он применяется в медицине в качестве рентгеноконтрастного вещества при рентгеновских исследованиях желудочно-кишечного тракта, так как тяжёлые атомы бария хорошо поглощают рентгеновское излучение. Все растворимые соли бария ядовиты, сульфат бария практически нерастворим в воде (и в соляной кислоте, которая содержится в желудочном соке), поэтому он нетоксичен. Для рентгенографического исследования органов пищеварения пациент принимает внутрь суспензию сульфата бария («баритовую кашу») с содержанием бария 58,7 %.



В ходе обследования рентгенолог наблюдает за прохождением контраста по пищеварительному тракту и делает серию снимков. При помощи рентгена выявляются в первую очередь структурные отклонения, связанные с изменением контуров:

- грыжи пищеводного отверстия;
- язвы и полипы;
- варикозное расширение вен стенок желудка и пищевода;
- опухоли;
- синдром нарушенного всасывания;
- сужение двенадцатиперстной кишки.



Стронций является s-элементом II группы Периодической системы Д.И. Менделеева. В земной коре содержание стронция $4 \cdot 10^{-2}\%$; (масс). Стронций представляет большую опасность, т.к. этот радиоактивный элемент легко поглощается почвой, замещая кальций, и может попасть через растения в

организм человека. В организм человека стронций попадает с пищей и водой, а также при вдыхании воздуха и через кожу. Организм усваивает только 5- 10% стронция. Стронций концентрируется в костях человека, но присутствует также в печени, почках, лимфоузлах, крови, яичниках, легких. Стронций накапливается в тех органах, которые богаче кальцием и беднее магнием. Попадая в организм стронций замещает кальций в его фосфате, являющемся основой костной ткани и вызывает «стронциевый рахит». Вывести из организма стронций практически невозможно, и ткани подвергаются постоянному «внутреннему» облучению, которое приводит к лейкемии. В медицине применяется радиоактивный стронций.

В организме человека массой 70кг содержится 320мг стронция.

Токсичность: ионы Sr токсичны. Вместе с пищей в организм взрослого человека поступает 0,8–3,0 мг стронция в сутки. При избыточном поступлении стронция возникает так называемый «стронциевый рахит» или «уровская болезнь». Основные проявления избытка стронция: рахитоподобные заболевания; уровская болезнь; фиброз легких.

Симптомы острого отравления солями стронция: рахитоподобные заболевания; образование в лёгких фиброзных рубцов; деформация костей и суставов; задержка роста; почечная недостаточность; повышенная ломкость костей или "уровская" болезнь.



Уровская болезнь или стронциевый рахит

Уровская болезнь получила название от реки Уров в Забайкалье. Кости жителей той местности сильно искривились, стали ломкими, суставы болели, с возрастом вообще большинство жителей передвигались с большим трудом, а то и вовсе превращались в инвалидов. Конкретной причиной возникновения болезни является то, что в местной воде оказалась сильно завышена концентрация стронция. Развитие заболевания происходит из-за вытеснения ионами стронция кальция из костей. При недостатке кальция болезнь вообще очень быстро прогрессирует. Несмотря на общее поражение организма,

костно-суставная система страдает сильнее всего. Наибольшему воздействию она подвержена во время роста и развития хрящей и костей. Дети подвержены развитию стронциевого рахита из-за резкого уменьшения содержания кальция в костях.

При попадании радиоактивных соединений стронция в организм с воздухом, изменения, причем патологические, происходят также в легких: возникает фиброз – при этой болезни межальвеолярные перегородки в легких утолщаются. Потому дыхание у больных становится учащенным и поверхностным, появляется частый кашель, одышка, сердечная недостаточность, бронхиты. Поражаться может, в том числе, и кожа.

Кадмий является d- элементом II группы Периодической системы Д.И.Менделеева. В земной коре



содержится $5 \cdot 10^{-4}\%$ (масс). Соединения кадмия являются токсичными для организма.

Токсичность кадмия обусловлена взаимодействием с группами -SH клеточных протеинов. Металлический кадмий и ее пары очень ядовиты. Кадмированная посуда может быть источником отравлений вследствие растворимости кадмия в кислых пищевых продуктах. Биологическая роль кадмия не выявлена. Кадмий накапливается главным образом в печени и почках. Он повышает кровяное давление, приводит к искривлению и деформации костей. Кадмий обладает канцерогенным свойством. В период роста табак аккумулирует кадмий из почвы и в результате в одной сигарете его содержание 1,2-2,5 мкг. В легкие курящего человека попадает 0,1-2,5мкг кадмия. Кадмий выводится из человеческого организма очень медленно (0,1% в сутки), легко может происходить хроническое отравление.

В организме человека массой 70 кг содержится 50 мг кадмия.

Токсичность: токсичен; токсическая доза –330 мг; летальная доза – 1,5-9 г. Оксид кадмия и пыль кадмия, а также растворы его соединений токсичны и относятся к веществам 1-го класса опасности. Особую опасность представляют пары кадмия и его соединений.

Симптомы острого отравления солями кадмия: сладковатый вкус во рту, сухость, боль в горле, кашель, головная боль с

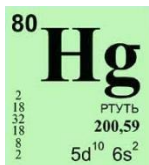
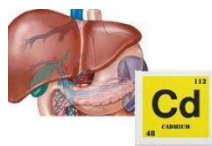
головокружением, лихорадочное состояние, слабость, боль в подложечной области, тяжелые боли в пояснице, в мышцах ног.



Болезнь «Итай-Итай»

Болезнь «Итай-Итай» — отравление людей, вызванное потреблением в пищу риса, загрязненного кадмием.

Кадмий по механизму действия на организм сходен с ртутью, но задерживается в органах намного дольше. Накапливаясь в печени и почках, кадмий вызывает почечную недостаточность, боли в мышцах, пояснице, деформацию скелета и другие нарушения. Его токсичное воздействие основано на блокировке серосодержащих аминокислот, что приводит к нарушению белкового обмена и поражению ядра клетки. Этот тяжелый металл способствует выводу кальция из костей, замещает цинк в составе биомолекул и поражает нервную систему. В Японии у людей, длительно получавших повышенные количества кадмия с пищей, была обнаружена болезнь итай-итай, при которой происходила декальцификация скелета, особенно у пожилых женщин. Причиной заболевания явилось интенсивное загрязнение рисовых полей сточными водами горнометаллургических предприятий, содержащих значительное количество кадмия. Болезнь протекала с деформацией скелета, снижением роста, тяжелыми болями в пояснице, в мышцах ног, утиной походкой, легкостью возникновения переломов. Развивались гипохромная анемия, поражения почек снижалось содержание в крови кальция, фосфора, резко возрастало содержание щелочной фосфатазы.



Ртуть является d-элементом II группы Периодической системы Д.И. Менделеева. В земной коре содержится $7 \cdot 10^{-6}\%$ (масс.) ртути. Ежедневно в организм человека вместе с пищей поступает в среднем 0,02-0,05 мг ртути..

Металлическая ртуть и ее пары очень ядовиты. Острые отравления ртутью нарушают деятельность кишечника, возникает воспаление десен, гипотермия, ослабление

деятельности сердца, падение пульса, обмороки. Поражения возникают даже за счет проникновения ртутных препаратов через кожу. При хроническом отравлении возникают язвы. Ртуть угнетает работу щитовидной железы.

В организме человека: данные о количественном содержании ртути в организме человека отсутствуют.

*ртуть накапливается в волосах, которые являются индикатором в случае угрозы ртутного отравления (10 мг/кг – безопасная доза, 50 мг/кг – отчетливые признаки заболеваний, 300 мг/кг – опасность для жизни).

Токсичность: токсична, также токсичны и ее соединения, метилртуть высокотоксична.

Симптомы острого отравления ртутью: сильная боль в желудочно-кишечном тракте, появляется рвота, выделяется стул с кровью, при сильном отравлении появляется язва в кишечнике, желудке, наблюдается их гниение (некроз). При хроническом отравлении наблюдается выпадение волос, бровей, ресниц, зубов. Поражаются слизистые оболочки, нервная система, нарушается обмен веществ, кровообращение, функции щитовидной железы.

При отравлении ртутью и его соединениями необходимо употреблять молоко и яичный белок, так как белки осаждают ртуть в области желудка.



Разбился ртутный градусник.

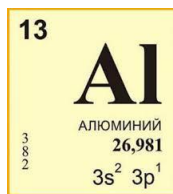
Что делать?

Ртуть, как известно – крайне ядовита, а ртутное отравление – одно из самых тяжелых, способное вызвать необратимые последствия. При этом первое время оно может протекать без каких-либо видимых симптомов. Что же делать и чего не делать, если разбился ртутный градусник?

- изолировать место происшествия;
- вывести из помещения людей, чтобы исключить возможность вдыхания ими паров ртути и распространения ее по всему помещению на одежде и обуви (ртуть очень легко прилипает к поверхностям);



- тщательно собрать ртуть. Это нужно делать в резиновых перчатках, желательно – в респираторе. Собранную ртуть помещают в банку с холодной водой (чтобы не испарялась) и тщательно закручивающейся крышкой);
- место, где разлилась ртуть, тщательно обработать раствором хлорной извести или хлорамина. Помещение проветрить;
- банку с собранной ртутью и предметы, которые контактировали с ртутью, передать специалистам службы МЧС или сотрудникам службы радиохимической безопасности.



Алюминий – является р- элементом III группы Периодической системы Д.И.Менделеева.

Алюминий осаждается в кишечнике фосфатами, что приводит к рахиту из-за уменьшения фосфора вследствие связывания последнего в малорастворимый фосфат алюминия.

В организм человека ежедневно поступает от 5 до 50 мг алюминия, в зависимости от региона проживания.

В желудочно-кишечном тракте человека всасывается 2-4% поступившего алюминия, причем лучше усваиваются растворимые соли, такие как $AlCl_3$. Алюминий поступает в организм и через легкие. Сильное загрязнение воздуха соединениями алюминия приводит к фиброзу. Депонируется алюминий в костях, печени, легких, селезенке, почках и в сером веществе головного мозга. Алюминий выводится из организма в основном с мочой, калом, потом и выдыхаемым воздухом.

Известно, что при горячей обработке пищевых продуктов или выпечке хлеба, за счет использования алюминиевой посуды, происходит загрязнение пищи этим металлом. У рабочих цветной металлургии, у лиц занятых производством алюминиевой пудры, добычей и плавной бокситов возникает заболевание алюминоз.

В организме человека массой 70 кг содержится 61 мг алюминия.

Токсичность: токсическая доза – 5 г; соли Al токсичны, парализуют нервную систему.

Симптомы острого отравления алюминием: частые простудные заболевания, приступы сухого и мокрого кашля, чувство сдавленности и «покалывания» в груди, вялость и быстрая утомляемость, появление одышки, расстройства в работе пищеварительного тракта, частые боли в брюшной полости, хронический бронхит.



Болезнь Альцгеймера

Болезнь Альцгеймера – нейродегенеративное заболевание, сопровождаемое потерей памяти, нарушениями речи и ориентации в пространстве, которое прогрессирует в деменцию («старческое слабоумие») при повышенной концентрации алюминия. Развитие болезни сопровождается накоплением в тканях



мозга бляшек, состоящих из амилоидов (пептидов). Они взаимодействуют с никотиновыми ацетилхолиновыми рецепторами, что приводит к сбою когнитивных процессов. Наиболее распространенным первым проявлением является потеря кратковременной памяти (например, больные задают повторяющиеся вопросы, часто кладут предметы не на их место или забывают их назначение), нарушение хода рассуждений и решения сложных задач, недалекость (например, больные принимают плохие финансовые решения), лингвистическая дисфункция (например, трудности мышления при помощи общеизвестных слов, ошибки речи и/или письма), дисфункция зрительно-пространственной ориентации (например, невозможность узнавать лица или обычные объекты), нарушения поведения (например, бродяжничество, возбуждение, крикливость, бред преследования). Болезнь носит прогрессирующий характер, ее симптомы могут нарастать от нескольких месяцев до нескольких лет. Болезнь Альцгеймера является наиболее распространенной формой деменции. Средняя продолжительность жизни больного после диагностирования заболевания зависит от его возраста, но, как правило, составляет от 7 до 10 лет. По данным Всемирной организации здравоохранения, около 50 млн человек в мире больны старческой деменцией, из которых две трети страдает болезнью Альцгеймера. Их число с каждым годом возрастает и, по некоторым прогнозам, к 2050 году может превысить 130 млн человек. Однако не следует рассуждать, что это старческая болезнь, имеются случаи заболевания лиц, не достигших 50 лет.



Отравление алюминием «алюминоз»

Алюминиевый пневмокониоз относится к профессиональным болезням. Главным фактором развития заболевания является попадание в организм большого количества алюминиевой пыли и пара. Алюминий используют в промышленности для производства машин, судов и авиаконструкций, при изготовлении посуды, в медицине, как средство для очистки воды.

Такое широкое применение алюминия (в виде металла и его соединений) в различных сферах может стать причиной интоксикации, как всего организма, так и *алюминоза* – поражения легких, которая сопровождается сморщиванием легких (то есть постепенным замещением легочной ткани фиброзной), атеросклерозом (особенно сосудов бронхов), потерей аппетита, кашлем, иногда болями в желудке и изменением состава крови – увеличением количества лимфоцитов и эозинофилов.



При большой концентрации или при постоянной работе в загрязненной среде, развивается пневмокониоз. В легочной ткани алюминиевая пыль вступает в реакцию, превращаясь в гидроксид. Такое состояние способно вызывать фиброз легочной ткани. Систематическое вдыхание алюминиевой пыли и паров способно вызвать заболевание через 6 месяцев, в отдельных случаях – через несколько лет. Первыми признаками отравления алюминием является частый кашель и одышка. Если болезнь прогрессирует, у пациента усиливается одышка, даже при малейших физических нагрузках, случаются сильные приступы кашля. Известны случаи, когда единственным проявлением заболевания был хронический бронхит. Заболевание способно быстро прогрессировать, вызывая осложнения дыхательной функции, состояние частых рецидивов и нарушение кровообращения. Алюминиевый пневмокониоз лечить очень тяжело, в большинстве случаев все сводится к устранению симптоматики. Поэтому, необходимо сосредоточить особое внимание на профилактике и технической безопасности на рабочем месте.



82	Pb
4 18 32 18 8 2	СВИНЕЦ 207,2 6s ² 6p ²

Свинец – элемент IV-й группы шестого периода Периодической системы Д.И.

Менделеева. Содержание в земной коре —

$1,6 \cdot 10^{-3} \%$ по массе. В воздухе содержится

0,01мг/м³ свинца. Увеличение содержания ацетата

свинца до 145 мг/кг приводит к летальному исходу. Свинец – яд для протоплазмы всех клеток организма. Этот элемент содержится в моторном топливе, он накапливается и загрязняет атмосферу. Загрязнение атмосферного воздуха свинцом способствует его проникновению в организм. При попадании свинца в организм он распределяется между такими органами, как мозг, почки, печень и кости. Через дыхательные пути пары свинца накапливаются в альвеолах, бронхиолах и рассасываются в легкие. Основное количество свинца, попадая в организм, накапливается в красных кровяных тельцах и костях (~ 40-50%). Не получающие достаточного питания дети в большей степени подвержены влиянию свинца, поскольку их организм абсорбирует больше свинца в случае нехватки других питательных веществ. Наибольшему риску подвергаются дети в самом раннем возрасте (включая плод в период внутриутробного развития). Противоядием при отравлении ионами свинца является яичный белок и аскорбиновая кислота.

В организме человека массой 70 кг содержится 7-15 мг свинца.

Токсичность: Pb и его соединения очень токсичны; токсическая доза – 1 мг; летальная доза – 10 г.

*свинец плохо пропускает любое излучение, поэтому его применяют в качестве защиты в медицине и других областях, где необходима защита от радиации. В частности, свинцовые пластины вшиваются в фартуки, которые надевают пациентам для безопасности при рентгенографическом обследовании.

Симптомы острого отравления свинцом: Отравление ионами свинца приводит к появлению пятен на деснах, расстройству нервной системы, малокровию, головокружению,

нарушению функции почек, способствует развитию анемии, паралича, судороги.



Отравление свинцом "сатурнизм"

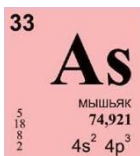
Свинец является канцерогенным металлом. Отравление свинцом называется "сатурнизм". Свинец и его соединения являются политропными ядами (т.е. действуют на разные органы и системы организма) и вызывают в основном изменения в нервной и сердечно-сосудистой системах, а также нарушения ферментативных реакций, витаминного обмена, снижают иммунобиологическую активность человека. Высокая степень риска свинцового отравления отмечается у детей младшего возраста, так как детский организм сорбирует до 40 % поглощенного с пищей свинца, в то время как организм взрослого человека – всего от 5 до 10 %.

Среди причин промышленных отравлений свинец занимает первое место, так как свинец применяется в различных отраслях промышленности. Воздействию свинца подвергаются рабочие, добывающие свинцовую руду, работающие на свинцово-плавильных заводах, занятые в производстве аккумуляторов, в типографиях, при изготовлении хрустального стекла или керамических изделий, этилированного бензина, свинцовых красок и др. Загрязнение свинцом вблизи крупных автомобильных дорог создает угрозу поражения свинцом населения, проживающего в этих районах. Источниками свинца являются выхлопные газы автомобилей, использующих этилированный бензин.

Особенно опасны для человека отравления, вызванные органическим соединением свинца – тетраэтилсвинцом $Pb(C_2H_5)_4$. Тетраэтилсвинец, добавленный в бензин в количестве 0,1 % для повышения его октанового числа, при сгорании моторного топлива выбрасывается в атмосферу. Он легко попадает в почву и загрязняет пищевые продукты.

Острое отравление свинцом сопровождается головной болью, слабостью, головокружением, рвотой, брадикардией, потливостью, зудом, тремором конечностей. При тяжелой интоксикации возникает анорексия, привкус металла во рту, запоры, кишечные колики.





Мышьяк является р- элементом V-й группы четвертого периода Периодической системы Д.И. Менделеева. Является токсичным элементом. Содержание в воздухе не должно превышать – 0,3 мг/м³, в воде – 0,05 мг/л. В атмосферу попадает в результате загрязнения выбросами промышленных предприятий. С пищей в организм попадает около 1 мг мышьяка в сутки. В основном он концентрируется в эритроцитах и селезенке, белках тканей.

Соединения As(III) – арсениты, оказывают отравляющее влияние на тиольную группу при взаимодействии с белками и ферментами. Из соединений мышьяка наиболее токсичным действием обладает арсин (AsH₃). Это соединение ингибирует активность гема.

Увеличение количества мышьяка в организме приводит к заболеванию «черных стоп». Будучи в больших дозах ядом, мышьяк и его соединения в малых дозах усиливают деятельность сердечно-сосудистой системы, кроветворных органов, влияют на общий тонус организма.

В организме человека массой 70 кг содержится 18 мг мышьяка.

* наибольшее количество в волосах.

Токсичность: токсичен, токсическая доза – 5-50 мг; летальная доза – 50-340 мг; при отравлении поражается центральная нервная система. Этот элемент ядовит.

Симптомы острого отравления мышьяком: присутствие металлического привкуса во рту, жжение и спазмы в гортани, сильные головокружения, диарея, сильные боли в животе и обезвоживание. В тяжелых случаях возможны отеки легких и спазмы, полная потеря сознания и состояние паралича, кома.



Отравление мышьяком «болезнь черных стоп»

Отравление мышьяком происходит при попадании данного вещества в организм или на кожу человека. Мышьяк называют «*королем ядов*» и в чистом

виде он очень редко встречается в природе. Он способен попадать в организм через желудочно-кишечный тракт, дыхательную систему, а также абсорбироваться через кожу.

В организме молекулы мышьяка просачиваются в кровь и разносятся по всем органам и тканям. Яд способен накапливаться в клетках, вызывая тем самым нарушения в работе нервной системы, дыхательных органов, ЖКТ, приводить к почечной и печеночной недостаточности. Симптомы отравления напрямую зависят от тяжести поражения: для острой формы характерно присутствие металлического привкуса во рту, жжение и спазмы в гортани. Кожа становится синей, склеры и ладони – желтеют. Сильные головокружения, которые сопровождаются понижением артериального давления. Начинается диарея, сильные боли в животе и обезвоживание. В тяжелых случаях возможны отеки легких и спазмы, полная потеря сознания и состояние паралича, кома. Хроническая форма отравления проявляется через сильную слабость, анемию. Развивается токсический гепатит, появляются сосудистые звездочки по всему телу. Увеличение количества мышьяка в организме также приводит к заболеванию «черных стоп».



Болезнь черных стоп эндемическое заболевание, обусловленное высоким содержанием мышьяка в питьевой воде (400 – 600 мкг/л) диагностировано у жителей острова Тайвань, в Индии, Бангладеш и Чили. Проявляется гиперпигментацией кожи, приводящей к развитию злокачественных новообразований.

83

Bi

5
18
32
18
8
2

ВИСМУТ
208,980
6s² 6p³

Висмут является р-элементом V-й группы шестого периода Периодической системы Д.И. Менделеева. Висмут – малораспространенный элемент. Его содержание в земной коре составляет $2 \cdot 10^{-5}\%$ по массе, в морской воде — $2 \cdot 10^{-5}$ мг/л. В организм человека с пищей, а также с воздухом, пылью, сигаретным дымом и водой, поступает 5—20 мкг/сутки висмута.

После всасывания висмут обнаруживается в крови в виде соединений с белками, а также проникает в эритроциты. В организме накопление висмута наблюдается в печени, почках, селезенке и в головном мозге. В желудочно-кишечном тракте ионы висмута образуют прочные комплексные соединения с лигандами, содержащими аминогруппу, не усваиваются организмом и выделяются из него. Этим объясняется токсическое

действие солей висмута, которые угнетают аминокислотную карбоксилиполипептидазу. Основная масса висмута накапливается в почках и приводит к нарушению его функции. Растворимые соединения висмута ядовиты.

Содержание в организме человека массой тела 70 кг невелико, но точные данные отсутствуют.

Токсичность: токсичны растворимые соединения висмута.

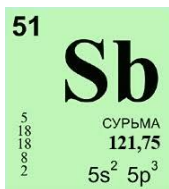
Симптомы острого отравления висмутом: ослабление сердечной деятельности, поражение центральной нервной системы, дерматиты.



Отравление соединениями висмута

Отравление висмутом может быть острым и хроническим. Острое отравление висмутом наблюдается при применении висмута на большие свежие раневые поверхности, а также, при введении в кровь растворимых соединений висмута, не осаждающих белок и потому не вызывающих эмболии. Хроническое отравление висмутом может привести к изменению белкового, углеводного и липидного обменов, снижению содержания гемоглобина в крови и другим нарушениям. За транспортировку висмута к различным органам в организме ответственны лейкоциты. Захваченный лейкоцитами и разнесенный током крови и лимфы по всему организму висмут накапливается в селезенке, центральной нервной системе и органах выделения (почки, печень, кишечник, слюнные железы). Установлено, что при отравлении солями висмута поражаются почки, центральная нервная система, печень, кожа и слизистые оболочки. Длительный прием препаратов висмута в больших дозах может вызвать симптомы «висмутовой» энцефалопатии (особенно у больных с нарушением функции почек). При вскрытии умерших от отравления висмутом находят дегенеративные изменения в нервной ткани, слизистых оболочках желудочно-кишечного тракта, паренхиматозные изменения в печени и почках. Страдает сердечная деятельность. Происходят изменения в щитовидной железе.





Сурьма является р-элементом V-й группы пятого периода Периодической системы Д.И. Менделеева. По медико-биологическим свойствам и фармако-логическому эффекту сурьма похожа на мышьяк, но ее соединения менее токсичны. Это связано с малой растворимостью продуктов гидролиза солей висмута и вследствие этого невозможностью поглощения стенками пищеварительного тракта.

Сурьма и ее соединения в основном концентрируются в скелете, печени, почках и селезенке.

В организме человека массой 70 кг содержится 0,09 г сурьмы.

Токсичность: токсична, токсическая доза – 100 мг

Симптомы острого отравления сурьмой: носовые кровотечения, рвота, одышка, кашель, расстройство пищеварительных функций, исхудание.



ХИМИЯ И ЗДОРОВЬЕ



Отравление сурьмой «литейная лихорадка»

Сурьма проявляет раздражающее и кумулятивное действие. Пыль и пары сурьмы вызывают носовые кровотечения, сурьмяную «литейную лихорадку», пневмосклероз, поражают кожу, нарушают половые функции. Она накапливается в щитовидной железе, угнетает её функцию и вызывает эндемический зоб. Соединения сурьмы (III) более токсичны, чем сурьмы (V). При остром отравлении появляется рвота, боль в животе, понос, иногда пострадавшие жалуются на металлический вкус во рту. При длительном контакте с пылью, содержащей сурьму, наблюдаются язвы желудка и кишечника. Местное раздражение, вызванное оксидом трехвалентной сурьмы, может привести к ларингиту, трахеиту и пневмониту.



При остром отравлении оксидом пятивалентной сурьмы возможно повреждение легких.

Отравление сурьмой вызывает литейную лихорадку. Для литейной лихорадки характерны острые приступы головной боли, чувства стеснения в груди, кашля, потери аппетита. Затем начинается лихорадочное состояние:

озноб, повышение температуры тела до 40°. Лихорадка сопровождается тошнотой, рвотой, иногда бредовым состоянием. Наблюдается раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, боли в животе, понос.

50	Sn
4 18 18 8 2	ОЛОВО 118,710 $5s^2 5p^2$

Олово р- элемент IV-й группы пятого периода Периодической системы Д.И. Менделеева. В организм попадает с пищей. С пищей человек получает около 1 мг олова в сутки, при преобладании в пище консервированных продуктов это количество увеличивается до 38 мг.

Причиной отравления оловом является то, что оно накапливается в печени, легких, почках, эритроцитах.

Неорганические соединения олова не очень ядовиты, но оловоорганические соединения весьма токсичны.

Избыток олова в организме приводит к поражению кожи и верхних дыхательных путей, а также вызывает психические заболевания. В частности, при отравлении оловом у 59% больных наблюдается энцефалопатия, у 38% больных наблюдается умственная отсталость.

В организме человека массой 70 кг содержится 14 мг олова.

Токсичность: токсическая доза – 2г; оловоорганические соединений очень токсичны.

Симптомы острого отравления сурьмой: слабость, головокружение, снижение аппетита, тошнота, ухудшение сна, боли в животе, зуд, сыпь на коже, пищеварительные расстройства, анемия, уменьшение гемоглобина и красных кровяных телец.



При избытке олова в организме человек чувствует металлический привкус во рту. Если олово поступает в организм в большом количестве продолжительное время, на клеточном уровне могут начаться структурные изменения хромосом, что чревато серьезными последствиями. Уровень олова повышен у любителей различных консервов и тех, кто чистит зубы зубной пастой с фтором, или если человек постоянно работает с этим металлом.



При длительном хранении консервов жестяные банки разрушаются, особенно если они содержат продукт с нитратами (жесть, из которой делают консервные банки — это тонкий лист железа, покрытый с двух сторон оловом). При этом образуется оловянный водород SnH_4 , который является причиной тяжелых отравлений при употреблении в пищу очень старых консервов. Отравление оловянистым водородом может быть даже смертельным. К его симптомам относятся судороги и чувство потери равновесия. Вот почему так важно, открыв консервы, тут же переложить их содержимое в стеклянную или фарфоровую ёмкость. Хранить в жестяной банке открытые консервы категорически запрещено.

Пары олова и его аэрозольные частицы опасны, так как при длительном и регулярном вдыхании они могут вызвать заболевания легких; ядовиты также органические соединения олова, поэтому работать с ним и его соединениями надо в средствах защиты.

Осложнения, возникающие при ежедневном контакте с оловом — это станноз (тяжелый кашель с мокротой и одышкой), а также — слабость, головокружение, снижение аппетита, тошнота, ухудшение сна, боли в животе, зуд, сыпь на коже, пищеварительные расстройства. Может увеличиваться печень, повышаться уровень глюкозы в крови.

1.2.3. Суточная потребность, избыток и источники поступления в организм неорганических элементов

Неорганогенные элементы	Суточная потребность	Избыток	Источники поступления в организм:
-------------------------	----------------------	---------	-----------------------------------

Барий	0,6-1,7 мг	Гиперстимуляция мышц, бурная перистальтика, гипертония, судороги, конвульсии и нарушения сердечной деятельности; урорская болезнь (повышенная ломкость и уродства костей) и остеопороз. Увеличение его количества в крови приводит к лейкозу. В больших количествах вытесняет кальций из биомолекул. Увеличение содержания бария в организме приводит к онкологическим заболеваниям. Известно, что барий оказывает влияние на гладкую мускулатуру, напоминая действие ацетилхолина	Основными источниками поступления бария в организм человека являются пища (особенно морепродукты) и питьевая вода
Стронций	0,8-5 мг	«Стронциевый» рахит (в местностях, где питьевая вода содержит повышенное количество Sr), хондро- и остеодистрофия, урорская болезнь (повышенная ломкость и уродства костей). Уменьшается же его усвоение в присутствии сульфата бария и натрия, а также в том случае, если в рационе содержится много грубых пищевых волокон	В основном богаты стронцием растительные продукты, а также кости и хрящи. Поступает в организм с водой и пищей
Кадмий	0,007-3 мг	Накапливается в почках, вызывая тяжелое отравление и неизлечимые заболевания почек; заболевания половых желез (особенно семенников); болезнь Итай-Итай (атрофия костей всего скелета)	Грибы, продукты растительного происхождения, газообразные выбросы, курение
Ртуть	0,004-0,02 мг	Меркуриализм: поражается нервная система, желудочно-кишечный тракт, происходят изменения в крови, рыхлость десен; облысение; болезнь	Продукты животного и растительного

		Минимата (ограничение полей зрения, вплоть до слепоты, нарушение координации движений)	происхождение, чай, рыба
Алюминий	35-49 мг	Играет роль в развитии болезни Альцгеймера или старческого слабоумия, накапливаясь в мозгу; снижает задержку Са в организме, вызывает ломкость костей; уменьшает адсорбцию Р, что ведет к снижению уровня АТФ и нарушению процесса фосфорилирования; снижает уровень Fe в крови, анемия	Вода, атмосферный воздух, чай, лекарственные препараты, алюминиевая посуда, фольга, антациды, дезодоранты
Свинец	0,06-0,5 мг	Замедление роста, особенно опасно в возрасте 6-8 лет; поражение центральной нервной системы, задержка ее развития, замедление темпов интеллектуального развития, поражение желудочно - кишечного тракта, запоры; поражение печени и др. органов; вызывает потерю слуха; вызывает обменные и эндокринные нарушения	Рыба, морепродукты, продукты астильного происхождения, газообразные выбросы, особенно автомобилей
Мышьяк	10-15 мкг	Снижение функций костного мозга и лейкоцитов; потеря аппетита и резкое снижение веса; конъюнктивиты; периферические невриты; гиперкератоз и меланоз кожи	Вода, пиво, репа, картофель, чеснок, морепродукты, табак, лекарственные препараты
Висмут	0,005-0,02 мг	Избыток: набухание слизистой оболочки рта, серая кайма на деснах, выпадение зубов, язвенный стоматит; токсический гепатит, недостаточность функций почек; периферические невриты; остеопороз	Пища, воздух и вода

Сурьма	0,002-1,3 мг	При вдыхании паров развивается сурьмяная «литейная лихорадка»; увеличение числа гинекологических заболеваний; у мужчин нарушение половой функции; пневмосклероз	Вода, репа, картофель, чеснок, морепродукты, табак, лекарственные препараты
Олово	0,2-3,5 мг	Головная боль, рвота, металлический привкус во рту, светобоязнь, боли в животе, обезвоживание организма, задержка мочи, поражение кожи, психические заболевания	Консервированная пища и напитки, жирная рыба, горох, семена подсолнуха

1.2.4. Медицинские препараты, содержащие неорганические элементы

BaSO_4	- сульфат бария	Применяется при рентгенологических обследованиях пищевода, желудка и кишечника
BaS	-сульфид бария	Средство для удаления волос с кожи.
^{89}Sr и ^{90}Sr	- изотопы стронция	Применяется в лучевой терапии при костных опухолях
Cd	- кадмий	Применяется в стоматологии. Амальгамы, содержащие кадмий, применяются при пломбировании зубов
$\text{Al}(\text{OH})_3$	-гидроксид алюминия	Адсорбирующее средство.
$\text{KAl}(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	- квасцы	Применяется для лечения воспалительных заболеваний кожи и слизистых оболочек
Al_2S_3	- сульфид алюминия	Применяется как непротезирующее средство в стоматологии
$\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	-гидроарсенат натрия	Общеукрепляющее и тонизирующее средство при малокровии
Соединения мышьяка	- аминарсон - новарсенол - миарсенол	Применяются для лечения амебиоза, сифилиса

Соединения висмута	-дерматол, - бисмоверол, - бийохинол - кентабисмол	Применяются для лечения желудочно –кишечных заболеваний; в мази при воспалениях кожи Для лечения сифилиса
HgCl ₂	- сулема	Применяется для лечения кожных заболеваний
Hg ₂ Cl ₂	- каломель	Применяется для лечения раговицы
PbO	- свинцовый глет	В виде свинцового пластыря применяется при гнойно-воспалительных заболеваниях кожи, фурункулах
Сплав олова с серебром и золотом		Используется в стоматологии

Ситуационные задачи

1. Сульфат бария используется в медицине как рентгеноконтрастное вещество. Определите массу бария в 200 граммах этого препарата.
2. Ацетат свинца – $Pb(CH_3COO)_2$ – является вяжущим средством при воспалительных заболеваниях кожи. Применяется 0,5% раствор. Рассчитайте массу этого вещества для приготовления 200 мл 0,5% (масс) раствора. Какова массовая доля свинца (%) в этом растворе: $\rho = 1 \text{ г/мл}$.

Тестовые вопросы

1. Укажите неорганогенные элементы

A. O, Cu, Hg B. Al, Ba, As C. Al, Hg, Fe Д. Cu, Fe, Na

2. Укажите соединение мышьяка, которое применяется как непротезирующее средство в стоматологии

A. As_2O_3 B. $\text{As}(\text{OH})_3$ C. As_2S_3 Д. As_2O_5

3. Какое соединение обладает рентгеноконтрастным свойством и применяется в рентгенологии?

A. CaSO_4 B. BaSO_4 C. Na_2SO_4 Д. K_2SO_4

4. Укажите соединение ртути, которое применяется для лечения кожных заболеваний

A. HgSO_4 B. Hg_2Cl_2 C. $\text{HgO}, \text{HgNH}_2\text{Cl}$ Д. HgO

5. Укажите ряд p-элементов?

A. Al, Pb, Hg B. Hg, Au, Ag C. Al, As, Pb Д. Pb, Au, Hg

6. Какое соединение мышьяка применяются для лечения амебиоза, сифилиса

A. AsH B. AsS C. As O Д. Na AsO

$\overset{3}{\underset{3}{\text{As}}}$ 2 2 3 2 3

7. Какой из следующих ионов обладает наиболее выраженным канцерогенным свойством?

A. Ca^{+2} B. Cu^{+2} C. Ni^{+2} Д. Ba^{+2}

8. As O это:

2 3

A. основной оксид

B. кислотный оксид

C. амфотерный оксид

Д. индифферентный оксид

9. Какой элемент вызывает некроз?

A. As B. Ba C. Ni Д. Li

10. Укажите соединение алюминия, которое применяется для лечения воспалительных заболеваний кожи и слизистых оболочек

A. AlCl_3 B. $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ Д. $\text{Al}(\text{OH})_3$
C. AlH_3

1.3. Комплексные соединения

1.3.1. Основные понятия

Комплексные соединения – соединения, в узлах кристаллической решетки которых находятся сложные частицы (комплексные ионы), состоящие из центрального атома и окружающих его молекул или ионов - лигандов.

Впервые в 1893 году швейцарским ученым А.Вернером, лауреатом Нобелевской премии, было введено представление о комплексных (координационных) соединениях и сформулированы основные положения теории комплексных соединений.

Характерной особенностью комплексных соединений является наличие в них химической связи, возникшей по донорно-акцепторному механизму:



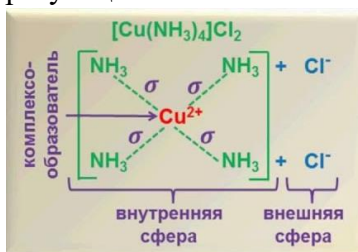
Сущность реакции комплексообразования заключается во взаимодействии акцептора электронной пары и донора электронной пары.

1.3.2. Строение комплексных соединений

В химии комплексных соединений оперируют следующими понятиями:

Комплексообразователь или **центральный ион(центральный атом)** – атом или ион, который является акцептором электронных пар, предоставляя свободные атомные орбитали на связь, вокруг которого расположены другие атомы или ионы (лиганды). Наибольшей комплексообразующей способностью

обладают d- и f- металлы (ионы или атомы), так как они имеют вакантные атомные орбитали на валентном уровне и достаточно большой положительный заряд ядра, за счет которого способны притягивать электронные пары доноров (Zn^{+2} , Mn^{+2} , Fe , Fe^{+2} , Fe^{+3} , Co , Co^{+2} , Co^{+3} , Cu^{+2} и т.д.). p- металлы также могут выступать в роли комплексообразователя (Sn^{+2} , Sn^{+4} , Pb^{+2} , Pb^{+4} , Al^{+3} , Bi^{+3}).



Лиганды или (адденты) – молекулы или ионы, которые являются донорами электронных пар и непосредственно связаны с комплексообразователем.

Лигандами являются частицы, содержащие неподеленные электронные пары или достаточно подвижные π –электронные пары. Это могут быть:

1.Анионы (OH^- , H^- , Cl^- , F^- , I^- , NO_2^- , CN^- , CNS^- , NO_2^- , Cl^- , I^- , CO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ и т.д.)

2.Молекулы неорганические (H_2O , NH_3 , CO и т.д.) и органические (этилендиамин - $\text{NH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--NH}_2$ и т.д.).

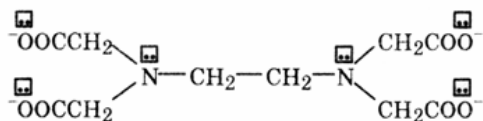
Дентатность - число координационных мест, которое может занимать лиганд, определяется количеством связей (числом электронных пар), которые лиганд образует с комплексообразователем. Различают моно-,би- и полидентатные лиганды.

Монодентатные лиганды дают на образование связи одну электронную пару: Cl^- , F^- , CN^- , CNS^- , OH^- , H^- , NO_2^- и т.д.

Бидентатные - две электронные пары: $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , $\text{NH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--NH}_2$, OOC--COO^- , $\text{H}_2\text{N--CH}_2\text{COO}^-$ и т.д.



Полидентатные – три и больше электронных пар: этилендиаминтетраацетат (ЭДТА) может занимать 4,5 или 6 координационных мест:

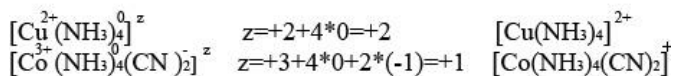


Лиганды координируются вокруг комплексообразователя, образуя **внутреннюю сферу комплексного соединения**, которая называется **комплексным ионом** и заключается в квадратные скобки.

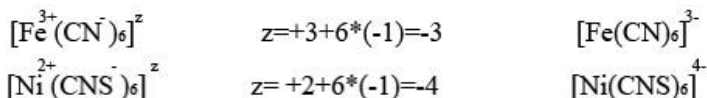
Заряд внутренней сферы комплексного соединения равен алгебраической сумме зарядов комплексообразователя и всех

лигандов и может быть положительным, отрицательным или нулевым.

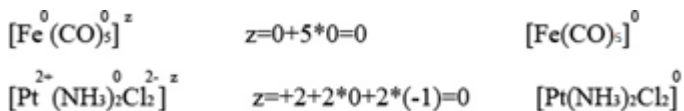
а) если внутренняя сфера заряжена положительно, образуется катионный комплекс:



б) если внутренняя сфера заряжена отрицательно, образуется анионный комплекс:



в) если внутренняя сфера незаряжена, образуется комплексная нейтральная молекула



Природа связи между центральным атомом и лигандами может быть двоякой. С одной стороны, связь обусловлена силами электростатического притяжения, с другой — между центральным атомом и лигандами может образоваться связь по донорно-акцепторному механизму по аналогии с ионом аммония.

Заряд внутренней сферы компенсируется ионами внешней сферы комплексного соединения.

Внешняя сфера комплексного соединения — это положительно или отрицательно заряженные ионы, нейтрализующие заряд комплексного иона и связанные с ним ионной связью.

Суммарный заряд ионов внешней сферы всегда равен по значению и противоположен по знаку заряду внутренней сферы, чтобы молекула комплексного соединения была электро-нейтральна.



Координационное число(к.ч.)- число (сигма) σ связей, которое образует комплексообразователь с лигандами. Значение

координационного числа комплексообразователя зависит от многих факторов:

1. от химической природы комплексообразователя и лиганда, их заряда и радиуса;
2. от поляризующей способности комплексообразователя и поляризуемости лиганда;
3. от концентрации лиганда, температуры, т.е. от условий комплексообразования.

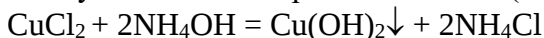
Часто оно равно удвоенному заряду иона комплексообразователя. Наиболее характерными координационными числами являются 2, 4 и 6.

1.3.3. Получение комплексных соединений

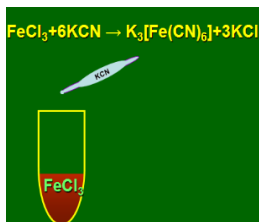
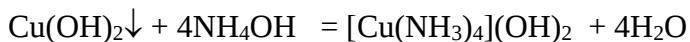
Комплексные соединения получают при взаимодействии простых (бинарных) соединений низшего порядка между собой. Например, при взаимодействии газообразного аммиака с газообразным хлоридом водорода образуется твердый хлорид аммония:



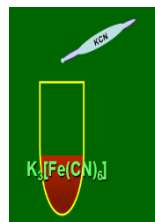
При взаимодействии хлорида меди (II) с гидроксидом аммония образуется осадок глубокого цвета гидроксид меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$:

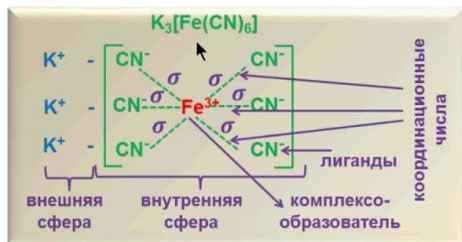


При добавлении к осадку избытка гидроксида аммония осадок растворяется и образуется комплексное соединение аммиакат меди(II):



При взаимодействии хлорида железа (III) с цианидом калия образуется комплексное соединение гексацианоферрат(III) калия синего цвета.





Следовательно, зная заряд иона комплексообразователя и лигандов, координационное число центрального атома, внешнесферный ион и его заряд можно написать строение комплексного соединения.

1.3.4. Классификация комплексных соединений

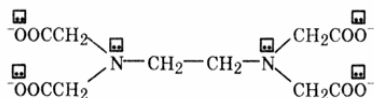
Комплексные соединения классифицируют по нескольким признакам.

По заряду комплексного иона различают:

- катионные: $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$;
- анионные комплексы: $\text{K}_2[\text{BeF}_4]$, $\text{Li}[\text{AlH}_4]$;
- нейтральные: $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ комплексы.

По числу мест, занимаемых лигандами в координационной сфере:

- моодентатные H_2O , NH_3 , CO , NO , CN^- , F^- , Cl^- , OH^- , SCN^- , и др.;
- бидентатные лиганды $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COO}^-$, $^-\text{O}-\text{CO}-\text{CO}-\text{O}^-$, CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$;
- полидентатные лиганды этилендиаминтетрауксусная кислота — ЭДТА и ее соли (трилон Б) др..



По природе лиганда:

• аммиакаты — соединения, в которых лигандами служат молекулы аммиака, например: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$ и др.;

• аквакомплексы — в которых лигандом выступает вода: $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$, $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$, $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ и др.;

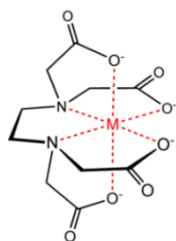
• карбонилы — комплексные соединения, в которых лигандами являются молекулы оксида углерода(II): $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$, $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$;

- *ацидокомплексы* — комплексы, в которых лигандами являются кислотные остатки. К ним относятся комплексные соли: $K_2[PtCl_4]$, комплексные кислоты: $H_2[CoCl_4]$, $H_2[SiF_6]$. В зависимости от природы кислотного остатка

фторокомплексы – $K_2[BeF_4]$, $Na_3[AlF_6]$.

цианокомплексы – $K_3[Fe(CN)_6]$ и т.д.;

- *гидроxoкомплексы* — комплексные соединения, в которых в качестве лигандов выступают гидроксид-ионы: $Na_2[Zn(OH)_4]$, $Na_2[Sn(OH)_6]$ и др.;



- *циклические комплексные соединения*, образуемые полидентантными лигандами, составляющие группу так называемых *хелатных комплексов*. Например: комплексное соединение этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) с металлами. В этом соединении полидентантный лиганд связан с

комплексобразователем ковалентной связью, образованной как по донорно-акцепторному механизму, так и по обменному механизму.

По принадлежности к определенному классу:

различают *комплексные кислоты, основания и соли*. Они являются электролитами

<i>Кислоты</i>	<i>Основания</i>	<i>Соли</i>	<i>Неэлектролиты</i>
$H[AuCl_4]$	$[Ag(NH_3)_2]OH$	$[Ni(NH_3)_6](NO_3)_2$	$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$
$H_2[SiF_6]$	$[Cu(NH_3)_4](OH)_2$	$Na_3[AlF_6]$	$[Ni(CO)_4]$

По внутренней структуре комплексного соединения:

моно- $[PdCl_4]^{2-}$, $[PtCl_4]^{2-}$ и полиядерные $[Pd_2Cl_6]^{2-}$, $[Pt_2Cl_6]^{2-}$ комплексы отличаются числом атомов комплексобразователя.

Например: $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ – дихлородиамминплатина (II).

1.3.6. Внутрикомплексные соединения

Внутрикомплексные соединения являются одной из разновидностей *циклических* или так называемых *хелатных комплексных* соединений. *Хелаты* - комплексные соединения с полидентантными лигандами, причём один лиганд образует не

менее двух связей с комплексообразователем. Структура комплекса всегда циклическая.

Внутрикомплексные соединения образуются за счет ковалентных связей, образованных по донорно-акцепторному механизму. Лиганды, являясь полидентантными, содержат одновременно две и более функциональных групп:

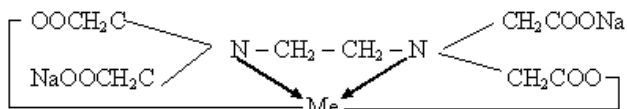
1. Способные к образованию ковалентно-полярных связей за счет реакций обмена: $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{NH}$, $-\text{OH}$, $-\text{HS}$ и т.д..

2. Доноры электронных пар: N , $>\text{NH}$, $>\text{CO}$, $-\text{S}-$ и др.

Лиганды внутрикомплексных соединений называют *комплексонами*. К ним относятся аминополикарбоновые кислоты и их производные, аминоуксусная кислота (глицин), этилендиаминтетрауксусная кислота и ее двунатриевая соль, называемая трилоном Б и другие.

Полидентатные лиганды с ионом металла образуют так называемые *циклические* соединения, в которых центральный атом и полидентатный лиганд образуют цикл. Как правило, хелаты более устойчивы по сравнению с комплексами тех же металлов с монодентатными лигандами.

В последние годы широкое применение нашли внутрикомплексные соединения на основе этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) и других аминополикарбоновых кислот и их натриевые соли, называемые *комплексонами*.



С ионами тяжелых металлов комплексоны образуют устойчивые комплексные соединения, которые не обладают вредным действием, присущим ионам металлов, что позволяет использовать трилон Б как антидот при отравлениях тяжелыми металлами.

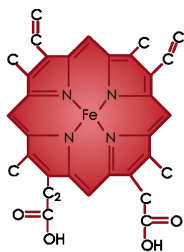
1.3.7. Применение комплексных соединений в медицине

Комплексные соединения широко применяются в медицине, имеют следующие важные значения в организме и в аналитической химии:

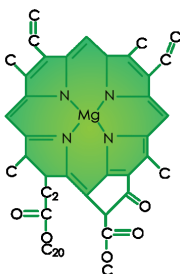
- сложные молекулы гемоглобинов и хлорофиллов представляют собой *внутрикомплексные соединения*;
- комплексными соединениями являются *молекулы многих ферментов*;
- комплексные соединения применяются в медицине в качестве лекарственных препаратов;
- внутрикомплексные соединения комплексона III с различными металлами приобрели большое значение для аналитической химии.



Гемоглобин, хлорофилл и их функции



Гемоглобин



Хлорофилл

Гемоглобин и хлорофилл являются комплексными соединениями железа и магния соответственно.

Гемоглобин — молекула, состоящая из белка глобина (2α- и 2β-цепи) и 4 пигментных групп (гем), которые способны обратимо связывать молекулярный кислород. В эритроците содержится в среднем 400 млн молекул гемоглобина.

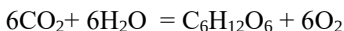
Основная функция гемоглобина — транспорт кислорода и углекислого газа.

Кроме того, гемоглобин обладает буферными свойствами, а также способностью связывать токсические вещества. У человека в капиллярах лёгких в условиях избытка кислорода последний соединяется с гемоглобином. Поток крови эритроциты, содержащие молекулы гемоглобина со связанным кислородом, доставляются к органам и тканям, где кислорода мало; здесь необходимый для протекания окислительных процессов кислород освобождается от связи с гемоглобином.

Хлорофилл - зелёный пигмент, окрашивающий хлоропласты растений в зелёный цвет. При его участии происходит фотосинтез. Основным источником энергии для жизнедеятельности является солнечный свет, в поглощении которого участвует хлорофилл - комплекс магния с макроциклическими лигандами. Цвет листы фотосинтезирующих растений обусловлен высокой концентрацией хлорофилла. В процессе фотосинтеза молекула хлорофилла претерпевает изменения, поглощая световую энергию, которая затем используется в фотохимической реакции



взаимодействия углекислого газа и воды с образованием органических веществ (как правило, углеводов).



ХИМИЯ И ЗДОРОВЬЕ



Витамин В₁₂

Семейство витаминов В₁₂ (кобаламинов) является комплексным соединением, которое включает порфириновые производные кобальта, в которых ион-комплексобразователь Co^{2+} связан с пятью атомами азота хелатного лиганда и одним монодентатным лигандом-цианогруппой CN^- , анионом OH^- группы. Терапевтическое действие кобаламинов практически не зависит от природы монодентатного лиганда, т.к. в организме человека все они быстро превращаются в цианокобаламин. Витамины семейства В₁₂ обладают широким спектром биологического действия. Они участвуют в катаболизме жиров и белков, синтезе метионина и процессах кроветворения. Недостаток витамина В₁₂ приводит к развитию анемии и дегенерации нервных тканей. При дефиците витамина В₁₂ на фоне анемической клинической картины или без неё могут возникать неврологические расстройства, в том числе демиелинизация и необратимая гибель нервных клеток. Симптомами такой патологии являются онемение или покалывание конечностей и атаксия.



Дефицит витамина В₁₂ оказывает влияние на появление клинических депрессий у пожилых пациентов.



ХИМИЯ И ЗДОРОВЬЕ



Комплексные соединения в организме

Роль комплексных соединений в жизнедеятельности живых организмов огромна. Организм представляет систему, состоящую из множества комплексообразователей и лигандов, с определенным соотношением между ними. Нарушение баланса компонентов (металло-лигандного гомеостаза) приводит к развитию патологических состояний. В процессах обмена веществ фундаментальную роль играет биокатализ, в котором принимают участие металлоферменты. Ферменты, которые содержат в своем составе ионы металла или которые ими активируются, называют *металлоферментами*. Это достаточно распространенная группа биологических катализаторов, в которых

ионы металлов Fe, Co, Mn, Zn, Mg, Cu могут выполнять роль как *активатора*, так и *кофактора*.

Всего известно около 700 ферментов, четвертую часть которых составляют металлоферменты. В их состав входят в основном ионы переходных металлов (железо входит в состав 70 ферментов, медь – 30, марганец – 12). Ферменты – уникальные катализаторы, обладающие непревзойденной эффективностью действия и высокой селективностью. Биокаталитические реакции, которые происходят в организме при участии металлоферментов, делят на *окислительно-восстановительные и гидролитические*. В роли кофакторов *окислительно-восстановительных реакций* выступают ионы переходных металлов. Основным окислителем в биологических процессах является молекулярный кислород атмосферы или воды. Главные продукты окисления – вода и углекислый газ. Известна большая группа металлоферментов – дегидрогеназ (с цинком в активном центре), катализирующая реакции отщепления гидрид-ионов от различных субстратов, например, алкогольдегидрогеназы отщепляют гидрид-ионы от спиртов, превращая их в альдегиды. Реакции окисления альдегидов до карбоновых кислот катализируют альдегидоксидазы, содержащие молибден.

В *гидролитических реакциях* не происходит переноса электронов, а лишь разрушаются и образуются химические связи в различных субстратах. Например, цинк-карбоангидраза катализирует процесс превращения диоксида углерода в гидрокарбонат-ион. Гидролиз пептидной связи N- и C- концевых участков происходит под действием аминопептидазы с магнием, цинком или марганцем в активном центре и карбоксипептидазы с цинком в активном центре. Неспецифический гидролиз полипептидной связи на любом участке катализируется кальцийсодержащей протеазой.



Комплексные соединения биолигандов с биоактивными металлами как лекарственные препараты

Известно, что биоактивные металлы необходимы для нормальной жизнедеятельности организма. Однако, непосредственное введение в организм катионов биометаллов (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Cr^{3+}) в форме их неорганических солей (например, хлоридов или сульфатов) оказывает токсическое действие, поскольку при попадании в желудочно-кишечный тракт или другие жидкие среды организма эти ионы превращаются либо в нерастворимые соединения (фосфаты, карбонаты, оксалаты), либо в прочные комплексы с защитными белками. В связи с этим возникла необходимость синтеза комплексных соединений биометаллов с биологически активными лигандами, которые более активны по сравнению с их неорганическими солями.

В настоящее время в медицинской практике широко применяется лекарственный препарат *Цисплатин*, представляющий собой комплексное

соединение платины $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$. Этот препарат обладает выраженными цитотоксическими, бактерицидными и мутагенными свойствами. Цисплатин в настоящее время широко применяется в медицине как противораковое средство.

Учеными Узбекистана синтезированы комплексные соединения витаминов, аминокислот, амидов кислот и многих других биологически активных лигандов с биогенными элементами, которые широко применяются в качестве лекарственных препаратов. К таким препаратам относятся следующие:

Препарат Кобавит – комплексное соединение витамина U с кобальтом Co^{3+} . Кобавит обладает выраженной гепатопротекторной, антианемической и противоязвенной активностью. В качестве гепатопротектора Кобавит применяется при острых, затяжных и хронических формах гепатитов, при циррозе печени и др. Препарат оказывает высокий антианемический эффект при лечении анемий различной этиологии и различной степени тяжести.

Препарат Купир – комплексное соединение пиридоксина с медью Cu^{2+} . Купир влияет на интенсивность обменных процессов, обладает антиоксидческими свойствами, повышает выработку меланина. Применяется при лечении витилиго.

Препарат Ферамид – комплексное соединение железа Fe^{2+} с никотиномидом. Ферамид восстанавливает недостаток железа в организме, стимулирует эритропоэз. Способствует ликвидации лабораторных и клинических признаков анемии. Ферамид широко применяется при лечении постгеморрагической анемии, железодефицитной анемии различного происхождения.

Препарат Коамид – комплексное соединение кобальта Co^{2+} с никотиномидом. Коамид является стимулятором кроветворения, способствует усвоению организмом железа и стимулирует процессы его преобразования (образование белковых комплексов, синтез гемоглобина), нормализует эритропоэтическую активность и ликвидирует анемию. Применяется при лечении гипохромных и гипопластических анемий (при железодефицитных анемиях одновременно с препаратами железа).



Применение комплексных соединений в методах количественного анализа

Широкое применение методы комплексонометрии получили после открытия органических веществ, относящихся к классу аминокарбоновых кислот, которые оказались прекрасными комплексообразователями. Эти соединения были названы *комплексонами*, а методы объёмного анализа, основанные на их применении, – *комплексонометрией*. К наиболее известным

комплексонам относятся: - нитрилотриуксусная кислота (комплексон I), этилендиаминтетрауксусная кислота (комплексон II), динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА, комплексом III, трилон Б). На практике обычно применяют хорошо растворимую в воде динатриевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (трилон Б). Анион этой соли образует особо прочные пятичленные циклы с ионами металлов и может действовать как четырёх-, пяти- и шестидентатный лиганд. В настоящее время разработаны комплексонометрические методы определения более 80 химических элементов. Широкое распространение получила комплексонометрия в медико-биологических исследованиях. Этот метод необходим для количественного определения в живых организмах кальция, магния и многих микроэлементов. Комплексонометрия применяется в анализе лекарственного сырья, питьевых, минеральных и сточных вод. В биологии и медицине комплексоны используются не только в аналитических целях, но и в качестве стабилизаторов при хранении крови, так как комплексоны связывают ионы металлов, катализирующих реакции окисления.

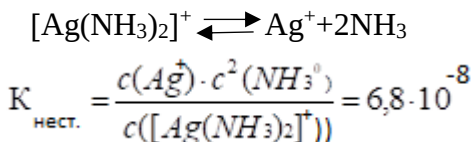


1.3.8. Равновесие в растворах комплексных соединений

В водных растворах комплексные соединения диссоциируют. Первичная диссоциация протекает полностью по типу диссоциации сильных электролитов:



Диссоциация внутренней координационной сферы характеризуется наличием равновесия между комплексной частицей, центральным ионом и лигандами, которое подчиняется закону действия масс и характеризуется константой равновесия, называемой *константой нестойкости комплексного иона*:



$K_{\text{нест.}}$ служит мерой устойчивости комплекса. Чем меньше значение константы нестойкости, тем устойчивее комплекс.

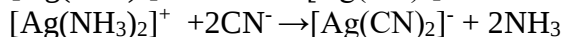
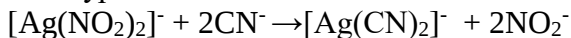
Значения $K_{\text{нест.}}$ приводятся в справочниках. Пользуясь значением $K_{\text{нест.}}$ координационных соединений, можно предсказать направление реакций, протекающих с образованием и разрушением комплексных соединений. Реакция направляется всегда в сторону образования соединений с наименьшим значением $K_{\text{нест.}}$.

Например: $K_{\text{нест.}} [\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]^- = 1,5 \cdot 10^{-3}$

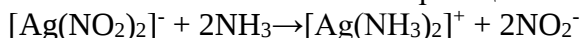
$K_{\text{нест.}} [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ = 6,8 \cdot 10^{-8}$

$K_{\text{нест.}} [\text{Ag}(\text{CN})_2]^- = 1 \cdot 10^{-21}$

Поскольку $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ имеет наименьшую $K_{\text{нест.}}$, первые два комплекса взаимодействуют с CN^- ионом с образованием цианидного соединения по уравнению:



Также может иметь место реакция:



Ситуационные задачи

1. Комплексное соединение платины $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ широко применяется в медицине при лечении онкологических заболеваний.

Укажите координационное число, заряд комплексного иона и лиганды данного комплексного соединения. Напишите диссоциацию и выведите формулу константы нестойкости этого соединения.

2. Лиганды внутрикомплексных соединений называют комплексоном. Приведите примеры комплексонов. За счет каких связей координируются комплексоны к ионам металлов.

1. В каком комплексном соединении заряд центрального атома наибольший?

A. $K[PtCl_6]$ B. $K_2[ZnF_4]$ C. $K_2[Pt(S_2O_4)_2]$ Д. $[Ag(NH_3)_2]Cl$

2. К какому типу комплексных соединений относится хлорофил?

A. аквакомплекс B. внутрикомплексное соединение
C. аминоккомплекс Д. ацидокомплекс

3. Какой металл входит в состав фермента цитохромоксидаза?

A. Cu^{2+} B. Zn^{2+} C. Fe^{2+} Д. Co^{2+}

4. Расположите комплексные соединения в порядке увеличения степени окисления центрального атома:

1) $K_3[Fe(CN)_6]$ 2) $[Ag(NH_3)_2]Cl$ 3) $[Pt(NH_3)_4Cl_2]Cl_2$
4) $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$
A. 1234 B. 2431 C. 2413 Д. 4321

5. Укажите 3 соединения, являющиеся внутрикомплексными соединениями

1) хлорофилл 2) гемоглобин 3) сульфат железа (III)
4) калий тетрагидрид ртути

A. 123 B. 234 C. 214 Д. 124

6. Укажите 3 соединения, которые не являются катионными комплексами

1) $K_3[AlF_6]$ 2) $K_2[PtCl_4]$ 3) $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ 4) $Na_3[Fe(CN)_6]$
A. 234 B. 134 C. 124 Д. 123

7. Укажите свойства комплексных соединений

1) $[Ag(NH_3)_2]Cl$ 2) $Na_3[Co(NO_2)_6]$ 3) $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$

а) анионный комплекс, желтого цвета, в) нейтральный комплекс, с) катионный комплекс, аммиакат

А. $1s2a3b$

В. $2a3b1c$

С. $1b2c3c$

Д. $b2a3c$

8. Лиганды - это:

А. доноры электронной пары

В. акцепторы электронной пары

С. кислоты

Д. амфолиты

9. Укажите комплексообразователь, лиганды, координационное число центрального атома в соединении:

$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$

А. Pt, Cl^- , 4

В. Cl, K^+ , 2

С. Pt, Cl^- , (NH_3) 4

Д. Cl, K^+ , 4

10. Какова химическая связь в комплексном соединении между центральным атомом и лигандами?

А. ионная

В. донорно-акцепторная

С. ковалентная полярная

Д. ковалентная неполярная

Контрольные вопросы

1. Какой d-элемент является наиболее распространённым в земной коре?
2. Какие элементы относятся к биогенным d-элементам?
3. Какие элементы относятся к макроэлементам в организме человека?
4. Какую роль играет железо в составе гемоглобина?
5. Какой элемент входит в состав витамина B_{12} ?

6. Почему дефицит кальция приводит к рахиту и остеопорозу?
 7. Укажите биологическую роль ионов Na^+ и K^+ .
 8. Почему дефицит железа вызывает анемию?
 9. Какова биологическая роль меди в организме?
 10. Ионы каких металлов входят в состав металлоферментов?
 11. В чем заключается сущность антагонистического и синергистического действия биогенных элементов?
 12. Какие свойства позволяют использовать BaSO_4 в рентгенологии?
 13. Какие элементы являются токсичными для организма человека?
 14. Что характеризует константа нестойкости комплексных соединений?
 15. Приведите примеры внутрикомплексных соединений
-

2.1. Растворы

2.1.1. Понятие о растворах

Жидкие растворы, в первую очередь водные растворы, имеют большое значение в биологии и медицине. Они являются внутренней средой живых организмов, где протекают жизненно важные процессы, такие как, обмен веществ. Биологические жидкости: плазма крови, лимфа, желудочный сок, моча и др.-представляют собой сложные смеси белков, липидов, углеводов, солей, растворенных в воде. Растворимость лекарственных препаратов в воде учитывается при использовании их для лечения. Растворы лекарственных препаратов в медицинской практике используются всегда с численным выражением их состава. Поэтому знание единиц измерения концентрации растворов необходимо для врача.

Растворами называют однородные системы, состоящие из двух и более компонентов и продуктов их взаимодействия. Всякий раствор состоит из растворителя и растворенного вещества. **Растворителем** называют тот компонент, частицы которого преобладают в растворе и не меняет свое агрегатное состояние, остальные компоненты раствора называют **растворёнными веществами**. Растворитель и растворенное вещество могут находиться в жидком, твердом и газообразном агрегатном состоянии. Если растворить сахар (твердый) в воде (жидкая) образуется раствор сахара, где сахар растворенное вещество, вода растворитель. При растворении углекислого газа (газ) в воде (жидкая) образуется газированная вода. Здесь углекислый газ растворенное вещество. Вода растворитель.

Обычно, говоря о растворе, имеют в виду жидкий раствор. Жидкие растворы — это растворы твердых, жидких и газообразных веществ в жидких растворителях, обычно в воде. Молекулы растворенного вещества равномерно распределены во всем объеме раствора.

От механической смеси раствор отличается однородностью, от химического соединения — непостоянством состава.

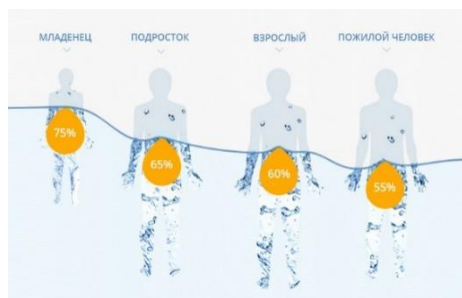
Растворение — переход молекул вещества из одной фазы в другую. Этот процесс происходит в результате взаимодействия атомов (молекул) растворителя и растворённого вещества и сопровождается увеличением энтропии при растворении твёрдых веществ и её уменьшением при растворении газов. При растворении меж-фазная граница исчезает, при этом многие физические свойства раствора (например, плотность, вязкость, иногда — цвет, и другие) меняются. В случае химического взаимодействия растворителя и растворённого вещества сильно меняются и химические свойства — например, при растворении газа хлороводорода в воде образуется раствор соляной кислоты.

Чаще в качестве растворителя используется вода. Вследствие своих аномальных свойств вода уникальный растворитель, прекрасно приспособленный для жизнедеятельности.



Вода в организме человека

Самым распространенным растворителем на нашей планете является вода. *Вода – основной элемент организма человека, жизненно важный для работы органов и терморегуляции.*

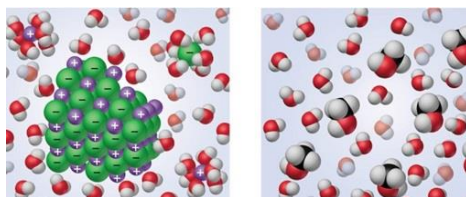


Организм среднего человека массой 70 кг содержит примерно 40 кг воды. При этом около 25 кг воды приходится на жидкость внутри клеток, а 15 кг составляет внеклеточная жидкость, в которую входят плазма крови, межклеточная жидкость, спинномозговая жидкость, внутриглазная жидкость и жидкое содержимое желудочно-кишечного тракта. Для большинства происходящих в наших клетках химических реакций требуется вода. Вода нужна для транспортировки питательных веществ и кислорода ко всем клеткам организма. Она помогает преобразовывать пищу в энергию и усваивать питательные вещества. Вода поддерживает стабильность температуры тела и защищает жизненно важные органы, участвует в поддержании формы клеток и органов и важна для

здоровья кожи. Вода помогает организму избавляться от отходов: с потом и мочой выходят многие шлаки, вода вымывает и разбавляет едкие вещества. Вода также способствует дыханию. Количество воды в организме зависит от возраста, у младенцев она составляет 75%, у подростков 65%, у взрослых 60% и у пожилых людей 55% массы тела.

Вода хорошо растворяет ионные и многие полярные соединения. Такое свойство воды связано в значительной мере с ее высокой диэлектрической проницаемостью.

Важны и другие аномальные свойства воды: высокое поверхностное натяжение, низкая вязкость, высокая температура кипения и более высокая



плотность в жидком состоянии, чем в твердом. Для воды характерно наличие ассоциатов групп молекул, соединенных водородными связями. В зависимости от сродства к воде функциональные группы растворяемых частиц подразделяются на *гидрофильные* (притягивающие воду), легко сольватируемые водой, *гидрофобные* (отталкивающие воду) и *дифильные*.

К гидрофильным группам относятся полярные функциональные группы: гидроксильная $-\text{OH}$, амино $-\text{NH}_2$, тиольная $-\text{SH}$, карбоксильная $-\text{COOH}$.

К гидрофобным - неполярные группы, например углеводородные радикалы: $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-$, C_6H_5- .

К дифильным относят вещества (аминокислоты, белки), молекулы которых содержат как гидрофильные группы ($-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{SH}$, $-\text{COOH}$), так и гидрофобные группы: $(\text{CH}_3, (\text{CH}_2)_n, -\text{C}_6\text{H}_5-)$. При растворении дифильных веществ происходит изменение структуры воды как результат взаимодействия с гидрофобными группами. Степень упорядочения молекул воды, близко расположенных к гидрофобным группам, увеличивается, и контакт молекул воды с гидрофобными группами сводится к минимуму. Гидрофобные группы, ассоциируясь, выталкивают молекулы воды из области своего расположения.

2.1.2. Процесс растворения



физическими процессами. Одним из таких процессов является диффузия растворенного вещества и растворителя. Благодаря диффузии частицы (молекулы, ионы) удаляются с поверхности

растворяющегося вещества и равномерно распределяются по всему объему растворителя. Именно поэтому в отсутствие перемешивания скорость растворения зависит от скорости диффузии

Великий русский химик Д. И. Менделеев (1834-1907) считал, что важную роль при растворении играют химические процессы. Он доказал существование гидратов серной кислоты $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и некоторых других веществ, например, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. В этих случаях растворение сопровождается образованием химических связей частиц растворяемого вещества и растворителя. Этот процесс называется **сольватацией**, в частном случае, когда растворителем является вода - **гидратацией**. Как установлено, в зависимости от природы растворенного вещества сольваты (гидраты) могут образовываться в результате физических взаимодействий: ион-дипольного взаимодействия (например, при растворении веществ с ионной структурой (NaCl и др.); диполь-дипольного взаимодействия при растворении веществ с молекулярной структурой (органические вещества)). Химические взаимодействия осуществляются за счет ковалентных связей, образованных по донорно-акцепторному механизму. Здесь ионы растворенного вещества являются акцепторами электронов, а растворители (H_2O , NH_3) донорами электронов (например, образование аквакомплексов), а также в результате образования водородных связей (например, растворение спирта в воде).

Доказательствами химического взаимодействия растворенного вещества с растворителем являются тепловые эффекты и

изменение окраски, сопровождающие растворение. Например, при растворении гидроксида калия в воде выделяется теплота, при растворении хлорида натрия теплота поглощается. Теплота, выделяемая или поглощаемая при растворении 1 моль вещества, называется **теплотой растворения** $Q_{\text{раств.}}$. В соответствии с первым началом термодинамики $Q_{\text{раств.}} = -\Delta H_{\text{раств.}}$, где $\Delta H_{\text{раств.}}$ изменение энтальпии при растворении данного количества вещества.. Таким образом, в соответствии с современными представлениями, растворение физико-химический процесс, в котором играют роль как физические, так и химические виды взаимодействия.

2.1.3. Растворимость. Влияние различных факторов на растворимость

Растворимостью называется способность вещества растворяться в том или ином растворителе. Количественно растворимость выражают массой вещества, которое может раствориться в 100 г воды при данной температуре. Эта величина называется также **коэффициентом растворимости**. Если в 100г воды растворяется более 1 г вещества, то такое вещество называют **хорошо растворимым**.

Если растворяется менее 1 г вещества – вещество **малорастворимо**.

Вещество считают **нерастворимым**, если в раствор переходит менее 0,1 г вещества.

Абсолютно нерастворимых веществ не бывает. Даже когда серебряную ложку опускают в воду, небольшая часть ионов серебра неизбежно переходит в воду. А ионы серебра обладают антисептическим свойством. Поэтому в народной медицине для очищения организма от различных микробов применяли воду, содержащую ионы серебра.

В общем растворимость твердых веществ зависит от:

- природы растворенного вещества и растворителя;
- состава раствора;
- температуры.

Влияние *природы компонентов* раствора выражается простым правилом: *подобное растворяется в подобном*, т.е. растворенные вещества с ионными или сильно полярными ковалентными связями лучше растворяются в полярных растворителях (например, воде), а вещества с малополярными или неполярными связями – в неполярных растворителях (например, гексане). В качестве примера приведем растворимость (в граммах вещества на 100 г воды при комнатной температуре) нескольких веществ: твердых, жидких и газообразных, среди которых многие имеют похожие химические формулы (таблица 2.1.3.1.).

Таблица 2.1.3.1. Растворимость некоторых веществ в воде при комнатной температуре

Название вещества	Формула	Агрегатное состояние	Растворимость (г/100 г воды)
Серная кислота	H_2SO_4	жидкость	Любое количество
Хлороводород	HCl	газ	71,9
Хлорид натрия	NaCl	крист.	35,9
Сульфат меди	$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	крист.	20,7
Сульфат кальция	CaSO_4	крист.	0,2
Тетрахлорид углерода	CCl_4	жидкость	0,08
Сульфат бария	BaSO_4	крист.	0,00023
Хлорид серебра	AgCl	крист.	0,00015

Растворимость большинства (но не всех!) твердых веществ с увеличением температуры увеличивается.

Таблица 2.1.3.2. Влияние температуры на растворимость некоторых твердых веществ (растворимость в г/100 г воды)

Вещество	Температура, °С
----------	-----------------

	0	20	50	80	100
KBr	53,5	65,2	80,8	94,6	103,3
NaCl	35,7	35,9	36,8	38,1	39,4
CaSO ₄	0,176	0,206	0,180	0,102	0,066

Если полученные в опытах значения нанести на оси координат, то получаются так называемые *кривые растворимости* различных веществ (рисунок 1.3.8.3.1.). Эти кривые имеют практическое значение. По кривым растворимости легко узнать, сколько вещества (например, KNO₃) выпадет в осадок при охлаждении до 20°C насыщенного раствора, приготовленного при 80°C. Растворимость газов при повышении температуры уменьшается.

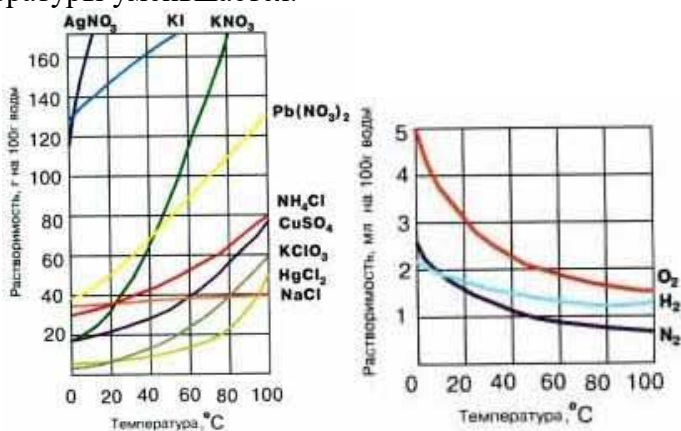


Рисунок 2.1.3.1. Кривые растворимости твердых (а) и газообразных (б) веществ

Растворимость газов зависит от:

- давления;
- температуры.

При повышении давления и понижении температуры растворимость газов увеличивается. Это связано прежде всего с тем, что молекулы газов при тепловом движении способны покидать раствор гораздо легче, чем молекулы твердых веществ. При понижении давления растворимость газов уменьшается. В этом можно убедиться, открыв бутылку с минеральной водой, в

которой углекислый газ растворяют под давлением. Как только бутылку открывают, давление в ней падает и тут же уменьшается растворимость газа, который начинает выделяться из раствора в виде пузырьков. Газы, молекулы которых неполярны, растворяются, как правило, лучше в неполярных жидкостях – и наоборот. Зависимость растворимости газов от давления выражается **законом Генри – Дальтона**: *Растворимость газа в жидкости прямо пропорциональна его давлению над жидкостью.*

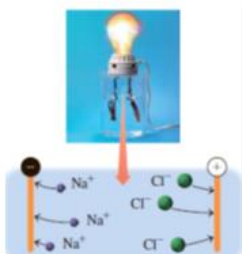
$$c = kP$$

Здесь c – концентрация раствора газа в жидкости, k – коэффициент пропорциональности, зависящий от природы газа. Закон Генри – Дальтона справедлив только для разбавленных растворов при малых давлениях, когда газы можно считать идеальными. Газы, способные к специфическому взаимодействию с растворителем, данному закону не подчиняются.

2.1.4. Растворы электролитов и неэлектролитов

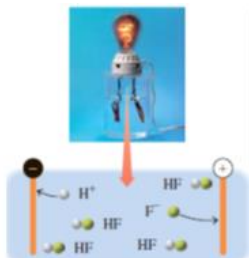
Электролиты — вещества, проводящие в расплавах или водных растворах электрический ток. В расплавах или водных растворах они диссоциируют на ионы.

Неэлектролиты — вещества, водные растворы и расплавы которых не проводят электрический ток, так как их молекулы не диссоциируют на ионы.



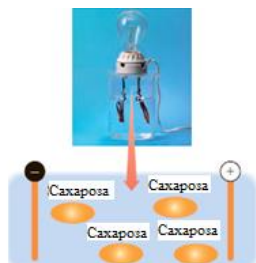
Сильный электролит

Сильные электролиты при растворении в воде хорошо проводят электрический ток



Слабый электролит

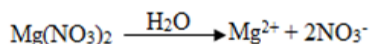
Слабые электролиты слабо проводят электрический ток



Неэлектролит

Неэлектролиты вообще не проводят электрический ток

Электролиты при растворении в подходящих растворителях (вода, другие полярные растворители) диссоциируют на ионы. Сильное физико-химическое взаимодействие при растворении приводит к значительному изменению свойств раствора (химическая теория растворов). **К сильным электролитам** относятся *кислоты, щелочи и почти все растворимые в воде соли, к неэлектролитам* - большинство органических соединений, а также вещества, в молекулах которых имеются только ковалентные неполярные или малополярные связи. При диссоциации легко разрывается ионная связь. Например, нитрат магния при растворении в воде диссоциирует на ион магния и нитрат- ионы. При этом разрывается ионная связь между ионом магния и нитрат-ионом, однако ковалентная связь между азотом и кислородом сохраняется.



Сильные электролиты при растворении в воде *хорошо проводят электрический ток* (полностью распадаются на ионы, например, NaCl), *слабые электролиты слабо проводят электрический ток* (мало распадаются на ионы, например HF), неэлектролиты вообще не проводят электрический ток (совсем не распадаются на ионы, например сахара).



ХИМИЯ И ЗДОРОВЬЕ



Электролиты в биологических жидкостях организма

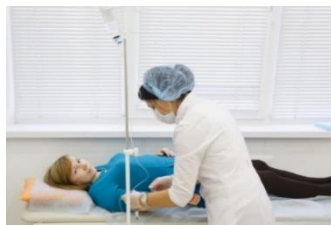
Основными катионами организма являются натрий, калий, кальций и магний; анионами - хлориды, гидрокарбонаты, фосфаты и органические кислоты. Электролиты выполняют в организме важную роль: отвечают за осмотическое давление и pH биологических жидкостей, величину ионной силы биосред, образуют биоэлектрический потенциал, катализируют процессы обмена веществ, служат в качестве энергетических депо (фосфаты), участвуют в свертывающей системе крови, а также обеспечивают функционирование скелетной и сердечной мускулатуры. Кроме того, электролиты служат неотъемлемыми компонентами ферментативных и окислительно-восстановительных реакций, постоянно проходящих в организме. Постоянство концентраций электролитов в водных биосредах (водно-электролитный баланс) и определяемая этим постоянством величина ионной

силы биосред - одно из требований гомеостаза. Концентрация ионов - регулятор распределения воды между внутриклеточным содержимым, межклеточным пространством и мочей. К примеру, если при болезни или в результате применения мочегонных препаратов происходит избыточное выделение мочи, то вместе с влагой (восполняемой с питьем) организм теряет и соли. Падение концентрации ионов в плазме крови приводит в итоге к падению осмотического давления. Напротив, при жажде в результате обезвоживания объем внутриклеточного пространства уменьшается из-за потери влаги. Тем самым, увеличивается концентрация электролитов в тканях, и в результате осмотическое давление повышается. Нарушения водно-электролитного баланса связаны с комплексом причин, приводящих к избытку или недостатку воды и (или) электролитов. При уменьшении концентрации электролитов в организм вводят физиологический раствор.



В зависимости от количества растворенного вещества растворы подразделяют на:

- **ненасыщенный раствор** - раствор, в котором концентрация растворенного вещества меньше, чем в насыщенном растворе, и в котором при данных условиях можно растворить ещё некоторое его количество или раствор, в котором скорость процесса растворения больше скорости процесса кристаллизации;



- **насыщенный раствор** - раствор, в котором растворённое вещество при данных условиях достигло максимальной концентрации и больше не растворяется или раствор, в котором скорость процесса растворения равна скорости процесса кристаллизации;

- **пересыщенный раствор** - раствор, содержащий при данных условиях больше растворённого вещества, чем в насыщенном растворе или раствор, в котором скорость процесса растворения меньше скорости процесса кристаллизации. Пересыщенные растворы неустойчивы, избыток вещества легко выпадает в осадок. Обычно пересыщенный раствор получают охлаждением

раствора, насыщенного при более высокой температуре (пересыщение);

• **Концентрированный раствор** — раствор с высоким содержанием растворённого вещества в противоположность **разбавленному раствору**, содержащему малое количество растворённого вещества. Деление растворов на концентрированные и разбавленные не связано с делением на насыщенные и ненасыщенные. Так насыщенный 0,0000134М раствор хлорида серебра является очень разбавленным, а 4М раствор бромида калия, будучи очень концентрированным, не является насыщенным.

Ситуационные задачи

1. В медицине широко применяется физиологический раствор - 0,86% раствор NaCl. Рассчитайте молярную концентрацию физиологического раствора NaCl. Сколько воды следует добавить к 500 мл 20% раствора NaCl ($\rho=1,012$ г/мл) для приготовления 5 л физиологического раствора?

2. Никотиновая кислота – витамин PP - играет существенную роль в жизнедеятельности организма, являясь простетической группой ряда ферментов. Её недостаточность приводит к развитию пеллагры у человека. Ампулы для лечебных целей содержат 1 мл 0,1% (масс.) никотиновой кислоты. Определите молярную концентрацию этого раствора.

Тестовые вопросы

1. От каких 2 факторов зависит растворимость газов:

- А. Давления Б. Природы растворителя В. Температуры
Г. Природы растворенного вещества

2. От каких 2 факторов зависит растворимость твердых веществ:

- А. Давления В. Природы растворителя С. Температуры

Д. Природы растворенного вещества

3. Укажите сильные электролиты

А. HCN В. HCl С. CH_3COOH Д. HNO_2

4. Укажите 2 слабых электролита

А. H_2S В. H_2SO_4 С. H_2CO_3 Д. HNO_3

5. Укажите концентрированный раствор сульфата меди

А. 0,5% В. 1% С. 5 % Д. 20%

6. Основными катионами организма являются:

А. натрий, калий, кальций и магний;

В. Железо, . натрий, калий, кальций;

С. Кобальт, железо, калий, кальций;

Д. Калий, кальций, медь, цинк.

6. Основными анионами организма являются:

А. Сульфаты, хлориды, гидрокарбонаты, фосфаты;

В. Хлориды, гидрокарбонаты, фосфаты и органические кислоты;

С. Гидрокарбонаты, фосфаты, нитраты, хлориды;

Д. Нитраты, гидрокарбонаты, фосфаты и органические кислоты.

7. Теплотой растворения называется:

А. Теплота, выделяемая или поглощаемая при растворении 1 моль вещества;

В. Теплота, выделяемая при растворении 1 моль вещества;

С. Теплота, поглощаемая при растворении 1 моль вещества;

Д. Нет правильного ответа.

8. Укажите пересыщенный раствор хлорида натрия

А. 0,5% В. 1% С. 5 % Д.40%

9. Укажите ненасыщенный раствор хлорида натрия

А. 40% В. 39,6% С. 0,86 % Д.45%

10. К сильным электролитам относятся:

- А. Кислоты, щелочи и почти все растворимые в воде соли;
 - В. Щелочи, органические вещества и почти все растворимые в воде соли;
 - С. Почти все растворимые в воде соли, органические вещества;
 - Д. Кислоты, щелочи и почти все нерастворимые в воде соли.
-

2.2. Коллигативные свойства растворов

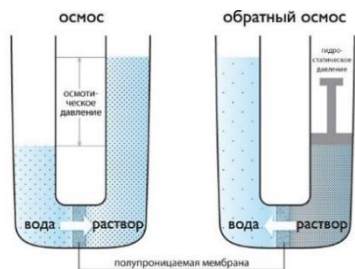
2.2.1. Понятие о коллигативных свойствах растворов

Растворы имеют ряд свойств, которые не зависят от природы растворенного вещества, а зависят только от его молярной концентрации. Для бесконечно разбавленных растворов, состояние которых близко к состоянию идеальных, такими свойствами являются *осмотическое давление, понижение давления насыщенного пара над раствором, повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания раствора*. Эти свойства обычно называют **коллигативными**, поскольку все они обусловлены некоторыми общими причинами.

2.2.2. Явление осмоса и осмотическое давление

Представим U - образную трубку, снабженную внизу полупроницаемой перегородкой (мембраной), через поры которой могут свободно проникать молекулы воды (растворитель), но не молекулы или ионы растворенного

вещества. **Полупроницаемыми** называют мембраны, которые имеют достаточно высокую проницаемость не для всех, а лишь для некоторых веществ, в частности, для растворителя. (Подвижность растворённых веществ в мембране стремится к нулю).



Заполним левое колено прибора чистым растворителем, а правое раствором сахарозы, чтобы вначале уровни жидкости в обоих коленах были одинаковыми. Если бы не было полупроницаемой перегородки, за счет диффузии начался бы процесс выравнивания концентрации раствора в обеих частях прибора. Однако в данном случае диффузии молекул сахарозы в левую часть прибора препятствует полупроницаемая перегородка. Выравнивание концентрации осуществляется в одностороннем порядке только за счет медленного перехода части молекул воды из левой части прибора в правую, где концентрация растворенного вещества выше. В итоге уровень жидкости в левом колене начнет снижаться, а в правом возрастет, пока не установится некоторая разность гидростатических столбов, отвечающая осмотическому давлению $\pi_{\text{осм.}}$, при котором эта односторонняя диффузия прекратится.

Если в правое колено прибора поместить 10% раствор сахарозы, а в левое колено 1% раствор сахарозы, молекулы воды будут переходить их раствора с меньшей концентрацией в раствор с большей концентрацией, пока не установится некоторая разность гидростатических столбов.

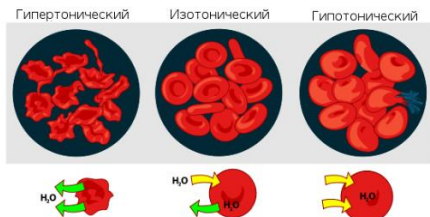
Процесс самопроизвольного перехода (диффузии) растворителя через проницаемую перегородку из той части системы, где концентрация растворенного вещества ниже или из чистого растворителя, в другую, где она выше **называется осмосом**. Осмос обусловлен стремлением системы к термодинамическому равновесию и выравниванию концентраций растворов по обе



стороны мембраны путем односторонней диффузии молекул растворителя.

Через некоторое время скорость диффузии воды из правого колена в левое будет уравновешена скоростью обратного перехода ее из левой части прибора в правую.

Осмоз, направленный внутрь ограниченного объема жидкости, называется **эндоосмосом**, наружу — **экзоосмосом**.



Перенос растворителя через мембрану обусловлен осмотическим давлением. Оно равно избыточному внешнему давлению, которое следует приложить со стороны

раствора, чтобы прекратить процесс, то есть создать условия осмотического равновесия. Превышение избыточного давления над осмотическим может привести к обратному осмосу— обратной диффузии растворителя.

*Давление, которое нужно приложить к раствору, чтобы прекратить осмос, т.е. проникновение в него через полупроницаемую перегородку чистого растворителя, называется **осмотическим давлением**. Прибор, измеряющий осмотическое давление называют **осмометром**.*

Вант – Гоффом был предложен объединенный **закон для осмотического давления** в растворах: *осмотическое давление разбавленных растворов неэлектролитов прямо пропорционально молярной концентрации(*c*), коэффициенту пропорциональности (*R*) и абсолютной температуре (*T*):*

$$P_{\text{осм.}} = cRT$$

где *R* – газовая постоянная, *R*=8,31 л.кПа/мольК.

Для разбавленных растворов **электролитов** закон можно применять с введением поправочного множителя — **изотонического коэффициента**, который показывает, во сколько раз осмотическое давление электролита больше осмотического давления неэлектролита такой же концентрации:

$$i = P_{\text{осм.эл.}} / P_{\text{осм.неэл.}}$$

$$P_{\text{осм}} = i c R T$$

Абсолютное значение i определяется по формуле

$$i = 1 + \alpha (n - 1)$$

где α - степень диссоциации электролита, n - число ионов в растворе.

Например, раствор NaCl (сильный электролит $\alpha=1$) при диссоциации распадается на два иона ($n = 2$).

$$i = 1 + 1 \cdot (2 - 1) = 2$$

Величина осмотического давления, создаваемая раствором, зависит от количества, а не от химической природы растворенных в нём веществ, следовательно, *осмотическое давление зависит от концентрации растворенных веществ* и является **коллигативным свойством раствора**. Чем больше концентрация вещества в растворе, тем больше создаваемое им осмотическое давление.

Закон осмотического давления можно использовать для расчёта молекулярной массы данного вещества (при известных дополнительных данных).

Известно, что молярная концентрация раствора $c(X)$ определяется по формуле:

$$c(X) = \frac{n(X)}{V_{(p-pa)}} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{(p-pa)}} \text{ моль/л}$$

Если подставить значение молярной концентрации в формулу Вант Гоффа осмотическое давление будет равно:

$$P_{\text{осм}} = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{(p-pa)}} R T$$

Преобразованием формулы можно определить молярную массу растворенного вещества, объем раствора, а также массу растворенного неэлектролита:

$$M(X) = \frac{m(X)}{P_{\text{осм}} \cdot V_{(p-pa)}} RT$$

Растворы в зависимости от значения осмотического давления подразделяют на:

- изотонический $P_{\text{осм.}} = P_{\text{станд.}}$.
- гипертонический $P_{\text{осм.}} > P_{\text{станд.}}$.
- гипотонический $P_{\text{осм.}} < P_{\text{станд.}}$.

Растворы, имеющие одинаковое осмотическое давление, называют **изотоническими**. Иначе растворы с осмотическим давлением, равным осмотическому давлению раствора, взятого за стандарт, называются изотоническими.

Растворы с осмотическим давлением более высоким, чем в стандарте называются **гипертоническими**, с меньшим давлением - **гипотоническими**. В медицине за стандарт принято осмотическое давление плазмы крови. Осмотическое давление плазмы крови при 37°C равно 7,4-7,8 атм или приблизительно 740 – 780 кПа.. Такое давление имеет 0,86%(масс.) раствор NaCl, который называется **физиологическим раствором** и является изотоничным плазме крови, а также 4,4 - 5% раствор глюкозы.

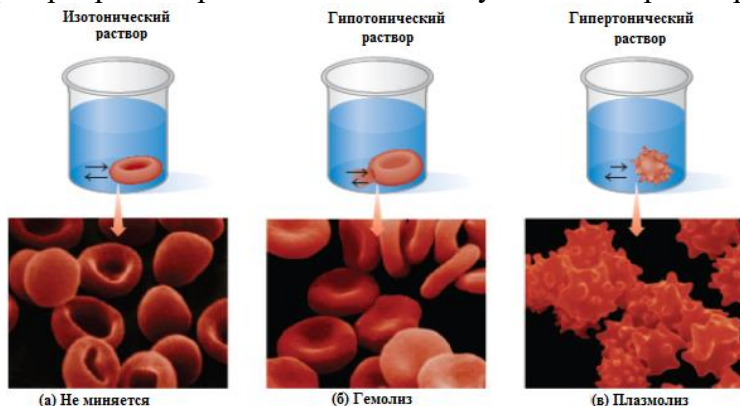
Осмотическое давление, которое зависит от содержания в растворе белков, называется **онкотическим** (0,03 — 0,04 атм.). При длительном голодании, болезни почек концентрация белков в крови уменьшается, онкотическое давление в крови снижается и возникают онкотические отёки: вода переходит из сосудов в ткани, где онкотическое давление больше. При гнойных процессах онкотическое давление в очаге воспаления возрастает в 2-3 раза, так как увеличивается число частиц из-за разрушения белков. В организме человека осмотическое давление должно быть постоянным.

2.2.3. Гемолиз и плазмолиз

Если в дистиллированную воду поместить эритроциты, происходит перемещение воды в эритроцит, вследствие этого эритроциты набухают, это ведет к разрыву оболочки эритроцита.

Этот процесс называют **гемолизом**. Если эритроциты поместить в концентрированный раствор солей, наоборот, молекулы воды перемещаются из эритроцита в раствор,

вследствие этого происходит сморщивание клеток - *плазмолиз*. Если эритроциты поместить в изотонический раствор, особых изменений не наблюдается, так как осмотическое давление внутри эритроцита равно осмотическому давлению раствора.



Организм человека характеризуется большим постоянством ряда физико-химических показателей внутренней среды, в том числе и осмотического давления крови. Постоянство этого показателя называют *изоосмией*. Нарушение изоосмии оказывается губительным для организма гораздо раньше, чем наступает плазмолиз или гемолиз клеток. В организме изоосмию поддерживают ткани печени, подкожной клетчатки, особенно почки. Регулируется нервной системой и железами внутренней секреции. Осмотическое давление создается суммарной концентрацией всех кинетически активных частиц, называемой *осмомолярной концентрацией* (осмомолярностью).

Явления осмоса играют важную роль в жизни растений и животных организмов. Поверхности клеток и тканей организмов, их оболочки обладают свойствами полупроницаемых мембран. Мембрана, окружающая нормальную клетку крови, проницаема лишь для молекул воды, кислорода, некоторых из растворенных в крови питательных веществ и продуктов клеточной жизнедеятельности; для больших белковых молекул, находящихся в растворенном состоянии внутри клетки, она непроницаема. Поэтому белки, столь важные для биологических процессов, остаются внутри клетки.

Осмотическое давление внутри организма является важным фактором, определяющим распределение воды между различными его частями, его значение огромно. У человека поддерживается постоянство осмотического давления крови и других биологических жидкостей. В организм человека и животных можно вводить в больших количествах (литрами) только изотонические растворы, которые не изменяют осмотического давления биологических жидкостей организма.

Такие растворы вводят, например, при тяжелых операциях для возмещения потерь крови, при обезвоживании организма и других патологиях. В связи с этим лекарственные препараты, предназначенные для введения в кровь, растворяют в изотоническом растворе. Если бы вводимые лекарственные препараты были изготовлены на воде или очень сильно разбавленном (гипотоническом по отношению к цитоплазме) растворе, осмотическое давление, заставляя воду проникать в клетки крови, приводило бы к их разрыву. По этой причине ни в коем случае при анализе крови нельзя использовать мокрую пробирку. Молекулы воды в пробирке будут передвигаться внутрь эритроцита, эритроцит набухнет и лопнет, и анализ будет неверным. Если же ввести в кровь слишком концентрированный раствор хлорида натрия (5 - 10% гипертонические растворы), то вода из клеток будет выходить наружу, и клетки сожмутся. В случае растительных клеток происходит отрыв протопласта от клеточной оболочки, что называется плазмолизом. Обратный же процесс, происходящий при помещении сжавшихся клеток в более разбавленный раствор, — соответственно, деплазмолизом.



Применение гипертонических растворов в медицине

Гипертонический раствор NaCl (2%, 5%, 10%, 15%) - это раствор в котором концентрация солей выше и следовательно осмотическое давление выше, чем в плазме крови. К ним относятся растворы, содержащие более 0,9% солей NaCl.

Гипертонические растворы широко применяются в медицине. В хирургии при лечении гнойных ран применяют гипертонические повязки,



представляющие собой марлевые полоски, смоченные в гипертонических растворах NaCl и введенные в гнойные раны; согласно явлению осмоса ток раневой жидкости направляется по марле наружу. Это способствует очищению раны от гноя

микроорганизмов. Гипертонические растворы используются при лечении воспалительных процессов в организме. Воспаление – накопление жидкости. Введение 40% раствора глюкозы способствует откачиванию жидкости из организма. Небольшие количества гипертонического раствора вводят внутривенно при глаукоме, вызванной вследствие повышения внутриглазного



давления, чтобы «оттянуть» избыточное количество влаги из передней камеры глаза. Кроме того, гипертонический раствор применяют для полосканий горла, носа, десен, для ванн, обтираний.



Применение физиологического раствора в медицине

Одним из изотонических растворов является *физиологический раствор* (раствор Рейгера) – это раствор 0,86% хлорида натрия – NaCl , который широко применяется в медицине в качестве лечебного препарата.

Оболочка эритроцитов обладает свойством полупроницаемости и непроницаема для ряда катионов и анионов, но она свободно пропускает воду. В физиологическом растворе в клетку и из клетки молекулы воды перемещаются в равном количестве в обе стороны и клетка сохраняет все жизненно важные функции, осуществляя процессы дыхания, размножения, обмена веществ.



У человека поддерживается постоянство осмотического давления крови и других биологических жидкостей. При больших потерях крови после операции, при обезвоживании организма и других патологиях капельным методом в организм вводится физиологический раствор, так как его осмотическое давление равно осмотическому давлению плазмы крови. Вводят физраствор внутривенно, внутримышечно, подкожно, в прямую кишку, а также используют наружно.

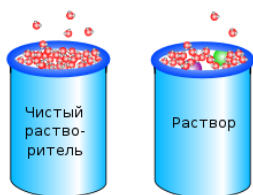
Благодаря идентичности плазме физраствор является отличной основой для разведения других медикаментов.

В организме вследствие недостатка хлорида натрия развивается ряд патологических явлений: спазмы, судороги, нарушения кровообращения, угнетение ЦНС и в организм необходимо вводить капельно, внутривенно физраствор. В случае обезвоживания организма физраствор нормализует водно-солевой баланс в организме. Физраствор широко применяют также для проведения ингаляций. *Ингаляции с физраствором* – эффективный метод терапии при болезнях, затрагивающих бронхи и легкие. Физраствор эффективен для промывания носа и для промывания глаз у детей. Промывание носа физраствором является эффективным лечением и профилактикой развития острых респираторных заболеваний. Для очищения достаточно обычной пипеткой закапать несколько капель средства.



2.2.4. Давление пара над раствором. Закон Рауля. Криоскопия и эбулиоскопия

Давление пара, при котором в условиях определенной температуры наступает динамическое равновесие, характеризующееся равенством скоростей испарения и конденсации жидкости, носит название *давления насыщенного пара*.



Давление насыщенного пара над жидким растворителем (над водой) выше, чем над раствором малолетучего вещества. Это объясняется тем, что в первом случае вся поверхность испарения со стороны жидкой фазы занята только молекулами растворителя, а во втором случае часть этой поверхности занята молекулами растворенного вещества, которые могут удерживать близлежащие молекулы растворителя силами химической связи.

В 1886 году **Ф.М.Рауль установил закон:**

Относительное понижение давления пара растворителя над раствором равно мольной доле растворенного вещества, т.е. отношению количества молей растворенного вещества к

суммарному количеству молей растворенного вещества и растворителя:

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{n}{n + N}$$

P_0 – давление насыщенного пара над чистым растворителем;

P – давление насыщенного пара над раствором;

n и N – число молей растворенного вещества и растворителя в определенном объеме раствора;

Закон Рауля, как и закон Вант-Гоффа, справедлив только для идеальных растворов. Для раствора электролитов формула будет следующей:

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{in}{in + N}$$

i – изотонический коэффициент Вант Гоффа.

Следовательно, давление насыщенного пара для раствора всегда меньше, чем для чистого растворителя.

Повышение температуры кипения раствора – *эбулиоскопия*, понижение температуры замерзания (кристаллизации) раствора – *криоскопия*.

Кипение представляет собой фазовый переход, при котором происходит превращение жидкости в пар, причем пузырьки пара образуются во всем объеме жидкости.

Температурой кипения жидкости называют ту температуру, при которой давление насыщенного пара над данной жидкостью равно внешнему. При этой температуре и соответствующем ей давлении насыщенного пара, устанавливается равновесие между жидкой и газообразной фазами (скорость испарения равна скорости обратного процесса конденсации). Обе эти фазы могут существовать в течение длительного времени. Температура, при которой данная жидкость кипит в условиях давления 101325 Па, называют нормальной температурой кипения.

Замерзание представляет собой фазовый переход, при котором происходит превращение жидкости в твердое вещество, частицы которого образуются во всем объеме жидкости.

Температурой замерзания (кристаллизации) жидкости называют ту температуру, при которой давление насыщенного

пара над жидкостью равно давлению насыщенного пара над выпадающими из нее кристаллами твердой фазы.

Температура кристаллизации раствора вещества всегда ниже, чем температура кристаллизации чистого растворителя. Из закона Рауля вытекает следствие:

Повышение температуры кипения, а также понижение температуры кристаллизации разбавленных растворов прямо пропорционально моляльности раствора.

$$\Delta T_{\text{кип.}} = E \cdot \nu(X)$$

$$\Delta T_{\text{крис.}} = K \cdot \nu(X)$$

$\nu(X)$ – моляльность раствора. E и K – эбулиоскопические и криоскопические константы, значения которых зависят от природы растворителя. Для расчета повышения температуры кипения и понижения точки замерзания электролитов должен быть введен в качестве множителя изотонический коэффициент Вант-Гоффа i .

$$\Delta T_{\text{кип.}} = i E \cdot \nu(X)$$

$$\Delta T_{\text{крис.}} = i K \cdot \nu(X)$$

Закон Рауля лежит в основе экспериментальных методов определения молярных масс растворенных веществ путем наблюдения, вызываемого или повышением точки кипения, или понижением точки замерзания раствора.

Ситуационные задачи

1. В хирургии применяются «гипертонические повязки». Это марлевые полоски, смоченные в гипертоническом растворе NaCl и введенные в гнойные раны. Рассчитайте осмотическое давление 10% /масс/ гипертонического раствора NaCl. ($\rho=1,05$ г/мл, $\alpha=0,89$, $t = 37^{\circ}\text{C}$). Объясните, на чем основано действие «гипертонической повязки».

2. Вычислите осмотическое давление 5% /масс./ раствора глюкозы, полностью диссоциируемого при 37°C ($\alpha=1,04$

г/мл). Является ли этот раствор изотоничным крови? Какова молярная концентрация данного раствора?

Тестовые вопросы

1. Изотонические растворы - это растворы

- А) с одинаковым осмотическим давлением с стандартным раствором;
- В) с большим осмотическим давлением чем стандартный раствор;
- С) с меньшим осмотическим давлением чем стандартный раствор;
- Д) с точным значением осмотического давления.

2. Укажите уравнение соответствующее закону Вант-Гоффа для растворов электролитов:

- А. $P = icRT$ В. $\alpha = k \cdot P$ С. $P = P_s N_s$ Д. $P = cRT$

3. При введении в кровь какого раствора происходит гемолиз?

- А. Гипотонический
- В. Гипертонический
- С. Изотонический
- Д. Идеальный

4. Зависимость понижения температуры замерзания раствора от концентрации раствора выражается следующим образом:

- А) Чем выше концентрация раствора, тем при более низкой температуре он замерзает;
- В) Чем ниже концентрация раствора, тем при более низкой температуре он замерзает;
- С) Чем выше концентрация раствора, тем при более высокой температуре он замерзает;
- Д) Не зависит от концентрации раствора.

5. Давление пара растворителя над раствором:

- А. Ниже, чем над чистым растворителем;

- В. Выше, чем над чистым растворителем;
- С. Равно атмосферному давлению;
- Д. равно давлению чистого растворителя.

6. Объясните явление плазмолиза в организме

- А. разрыв оболочки клетки, обусловленный проникновением в неё воды;
- В. миграция молекулы воды из раствора в клетку;
- С. миграция молекулы воды из клетки в раствор;
- Д. сморщивание клетки, обусловленное потерей воды.

7. Объясните явление гемолиза в организме

- А. разрыв оболочки клетки, обусловленный проникновением в неё воды;
- В. миграция молекулы воды из раствора в клетку;
- С. миграция молекулы воды из клетки в раствор;
- Д. сморщивание клетки, обусловленное потерей воды;

8. Укажите формулу Вант-Гоффа для вычисления осмотического давления неэлектролитов:

- А. $P_{\text{осм.}} = CRT$ В. $P_{\text{осм.}} = C_2RT$ С. $P_{\text{осм.}} = KRT$ Д. $P_{\text{осм.}} = iRT$

9. Укажите ряд увеличения осмотического давления растворов (плотность равна 1)

- 1) 5% раствор NaCl
- 2) 5% раствор глюкозы
- 3) 5% раствор CaCl_2
- 4) 5% раствор Na_3PO_4

- А. 1234 В. 2314 С. 3214 Д. 2134

10. Какие из 0,1М растворов обладают наименьшей величиной осмотического давления? 2 ответа

- | | | | |
|--------------|---------|-------------|---------------|
| 1. K_3PO_4 | 2. HF | 3. $AlCl_3$ | 4. CH_3COOH |
| A. 12 | B. 24 | C. 32 | D. 13 |

2.3. Кислотно – основное равновесие. Буферные растворы

2.3.1. Основы протолитической теории кислот и оснований

Шведским химиком С.Аррениусом была создана теория электролитической диссоциации, согласно которой **кислоты** — это вещества, образующие в водном растворе гидратированные катионы водорода H^+ (ионы гидроксония H_3O^+) и анионы кислотного остатка, **основания** — вещества, диссоциирующие в водном растворе с образованием катионов металла или аммония и гидроксид-анионов OH^- .

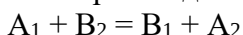
Эта теория описывает реакции достаточно сильных кислот и оснований друг с другом и свойства их водных растворов. На основе этой теории по значению степени и константы диссоциации электролиты классифицированы на сильные и слабые. Однако применение теории Аррениуса ограничивается водными растворами. Кроме того, она не дает возможность объяснить наличие основных свойств аммиака, фосфина и других соединений, не содержащих гидроксогрупп.

В 1923 году независимо друг от друга датским учёным Й. Бренстедом и английским учёным Т. Лаури была предложена **протолитическая (протонная) теория кислот и оснований**. В ней понятие о кислотах и основаниях было объединено в единое целое, проявляющееся в кислотно-основном взаимодействии (А — кислота, В — основание): $A = B + H^+$

Согласно этой теории **кислотами** являются молекулы или ионы, способные быть в данной реакции донорами протонов, а

основаниями являются молекулы или ионы, присоединяющие протоны (акцепторы). Кислоты и основания получили общее название протолитов.

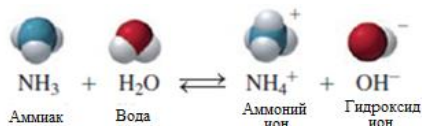
Сущностью кислотно-основного взаимодействия является передача протона от кислоты к основанию. При этом кислота, передав протон основанию, сама становится основанием, так как может снова присоединять протон, а основание, образуя протонированную частицу, становится кислотой. Таким образом, в любом кислотно-основном взаимодействии участвуют две пары кислот и оснований, названные Брёнстедом **сопряженными**:



Одно и то же вещество в зависимости от условий взаимодействия может быть как кислотой, так и основанием (амфотерность).

Например, вода при взаимодействии с сильными кислотами выступает в роли основания.

При взаимодействии с аммиаком — в роли кислоты. Следует помнить, что в водных растворах все ионы гидратированы, в том числе и катионы водорода.



Гидратированные катионы водорода H_3O^+ называют **гидроксоний ионами**. Однако часто для упрощения в

уравнениях реакции пишут H^+ , а не H_3O^+ . Реакции нейтрализации согласно протолитической теории рассматриваются как переход протона от кислоты к основанию.



Изменение pH биологических жидкостей

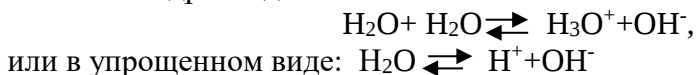
Постоянство концентрации ионов водорода является одной из существенных констант внутренней среды живых организмов. Например, pH крови человека равно $7,4 \pm 0,04$, желудочного сока — $1,85 \pm 0,15$, слюны — $6,60 \pm 0,30$, мочи — $5,0 - 8,0$ и т.д.

Значительные изменения pH биологических систем, в первую очередь крови, могут привести к серьезным нарушениям жизнедеятельности и в конечном счете к гибели. Изменение реакции среды в кислую сторону в живом

организме называется *ацидозом*, в щелочную – *алкалозом*. Для жизни опасен и ацидоз, и алкалоз. Отклонение pH от нормы снижает активность ферментов, нарушая нормальный ход реакций в клетках, что может явиться причиной возникновения некоторых заболеваний. При ряде заболеваний происходит нарушение кислотно – щелочного равновесия в организме человека. Например, при тяжелых формах диабета наблюдается ацидоз, при циррозе печени – алкалоз. Определение pH различных биологических жидкостей является необходимостью в медицинской практике.

2.3.2. Ионное произведение воды. Водородный показатель

Вода, являясь весьма слабым электролитом, в очень незначительной степени диссоциирует с образованием ионов гидроксония и гидроксида:



В соответствии с законом действующих масс:

$$K_{\text{дисс.}} = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) / c(\text{H}_2\text{O}) = 1,8 \cdot 10^{-16}$$

Считая концентрацию недиссоциированных молекул воды величиной постоянной $c(\text{H}_2\text{O}) = 55,56$ моль/л), можно получить выражение ионного произведения воды:

$$K \cdot c(\text{H}_2\text{O}) = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,56 = 10^{-14}$$
$$K_{\text{H}_2\text{O}} = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14}$$

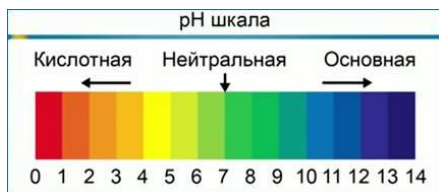
Ионное произведение воды $K_{\text{H}_2\text{O}}$ - это произведение концентраций ионов водорода H^+ и ионов гидроксида OH^- в воде или в водных растворах, константа автопротолиза воды. $K_{\text{H}_2\text{O}}$ - является постоянной не только для чистой воды, но и для разбавленных водных растворов любых веществ. С повышением температуры $K_{\text{H}_2\text{O}}$ увеличивается, с понижением - уменьшается. $K_{\text{H}_2\text{O}}$ позволяет для любого водного раствора найти концентрацию ионов водорода, если известна концентрация гидроксид ионов, и наоборот. Для чистой воды концентрация ионов водорода равна корню квадратному из ионного произведения воды, то есть при комнатной температуре 10^{-7} моль/л. Реакцию раствора характеризуют концентрацией ионов H^+ .

Нейтральные растворы: $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 10^{-7}$ моль/л

Кислотные растворы: $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-) > 10^{-7}$ моль/л

Щелочные растворы: $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-) < 10^{-7}$ моль/л

Более удобно и просто реакцию раствора характеризовать водородным показателем – рН. Водородный показатель рН равен отрицательному десятичному логарифму концентрации ионов водорода:



$$\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) \text{ или}$$

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

Нейтральные растворы: $\text{pH}=7$

Кислотные растворы: $\text{pH} < 7$

Щелочные растворы: $\text{pH} > 7$

Отрицательный логарифм

концентрации гидроксидных ионов рОН равен:

$$\text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-)$$

Следовательно, $\text{pH} + \text{pOH} = 14$, откуда

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH};$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH}$$



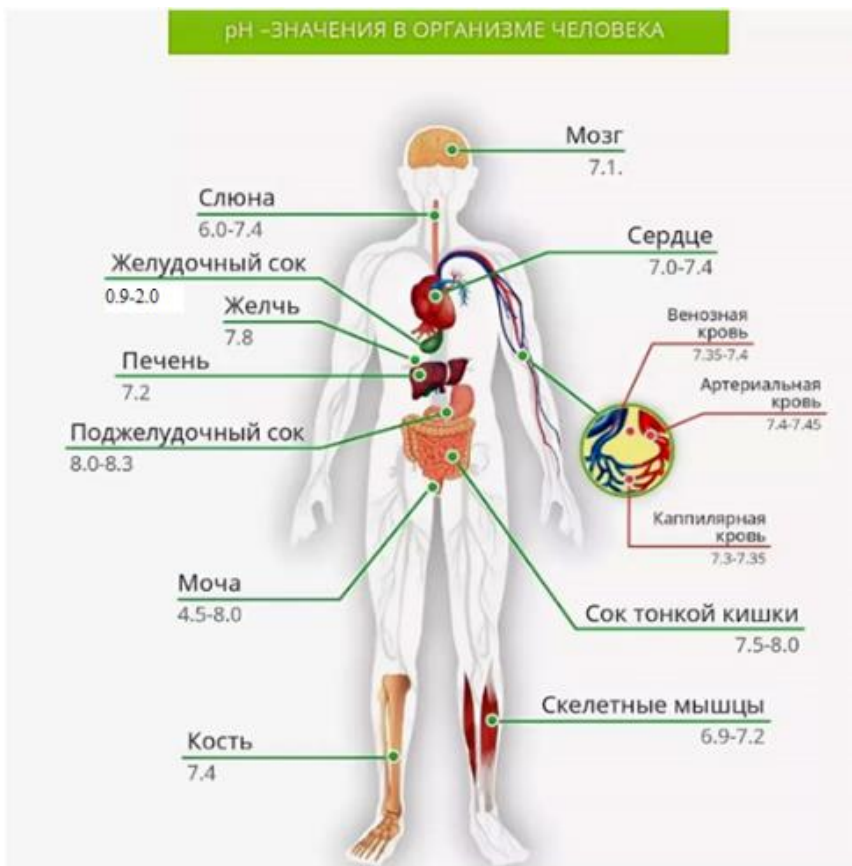
ХИМИЯ И ЗДОРОВЬЕ



Водородный показатель биологических жидкосте

Все физиологические жидкости организма (желудочный сок, плазма крови, внеклеточная, внутриклеточная и спинномозговая жидкости) представляют собой водные растворы. Компонентами данных систем является катионы и анионы сильных электролитов (K^+ ; Na^+ ; Mg^{2+} ; HPO_4^{2-} ; H_2PO_4^- ; HCO_3^- ; Cl^-), а также органические соединения (глюкоза, полисахариды, белки и др.), являющиеся слабыми электролитами. Важными функциями электролитов организма являются: поддержание осмотического давления и значения ионной силы биологических жидкостей, влияние на биоэлектрические потенциалы, свертывание крови и др. Особенную физиологическую активность проявляют

ионы водорода и гидроксид-ионы, которые определяют кислотность внутренних сред организма, влияют на активность ферментов и др.



Кислотность биологических жидкостей, количественной характеристикой которой является водо-родный показатель – pH, является одной из основных физико-хими-ческих характеристик жидкостных сред организма, определение которой позволяет сделать вывод относительно физиологического и патологичес-кого функционирования организма.

Все биологические жидкости организма в норме имеют определенные значения pH (таблица 2.3.2.1.). Отклонение от физиологического значения pH приводит к различным патологиям.

Таблица 2.3.2.1. Значение pH различных биологических жидкостей и тканей организма человека

Биосистемы	Среднее значение pH	Физиологические границы изменения pH
------------	---------------------	--------------------------------------

сознания, а смещение реакции крови в щелочную сторону до $pH = 7,7$ вызывает тяжелейшие судороги.

Поддержание кислотно-основного баланса крови в допустимых пределах осуществляется мощными буферными системами крови.



Методы определения значения pH



Водородный показатель – pH растворов можно определять с помощью индикаторов, измерять потенциометрическим методом (используя pH -метр) или аналитическим путём, методом кислотно-основного титрования.

Для грубой оценки концентрации водородных ионов широко используются кислотно-основные индикаторы — органические вещества-красители, цвет которых зависит от pH среды. К наиболее известным индикаторам относятся лакмус, фенолфталеин, метиловый оранжевый (метиловый) и другие.

Изменение окраски каждого индикатора происходит в своём интервале кислотности, обычно составляющем 1-2 единицы.



Для расширения рабочего интервала измерения pH используют так называемый *универсальный индикатор*, представляющий собой смесь из нескольких индикаторов. Универсальный индикатор последовательно меняет цвет с красного через жёлтый, зелёный, синий до фиолетового при

переходе из кислотной области в основную. Определения pH индикаторным методом затруднено для мутных или окрашенных растворов.

Использование специального прибора *pH -метра* позволяет измерять pH в более широком диапазоне и более точно (до 0,01 единицы pH). Способ отличается удобством и высокой точностью, особенно после калибровки индикаторного электрода в избранном диапазоне pH . Прибор позволяет измерять pH непрозрачных и цветных растворов и потому широко используется.



Аналитический объёмный метод — кислотно-основное титрование — также даёт точные результаты определения кислотности растворов.



Влияние кислотно-щелочного баланса на здоровье. Ощелачивание организма в домашних условиях

Кислотно-основное состояние организма является одним из важнейших факторов состояния организма. Активность реакции среды влияет на способность гемоглобина связывать кислород и отдавать его тканям. Величина pH является одним из самых «жестких» параметров крови и колеблется у человека в норме в очень узких пределах – pH артериальной крови составляет 7,34–7,40; венозной – 7,34–7,36. Именно такой водородный показатель (7,34 –



7,40) крови дает возможность успешно освобождаться от шлаков и токсичных веществ и способствует быстрому обогащению организма питательными веществами. Отклонения pH от оптимального диапазона приводят к нарушениям метаболизма, жизнедеятельности клеток (вплоть до их гибели), тканей, органов и организма в целом. Современный образ жизни способствует

образованию большого количества "кислых отходов" в нашем организме, так как многие пищевые продукты имеют кислотный характер. Очень важную роль в ощелачивании организма играет достаточное употребление чистой воды. Норма ежедневного употребления воды для каждого человека на один килограмм веса – 30 мл обычной воды. Все напитки – чай, кофе, соки, жидкие блюда не могут заменять воду. Рассчитав свою индивидуальную норму, нужно постараться постепенно заменять эти напитки простой водой. Вода вымывает лишнюю кислоту из организма. Кислотный или щелочной характер пищевых продуктов не зависит от его вкуса или от pH самого продукта, а зависит от того, какую кислотность они дают при расщеплении. Например, лимон кислый на вкус, но он ощелачивает кровь. Мясо на вкус не кислое, однако при расщеплении образует кислую среду. В сырых овощах и зелени компоненты содержат калий, магний и натрий, поэтому их употребление ведёт к ощелачиванию организма. Таким образом, в результате исследований и компьютерных анализов было установлено, что в рационе питания кислотных продуктов должно быть около 20%, а щелочных 80%. В таблице 3.3.2.2. приведены продукты, закисляющие и ощелачивающие организм.

**Таблица 2.3.2.2. Продукты, закисляющие и
ощелачивающие организм**

защелачивающие	защелачивающие	закисляющие	закисляющие
Финики, инжир, дыни, виноград, папайя, киви, ягоды, яблоки, груши, изюм, курага	Лимон, лайм, грейпфрут, апельси, - манго	Белый сахар, коричневый сахар, патока,	Nutra Sweet, Equal, аспартам, Sweet'n Low
Тыква, стручковая фасоль, свекла, сельдерей, салат, цуккини, морковь	Спаржа, зеленый лук, овощные соки, петрушка, укроп, мята, щавель, сырой шпинат, брокколи	Картофель (без кожуры), фасоль, нут, колотый горох, чечевица, рис, пшеница, рожь.	Какао, шоколад, Арахис, грецкие орехи, Пшеница, белая мука, печенье, макаронные изделия
Льняное масло Рапсовое масло	Масло черного тмина	Кукурузное масло	
Зеленый чай Имбирный чай	Травяные чаи, лимонная вода	Черный чай, ароматизированные чаи	Кофе, какао, пиво, сладкие газированные воды
Помидоры, свежая кукуруза, грибы, капуста, зеленый горох, картофель с кожурой, оливки, соевые бобы,	Арбуз, дыня	Яйца, масло, йогурт, все молочные продукты	Все виды мясных изделий (свинина, говядина, курица) Сыр, гомогенизированное молоко, мороженое

Изначально организм человека устроен таким образом, что для нормальной работы всех внутренних систем требуется *щелочная среда*, а продукты, приводящие к сильному закислению, способствуют созданию недостатка кислорода в организме, вследствие чего могут развиваться серьезные острые и хронические заболевания.

2.3.3. Буферные системы

Если взять 2 стакана воды, в первый стакан добавить несколько капель сильной кислоты, в другой несколько капель щелочи и добавить лакмус рН раствора резко изменится в кислую или щелочную сторону. Если взять 2 стакана буферного раствора, в один добавить несколько капель сильной кислоты, в другой несколько капель щелочи и добавить лакмус, рН раствора не изменится.

Буферными системами называют растворы, обладающие способностью достаточно стойко сохранять постоянство концентрации ионов водорода как при добавлении небольшого количества сильной кислоты или щелочи, так и при разведении. Они по составу бывают 3 основных типов:

1. Системы, состоящие из смеси слабой кислоты и ее соли с сильным основанием.
2. Системы, состоящие из смеси слабого основания и ее соли с сильной кислотой.

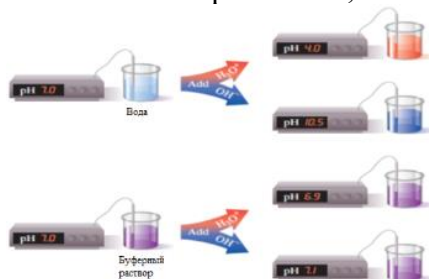
3. Системы, состоящие из смеси кислых солей многоосновных кислот.

Например:

$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ - первый тип;

$\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ - второй тип;

$\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{HPO}_4$ - третий тип;



Особый “подкласс” буферных систем представляют буферные системы, образованные из ионов и молекул амфолитов – аминокислотные и белковые буферные системы.

Таблица 1.3.10.3.1. Некоторые буферные системы

I. Слабая кислота и ее соль с сильным основанием			
Название	Состав	Протолитическое равновесие	Зона буферного действия
Ацетатная	CH_3COOH CH_3COONa	$\text{CH}_3\text{COOH} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$	$\text{pH}=3,8-5,8$
Гидрокарбонатная	H_2CO_3 NaHCO_3	$\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	$\text{pH}=5,4-7,4$
Формиатная	HCOOH HCOONa	$\text{HCOOH} \leftrightarrow \text{HCOO}^- + \text{H}^+$	$\text{pH}=2,0-3,2$
Гемоглобиновая	$\text{Hb} + \text{Kb}$	$\text{Hb} \leftrightarrow \text{Hb}^- + \text{H}^+$	$\text{pH}=7,2-9,2$
Оксигемоглобиновая	$\text{HbO}_2 + \text{KbO}_2$	$\text{HbO}_2 \leftrightarrow \text{HbO}_2^- + \text{H}^+$	$\text{pH}=6,0-8,0$
II. Слабое основание и ее соль с сильной кислотой			
Аммонийная	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ NH_4Cl	$\text{NH}_3 + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{NH}_4^+$	$\text{pH}=8,2-10,2$
III. Кислые соли многоосновных кислот			
Фосфатная	NaH_2PO_4 Na_2HPO_4	$\text{H}_2\text{PO}_4^- \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$	$\text{pH}=6,2-8,2$

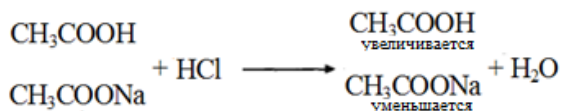
pH буферных смесей можно рассчитать по уравнению *Гендерсона – Гассельбаха*.

$$pH = pK_{к-ты} - \lg \frac{C_{к-ты}}{C_{соли}} \quad - \text{ для кислотного буфера}$$

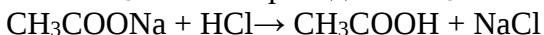
$$pH = 14 - pK_{осн.} + \lg \frac{C_{осн.}}{C_{соли}} \quad - \text{ для основного буфера}$$

2.3.4. Механизм действия буферных систем

При добавлении к буферам небольших количеств сильных кислот или щелочей их pH практически не изменяется, так как сильная кислота (щелочь) заменяется эквивалентным количеством слабой кислоты, добавляемая щелочь заменяется эквивалентным количеством соли по уравнению:

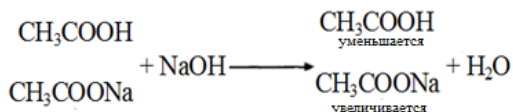


При этом часть CH_3COONa переходит в CH_3COOH .

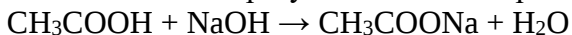


Вследствие этого ионы водорода добавляемой кислоты полностью связываются в слабую уксусную кислоту и не происходит значительного изменения $c(\text{H}^+)$ и pH.

При добавлении щелочи к этой системе:



Гидроксильные ионы добавляемой щелочи связываются с протоном уксусной кислоты и образуют слабый элетролит H_2O .



Поэтому концентрация $c(\text{OH}^-)$ не увеличивается, вследствие этого pH значительно не меняется. Если концентрации компонентов буферных систем больше 0.1, то в уравнениях Гендерсона-Гассельбаха необходимо учитывать коэффициенты активности. Разведение буферных систем до 100 раз мало отражается на их pH, так как происходит уменьшение концентрации обоих компонентов в одинаковой степени. Как это

видно из приведенных выше уравнений, величина отношения $C_{\text{(кисл.)}} / C_{\text{(основ.)}}$ и концентрации соли не изменяется.

2.3.5. Буферные системы крови

Попадание в плазму сильной кислоты вызывает реакцию буферных систем, в результате которой сильная кислота превращается в слабую. То же происходит и при действии на биологические жидкости сильного основания, которое после взаимодействия с буферными системами превращается в слабое основание. В результате указанных процессов изменения pH либо не наступают, либо являются минимальными. Все эти системы имеются в крови, где с их помощью поддерживается $pH=7,36$, несмотря на поступление в кровь из кишечника и тканей значительного количества кислот и небольшого оснований.

Нормальное значение pH крови обеспечивается одновременным действием гидрокарбонатной, фосфатной, белковой и гемоглобиновой буферных систем.

1. *Гидрокарбонатная буферная система* основной буфер межклеточной жидкости и крови, образуется в почках и облегчает выведение H^+ , состоит из угольной кислоты — H_2CO_3 и гидрокарбоната натрия — $NaHCO_3$ - В нормальных условиях (при pH крови около 7,36) в плазме гидрокарбоната в 20 раз больше, чем уголекислоты. Емкость гидрокарбонатной системы составляет 53 % всей буферной емкости крови. При этом на гидрокарбонат плазмы приходится 35 % и на гидрокарбонат эритроцитов 18 % буферной емкости. При образовании в плазме избытка кислотных продуктов ионы водорода соединяются с анионами гидрокарбоната HCO_3^- . Образующийся при этом в плазме избыток уголекислоты поступает в эритроциты и там с помощью карбоангидразы разлагается на уголекислый газ и воду. Уголекислый газ выделяется в плазму, возбуждает дыхательный центр и избыток CO_2 удаляется из организма через легкие. Это быстрое преобразование гидрокарбонатом любой кислоты в угольную, которая легко удаляется легкими, делает гидрокарбонатный буфер самой лабильной буферной системой. Гидрокарбонатный буфер способен нейтрализовать и избыток оснований. В этом случае ионы OH^- будут связаны уголекислотой,

и вместо самого сильного основания OH^- образуется менее сильное HCO_3^- , избыток которого в виде гидрокарбонатных солей выделяется почками. До тех пор, пока количество угольной кислоты и гидрокарбоната натрия изменяется пропорционально и соотношение между ними сохраняется 1:20, pH крови остается в пределах нормы.

2. Фосфатная буферная система является основной буферной системой клеток - облегчает выведение H^+ в канальцах почек, состоит из кислых солей ортофосфорной кислоты $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$. Фосфатная буферная система менее мощная, чем гидрокарбонатная, что обусловлено малым содержанием фосфатов в плазме крови. Она обеспечивает 5% буферной емкости крови. Фосфатная система содержится также в тканях, почках, эритроцитах. При нормальном pH в плазме соотношение фосфатных солей $\text{NaH}_2\text{PO}_4: \text{Na}_2\text{HPO}_4 = 1:4$.

3. Белковая буферная система - главный внутриклеточный буфер. В кислой среде она связывает ионы водорода, в щелочной среде — отдает. В организме человека большую роль играет белковый буфер, состоящий из протеина (Pt) и его соли, образованной сильным основанием $\text{Pt-COOH} + \text{Pt-COONa}$. Белковая буферная система — представляет собой совокупность альбуминов и глобулинов. Эта система является довольно мощным буфером, который способен проявлять свои свойства за счёт амфотерности белков.

4. Гемоглобиновая буферная система - играет основную роль в транспорте CO_2 от тканей к легким, состоит из гемоглобина и калиевой соли гемоглобина $\text{Hb} + \text{KHb}$. Первые три системы особенно важную роль играют в плазме крови, а гемоглобиновый буфер, самый мощный, действует в эритроцитах, является самой емкой буферной системой. На ее долю приходится до 75 % всей буферной емкости крови. Свойства буферной системы гемоглобину придает главным образом его способность постоянно находиться в виде двух форм — восстановленного (редуцированного) гемоглобина Hb и окисленного (оксигемоглобина) HbO_2 . Гемоглобиновый буфер, в отличие от гидрокарбонатного, в состоянии нейтрализовать как нелетучие, так и летучие кислоты.

Оксигемоглобин ведёт себя как кислота, увеличивая концентрацию ионов водорода, а восстановленный – как основание, нейтрализуя H^+ . Переход окисленной формы гемоглобина в восстановленную форму предупреждает сдвиг pH в кислую сторону во время контакта крови с тканями, а образование оксигемоглобина в легочных капиллярах предотвращает сдвиг pH в щелочную сторону за счет выхода из эритроцитов CO_2 и иона хлора и образования в них гидрокарбоната.



Физиологические системы организма, участвующие в поддержании кислотно-основного равновесия

Кислотно-основное состояние организма, поддерживается мощными гомеостатическими механизмами. В их основе лежат особенности физико-химических свойств буферных систем крови и физиологические процессы, в которых принимают участие системы внешнего дыхания, почки, печень, желудочно-кишечный тракт и др. Химические буферные системы образуют первую линию защиты против изменений pH жидкости организма, действуют для быстрого их предотвращения. Помимо буферных систем в поддержании постоянства pH активное участие принимают физиологические системы, среди которых основными являются легкие, почки, печень, желудочно-кишечный тракт.

Система дыхания играет значительную роль в поддержании кислотно-основного состояния организма, изменяя напряжения CO_2 в крови. Она тесно связана с гидрокарбонатным буфером. При снижении частоты дыхания увеличивается концентрация CO_2 в крови, что приводит к повышению концентрации H_2CO_3 - развивается ацидоз. При повышении частоты дыхания снижается напряжение CO_2 , - развивается алкалоз.

Роль *почек* в регуляции активной реакции крови не менее важна, чем деятельность дыхательной системы. Полноценная почечная компенсация развивается только через несколько дней после изменения pH. Экскреция кислот при обычной смешанной пище у здорового человека превышает выделение оснований, поэтому моча имеет кислую реакцию (pH 5,3–6,5) и концентрация в ней ионов водорода примерно в 800 раз выше, чем в крови. Почки вырабатывают и выделяют с мочой количество ионов водорода, эквивалентное их количеству, непрерывно поступающему в плазму из клеток организма, совершая при этом замену ионов водорода, секретируемых эпителием канальцев, на ионы натрия первичной мочи.

Печень окисляет до конечных продуктов недоокисленные вещества крови, оттекающей от кишечника; синтезирует мочевины из азотистых шлаков,

в частности из аммиака и из хлорида аммония, поступающих из желудочно-кишечного тракта в кровь портальной вены; печени присуща выделительная функция и поэтому при накоплении в организме избыточного количества кислых или щелочных продуктов метаболизма они могут выделяться с желчью в желудочно-кишечный тракт. При избытке кислот в печени усиливается их нейтрализация и одновременно тормозится образование мочевины.

Концентрация водородных ионов в крови зависит также от деятельности желудка и кишечника. Клетки слизистой желудка секретируют соляную кислоту в очень высокой концентрации. При этом из крови ионы хлора выделяются в полость желудка в соединении с ионами водорода, образующимися в эпителии желудка с участием карбоангидразы. Взамен хлоридов в плазму в процессе желудочной секреции поступает гидрокарбонат.

Поджелудочная железа активно участвует в регуляции pH крови, так как она генерирует большое количество гидрокарбоната. Образование гидрокарбоната тормозится при избытке кислот и усиливается при их недостатке.

Кожа может в условиях избытка нелетучих кислот и оснований выделять последние с потом. Это имеет особое значение при нарушении функции почек.

При изучении кислотно-щелочного баланса наибольшее значение имеет исследование крови. Показатели в капиллярной крови близки к показателям артериальной.

Костная ткань. Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , содержащиеся в костной ткани, могут обмениваться на ионы водорода, компенсируя ацидоз. В тяжелых случаях этот процесс может приводить к декальцификации скелета.

2.3.6. Буферная емкость

Способность буферных растворов противостоять изменению pH при добавлении сильных кислот или щелочей определяется понятием **буферная ёмкость**. По предложению Ван – Слейка *буферная ёмкость измеряется количеством эквивалентов кислоты или щёлочи (моль, ммоль), которое нужно добавить к 1 литру буферного раствора, чтобы изменить pH на единицу.*

$$B = \frac{c}{pH_1 - pH_2}, \text{ моль/л}$$

c – количества эквивалентов кислоты или щёлочи, добавленные к буферному раствору объёмом 1 литр, а ΔpH – наблюдаемое при этом изменение pH, т.е. $|pH_1 - pH_2|$. Практически буферную ёмкость определяют титрованием точно отмеренного объёма буферного раствора сильной кислотой (HCl)

или щелочью (KOH, NaOH) в присутствии кислотно – основных индикаторов. Буферная ёмкость определяется двумя факторами:

1. Концентрацией кислотно-основной пары – чем выше концентрация кислотно-основной пары, тем выше буферная ёмкость.

2. Соотношением концентраций компонентов. С ростом концентрации, составляющих буфер кислоты (щелочи) и соли увеличивается буферная емкость системы. Таким образом, pH буферной смеси зависит только от соотношения компонентов и $K_{\text{дисс.}}$ слабой кислоты или основания, а буферная емкость зависит от соотношения компонентов и их концентрации. Наибольшей буферной ёмкостью обладают растворы с соотношением концентраций или количеств компонентов 1 : 1. При отклонении от этого соотношения буферная ёмкость заметно снижается и практически падает до 0, если соотношение $C(\text{соль})/C(\text{кисл})$ или $C(\text{соль})/C(\text{осн})$ станет меньше 0.1 или больше 10. Таким образом, интервал значений pH, в котором буферная система активно проявляет свои свойства, составляет приблизительно 2 единицы pH, т.е. $\text{pH} = \text{pK}_a \pm 1$ – зона буферного действия.



Кислотность мочи и слюны

Главными регуляторами кислотно-щелочного баланса в организме человека являются углекислый газ и ионы водорода H^+ . Водород играет основную роль в образовании кислот и щелочей, его концентрация должна находиться в строгих пределах, контролируемых организмом. При отклонении количества ионов водорода от нормального возникают сбои в работе ферментных систем и функциональных белков, что приводит к развитию различных заболеваний. Очень важно вовремя обратить внимание на изменение уровня pH внутренней среды организма. Контролируют pH организма, измеряя pH мочи и слюны. Реакция мочи взрослого человека при употреблении смешанной пищи слабокислая или нейтральная. В зависимости от характера пищи реакция мочи может колебаться от 4,5 до 8,0. Кислая реакция мочи наблюдается при перегрузке мясной пищей, щелочная – при

овощной диете. Кроме того, кислотность мочи изменяется при многих заболеваниях организма.

Щелочность мочи увеличивается при употреблении минеральных вод при рвоте и поносе, хронической инфекции мочевыводящих путей, при циститах и воспалительных заболеваниях мочевого пузыря. Кислотность увеличивается при сахарном диабете, туберкулезе почек и мочевого пузыря, почечной недостаточности, при лихорадке, голодании, почечнокаменной болезни, гипокалиемии и гипохлоремии, вливании большого количества изотонического раствора натрия хлорида, у детей при экссудативном диатезе.

Кроме pH мочи, при диагностике состояния здоровья измеряют pH слюны, который зависит от скорости слюноотделения. Обычно кислотность слюны человека равна 6,8-7,4 pH, но при большой скорости слюноотделения достигает 7,8 pH. У детей в среднем кислотность слюны составляет 7,32 pH, у взрослых – 6,40 pH. Низкое значение кислотности (6,2-6,0) слюны не только свидетельствует о нарушении функционирования организма, но и приводит к деминерализации зубной эмали с появлением эрозии твердых тканей и образованием в них полостей – кариеса.

Кислотность мочи в норме и патологии



Ситуационные задачи

1. pH желудочного сока больного равно 3. Определить $c(\text{H}^+)$. рОН желудочного сока.
2. В крови в большой концентрации присутствует бикарбонатный буфер. Рассчитайте, изменится ли pH буферной системы, состоящей из 0,1 моль/л $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ при одинаковом соотношении компонентов при разведении ее водой в 100 раз; при добавлении 0,01 моль/л растворов HCl и NaOH.
 $K_{(\text{H}_2\text{CO}_3)} = 4,5 \cdot 10^{-7}$.

Тестовые вопросы

1. Согласно протолитической теории к кислотам относятся:
А. вещества способные присоединять протон;
В. вещества способные отдавать протон;

С. вещества способные как присоединять, так и отдавать протон;

Д. акцепторы протонов.

2. Как изменяется концентрация водородных ионов в воде при добавлении кислот?

А. концентрация ионов водорода уменьшается;

В. концентрация ионов водорода повышается; С. концентрация ионов водорода не изменяется;

Д. концентрация ионов водорода повышается, а затем понижается.

3. Определить $c(\text{OH}^-)$ если $c(\text{H}^+) = 10^{-5}$.

А. 10^{-5} В. 10^{-11} С. 10^{-9} Д. 10^{-6}

4. Какую функцию выполняют буферные системы в организме?

А. сохраняют постоянство осмотического давления

В. сохраняют постоянство pH биологических жидкостей

С. уменьшают pH крови

Д. увеличивают pH биологических систем.

5. Укажите химический состав гидрокарбонатной буферной системы

А. $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{CH}_3\text{COOH}$

В. $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3$

С. $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$

Д. $\text{PtCOONa} + \text{PtCOOH}$

6. Растворы, поддерживающие постоянство pH, при добавлении небольших количеств кислот и щелочей называются:

А. основаниями

В. буферными

С. электролитами

Д. кислотами

7. Буферные растворы состоят из:

А. слабого основания и соли этого основания с сильной кислотой

В. сильной кислоты и соли этой кислоты со слабым основанием

С. слабой кислоты и соли этой кислоты со слабой кислотой

Д. сильной кислоты и соли кислоты с сильным основанием

8. Укажите 2 правильных определения аммиачной буферной системы

А. кислотная буферная система состоит из $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$

В. физиологическая буферная система

С. состоит из $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$

Д. в организме не встречается

9. Укажите 2 ответа, характеризующие ацетатную буферную систему

1) состав $\text{CH}_3\text{COOH} + (\text{CH}_3\text{COO})_2 \text{Mg}$

2) состав $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$

3) основная буферная система

4) кислотная буферная система

А. 1,4 В. 2,3 С. 3,4 Д. 2,4

10. Укажите pH биологических жидкостей:

1) 1-2 2) 7.36-7.40 3) 5-8

а) Желудочный сок в) Моча с) Сыворотка крови

А. 1а2в3с В. 2а3в1с С. 1а2с3в Д. 1в2а3с

2.4. Дисперсные системы. Коллоидные растворы

2.4.1. Дисперсные системы и их классификация

Системы, в которых одно вещество в мелко раздробленном состоянии равномерно распределено в среде другого вещества называются *дисперсными системами*. Дисперсные системы являются гетерогенными и состоят из двух фаз: дисперсионной фазы и дисперсной среды. *Дисперсной фазой* является распределённое вещество. Среда, где это вещество распределено, называется *дисперсионной средой*.

Свойства дисперсных систем зависят от величины общей поверхности, которая непосредственно связана со степенью дисперсности. Чем больше степень дисперсности дисперсной фазы, тем больше площадь поверхности и тем больше поверхностная энергия частиц, находящихся на ней. В результате такая система, стремясь к уменьшению поверхностной энергии, становится термодинамически неустойчивой и реакционная способность такой системы повышается. И как следствие в таких системах наблюдаются явления, сопровождающиеся образованием макроструктур, коагуляция (укрупнение) коллоидных частиц и другие.

Дисперсные системы классифицируются по следующим параметрам:

- ***по размеру частиц*** (по степени дисперсности) дисперсной фазы;
- ***по агрегатному состоянию*** дисперсной фазы и дисперсионной среды;
- ***по степени взаимодействия*** дисперсной фазы и дисперсионной среды;
- ***по природе взаимодействия*** дисперсной фазы и дисперсионной среды.

По размеру частиц (по степени дисперсности) дисперсной фазы дисперсные системы классифицируются:

- ***молекулярно-ионные дисперсные системы*** - с размером частиц до 1 нм или 10^{-9} м (истинные растворы электролитов и неэлектролитов);
- ***коллоидно-дисперсные системы или золи*** - с размером частиц 1–100 нм или 10^{-9} – 10^{-7} м (золи металлов, малорастворимых веществ, растворы белков, крахмала, большинство биологических жидкостей (кровь, лимфа и др.

• **грубодисперсные системы** с размерами частиц более 100 нм, или 10^{-7} - 10^{-4} м (суспензии, эмульсии, аэрозоли, пены).

Истинные растворы – *гомогенные системы*, образующиеся в результате распределения мелких частиц (атомов, ионов, небольших по размеру молекул) в жидком растворителе.

Коллоидные системы – имеют частицы, размеры которых в 10-100 раз крупнее размеров частиц истинных растворов, способных проходить через фильтры, но не способных проходить через полупроницаемую мембрану. Примером могут служить золь серебра в растворе желатина и другие.

Грубодисперсные системы – являясь гетерогенными системами, явно отличаются от истинных и коллоидных растворов. Частицы суспензии являются настолько крупными, что они не проходят ни через фильтры, ни через полупроницаемые мембраны. Примером может суспензий могут служить взвеси глины или мела в воде.

Они неустойчивы, быстро осаждаются или всплывают на поверхность прозрачной воды. К суспензиям можно отнести лосьоны, жидкие растворы антибиотиков. Лекарственные препараты в виде суспензии перед использованием необходимо встряхивать.

По агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды дисперсные системы классифицируются следующим образом:

Таблица 2.4.1.1. Примеры дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды

№№	Дисперсная фаза	Дисперсионная среда	Примеры
1.	Газ	Газ	<u>Истинные растворы</u>
2.	Газ	Жидкость	Пена
3.	Газ	Твёрдое вещество	Твёрдая пена (пемза, пенопласт и др.)
4.	Жидкость	Газ	Аэрозоли жидких веществ (туман, пар)
5.	Жидкость	Жидкость	Эмульсии
6.	Жидкость	Твёрдое вещество	<u>Гели</u>
7.	Твёрдое вещество	Газ	Аэрозоли твёрдых веществ (пыль, порошок)

8.	Твёрдое вещество	Жидкость	Суспензии, коллоидные растворы
9.	Твёрдое вещество	Твёрдое вещество	Сплавы

По степени взаимодействия дисперсной фазы и дисперсионной среды дисперсные системы классифицируются на:

- **свободнодисперсные системы** – частицы дисперсной фазы взаимно не связаны и способны к свободному движению (лиозоли, аэрозоли, суспензии и эмульсии);
- **связаннодисперсные системы** – составляющие части дисперсной системы не имеют возможности свободного движения (гели, пены и т.д.).



Туман



Пена



Молоко



Пемза



Гель

По природе взаимодействия дисперсной фазы и дисперсионной среды. Взаимодействие компонентов дисперсной системы определяется способностью к сольватации (гидратации).

При сильном взаимодействии дисперсной фазы и дисперсионной среды образуются **лиофильные** (если дисперсной средой является вода – **гидрофильные**) **системы**. При слабом взаимодействии дисперсной фазы и дисперсионной среды образуются **лиофобные (гидрофобные) системы**.

Связаннодисперсные системы — твердообразны, они возникают при контакте частиц дисперсной фазы, приводящем к образованию структуры в виде каркаса или сетки. Такая структура ограничивает текучесть дисперсной системы и придает ей способность сохранять форму. Подобные структурированные коллоидные системы называют **гелями**.

Среди дисперсных систем особое место отводится **коллоидным дисперсным системам**, потому что большинство биологических систем (кровь, моча, и др.) существуют в виде

коллоидных растворов. Коллоидные системы также называют золями.

По природе дисперсионной среды коллоидные растворы классифицируются на:

- **лиозоли** – золи, дисперсионной средой которых является жидкость;
- **аэрозоли** – золи, дисперсионной средой которых является газ;
- **твёрдые золи** – и дисперсной фазой и дисперсионной средой являются твёрдые вещества.

Таблица 2.4.1.2. Свойства истинных, коллоидных растворов и суспензий

Тип раствора	Типы частиц	Отношение к осаждению	Разделение на части
Истинный раствор	Атомы, ионы и молекулы с малыми размерами	Частицы не осаждаются	Частицы от растворителя не отделяются фильтром или полупроницаемой мембраной
Коллоидный раствор	Относительно крупные частицы, не видны невооружённым глазом	Частицы не осаждаются	Частицы можно отделить с помощью полупроницаемой мембраны, но фильтром не разделяются
Суспензии	Очень крупные частицы, визуализируемые невооружённым глазом	Частицы быстро осаждаются	Частицы можно отделить даже при помощи фильтровальной бумаги

2.4.2. Способы получения коллоидных систем

Размеры коллоидных частиц больше частиц истинных растворов и меньше грубодисперсных частиц, поэтому их получают двумя противоположными способами:

- **Дисперсионный** – измельчение относительно крупных частиц до размеров коллоидных;
- **Конденсационный** – укрупнение молекул и ионов до размеров коллоидных частиц.

Дисперсионные методы

К дисперсионным относятся следующие методы: механическое раздробление, дробление при помощи ультразвука, метод пептизации.

Механический способ. Используются механические дробители. К ним относятся шаровые и коллоидные мельницы. Шаровая мельница представляет собой цилиндрическую конструкцию, в которой установлены шары из особо твёрдого материала. В мельницу помещают вещество, подвергаемое измельчению, а работа цилиндра запускается при помощи специальных механизмов (редуктор, двигатель). За счёт быстрого вращения цилиндра и в результате соударений и трений вещество измельчается. При такой обработке достигается относительно низкая степень дисперсности – диаметр частиц достигает 50-60 нм.

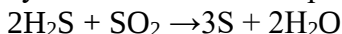
Использование ультразвука. В этом способе для измельчения частиц пользуются ультразвуком. Под действием ультразвука возникают расщепляющие силы, способствующие измельчению веществ. При помощи ультразвука диспергируют графит, серу, крахмал, желатин, некоторые металлы (ртуть, свинец, цинк).

Метод пептизации. Пептизация – метод перевода свежеприготовленного осадка из состояния геля в состояние золя с использованием химического вещества (свежеприготовленные нерастворимые гидроксиды металлов, например $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ и т.п.). В некоторых случаях пептизация проводится путём вывода из реакционной среды ионов электролита, вызывающих коагуляцию. Если не убрать из раствора лишние ионы электролита, они адсорбируются на коллоидных частицах, способствуют их агрегации. Роль пептизаторов в основном выполняют электролиты и регулируют дезагрегацию.

Конденсационные методы

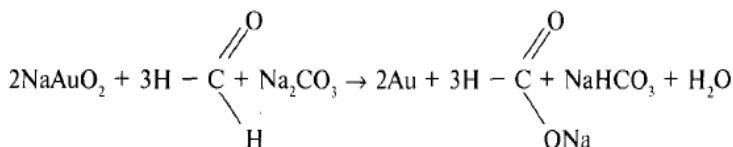
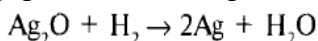
В основе конденсационных методов получения коллоидных растворов лежат химические реакции: окисление, восстановление, гидролиз, обмена, расщепление и т.п.

Метод окисления. Примером получения коллоида методом окисления является получение коллоидного раствора серы:

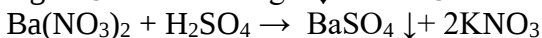
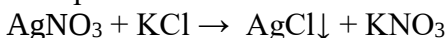


Получаемые нейтральные атомы серы конденсируются в коллоидные частицы.

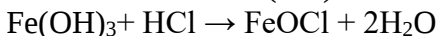
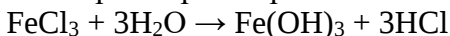
Метод восстановления. Восстановление – это присоединение электронов ионами. При этом они превращаются в атомы и конденсируются в коллоидные частицы. Используются слабые восстановители, как формалин, газообразный водород и т.п.):



Конденсация реакцией обмена. Этот способ основан на реакциях взаимодействия двух веществ, с образованием малорастворимого соединения. Эти вещества в определённых удобных условиях сохраняют свою высокую дисперсность. Примером являются реакции образования хлорида серебра и сульфата бария.



Метод гидролиза. Этот метод основан на образовании золя при гидролизе солей. Например, при сильном разбавлении и нагревании происходит гидролиз FeCl_3 с образованием $\text{Fe}(\text{OH})_3$. При этом выпадение осадка не наблюдается, происходит изменение окраски раствора.



$\text{FeOCl} \rightarrow \text{FeO}^+ + \text{Cl}^-$ диссоциирует на ионы и обеспечивает ионный слой вокруг $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Метод замены растворителя. Этот метод основан на выделении растворённого вещества из раствора в среду другого растворителя в виде высокодисперсных нерастворимых частиц. Молекулы растворённого вещества переходят в среду, где они укрупняются до состояния коллоидной частицы.

Электрический метод. Метод основан на образовании электрического тока между диспергированными электродами из благородных металлов (серебро, платина, золото). При высокой температуре материал электродов переходит в парообразное состояние в водную дисперсную среду. Пары металла конденсируются в виде коллоидных частиц. Этот процесс проходит при постепенном охлаждении.

2.4.3. Способы очистки коллоидных систем

Коллоидные системы при их приготовлении содержат примеси исходных веществ, избыток электролитов. Поэтому после приготовления их надо подвергать очистке. Различают следующие способы очистки коллоидных растворов:

- диализ;
- электродиализ;
- компенсационный диализ и вивидиализ;
- ультрафильтрация.

Диализ – это способ очистки коллоидных растворов от примесей электролитов или других низкомолекулярных веществ при помощи полупроницаемой мембраны. При диализе она называется *диализной мембраной*. Мембрана выборочно пропускает небольшие молекулы, ионы и не пропускает такие крупные частицы как коллоидные частицы.

При очистке коллоидных растворов в специальные приспособления, стенки которых обладают полупроницаемой способностью помещают очищаемый раствор. Обычно это целлофановый мешочек или мешочек из другого материала, обладающего полупроницаемостью. Данный мешочек опускается в сосуд с дистиллированной водой. В результате низкомолекулярные частицы или ионы начинают переходить в окружающую водную среду. Это приводит к очистке коллоидного раствора.

Недостатком этого способа является расход большого количества времени, иногда процесс длится сутками, неделями.

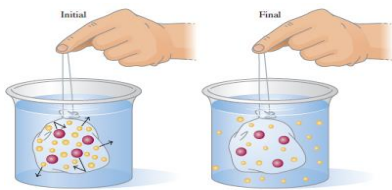


Рисунок 2.4.3.1. Переход частичек через мембрану.

● ионы Na^+ , Cl^- или частицы типа глюкозы

● частицы, типа белков и крахмала

Электродиализ. В этом методе очистки коллоидных растворов используется электродиализатор, который является тем же диализом, только с использованием электродов – катода и анода. Методом электродиализа проводится очистка коллоидных растворов в течение часов и даже минут. Электродиализатор состоит из трёх камер, одним из которых является камера, стенки которой обладают свойствами полупроницаемой мембраны. В эту камеру наливается коллоидный раствор. Две другие камеры, расположенные по бокам заполняются дистиллированной водой, с опущенными в них двумя электродами.

Электроды соединяют с источником постоянного тока. В результате катионы из коллоидного направляются в камеру с катодом, а анионы в камеру с анодом. В результате процесс диализа намного ускоряется.

Компенсационный диализ и вивидиализ. Эти методы обычно применяются для изучения и очистки биологических жидкостей, имеющих характер коллоидных растворов. В компенсационном методе вместо чистого растворителя используют физиологические растворы, содержащие в своем составе те же низкомолекулярные вещества (и в том же количестве), что в норме должны присутствовать в дисперсной системе. В результате из крови удаляются только чужеродные вещества, т.е. продукты метаболизма, распада тканей. С помощью компенсационного диализа можно не только определить природу тех или иных примесей в биологической жидкости, но и установить их концентрацию.

Разновидностью компенсационного диализа является *вивидиализ*, в ходе которого очистку биологической жидкости (крови) осуществляют в живом организме. При этом в концы перерезанного кровеносного сосуда вставляются стеклянные канюли. Их разветвленные части соединяются между собой

трубочками, стенки которых образованы полупроницаемым материалом. Вся система снаружи омывается физиологическим раствором

В результате компенсационного диализа за счёт диффузии и градиента концентрации наблюдаются следующие два фактора:

- если концентрация низкомолекулярного вещества в коллоидном растворе будет больше, чем в омывающем растворе, то они будут переходить через полупроницаемую мембрану в раствор, содержащий это же вещество. В результате концентрация этого вещества в омывающем растворе увеличится, а в коллоидном растворе уменьшится.

- если концентрация низкомолекулярного вещества в коллоидном растворе будет меньше, чем в омывающем растворе, молекулы этого вещества будут переходить в среду коллоидного раствора и наблюдается обратное – концентрация вещества в коллоидном растворе увеличится.

В компенсационном диализе осмотическое давление раствора с низкомолекулярным веществом должно быть равно осмотическому давлению коллоидного раствора. Разница в осмотическом давлении компенсируется добавлением в раствор с низкомолекулярным веществом хлорида натрия NaCl. Этот метод основывается на изменении концентрации только того вещества, которое содержится и во внешнем растворе и в коллоидном растворе. Используя данный метод были определены концентрации в крови таких веществ, как глюкоза и мочевины. Методом вивидиализа впервые были обнаружены свободные аминокислоты в крови.

Ультрафилтрация – метод очистки коллоидных растворов с помощью ультрафильтров, снабжённых специальным материалом, обладающим полупроницаемостью. При этом на фильтре остаются коллоидные частицы, а через него проходят низкомолекулярные вещества. Для ускорения процесса ультрафилтрации используется повышенное давление. Кроме того, процесс можно ускорить создавая вакуум в сосуде, куда собирается фильтрат. Так как процесс ультрафилтрации проходит быстро, промыть коллоидный раствор водой можно несколько раз и в результате получается возможность получить золи высокой степени очистки.



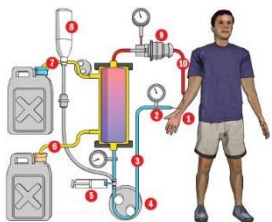
Гемодиализ. Аппарат «Искусственная почка (гемодиализ)»

Больным, почки которых перестали выполнять свою функцию, назначают диализ, процесс, который по сути является очисткой коллоидных растворов. Почки являются жизненно важным органом. Они забирают из крови лишнюю жидкость и токсины, которые выводятся из организма через мочевыделительную систему. В случае повреждения почек и нарушения их функциональности вредные вещества начинают скапливаться в организме, и в этом случае применяется метод искусственного очищения крови, который носит название *гемодиализ*.

Гемодиализ – это уникальный способ эвакуации из кровяного русла токсических веществ, скопление которых происходит вследствие фильтрационной неспособности почек. Очистке подвергается кровь, являющаяся коллоидным раствором. Сочетание *гемодиализа* и ультрафильтрации используется в аппарате «*искусственная почка*», предназначенном для очистки крови при острой почечной недостаточности, при ожогах и др.



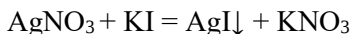
Современный аппарат «*искусственная почка*» состоит из очистительной системы (водный раствор концентрата – электролита для диализа), ёмкости, куда собирается использованный концентрат, и плазмофильтра, содержащего большое число очень тонких капилляров, выполняющих роль нефронов почки. Кровь больного проходит через магистраль (систему) и чужеродные вещества выводятся из крови. «Искусственную почку» подключают непосредственно к системе кровообращения больного. Кровь под давлением, создаваемым специальным насосом, протекает в узком зазоре между двумя мембранами, омываемыми снаружи физиологическим раствором. Благодаря большой рабочей поверхности мембран ненужные продукты метаболизма удаляются из крови, а жизненно необходимые низкомолекулярные вещества (неорганические соли, глюкоза, аминокислоты и т.п.) остаются в ней. В результате не происходит потери крови, потому что мембрана не пропускает такие крупные частицы как эритроциты.



При хронической почечной недостаточности гемодиализ является эффективным методом лечения, но естественно имеются недостатки. К ним относится пожизненная привязанность к аппарату и лекарственным препаратам.

2.4.4. Строение мицеллы коллоидных частиц

Строение мицеллы можно рассмотреть на примере коллоидной частицы AgI. Образование коллоидной частицы проходит по следующей схеме:

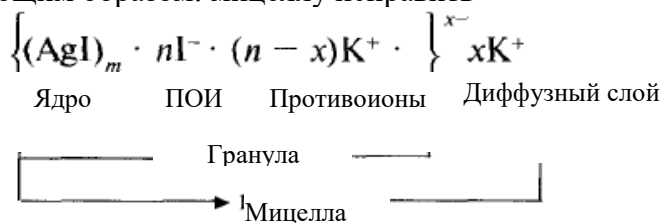


В плохорастворимом соединении AgI ионы Ag^+ и I^- объединяются и образуют **кристаллическую решётку AgI**. Частицы AgI вначале образуются в аморфном состоянии, затем постепенно кристаллизуются. Если исходные вещества для реакции (AgNO_3 и KI) взяты в эквивалентных количествах, кристаллы растут, их размеры начинают превышать размеры коллоидных частиц и выпадает осадок. Если одно из исходных веществ взято в избыточном количестве, то размеры частиц AgI соответствуют размерам коллоидных частиц. Вещество, взятое в избытке выполняет роль *стабилизатора*. Например, если в избытке взят KI, то в растворе будут излишние ионы K^+ и I^- . Согласно правилу Панета-Фаянса, построение кристаллической решётки может происходить только за счёт ионов, входящих в эту кристаллическую решётку. В этом случае это будут ионы I^- . Поэтому ионы I^- будут продолжать формирование кристаллической решётки и сообщают ему свой заряд. В связи с этим ионы I^- являются **потенциалопределяющими ионами (ПОИ)** и сообщают агрегату заряд и возникает электротермодинамический потенциал ξ . Частицы, обладающие относительно высоким зарядом притягивают к себе противоположно заряженные ионы (противоионы) K^+ из раствора. Т.е. происходит адсорбция противоионов. При этом устанавливается динамическое равновесие между адсорбированными ионами и ионами в растворе. Адсорбированные потенциалопределяющие ионы в совокупности с противоионами образуют **адсорбционный слой**, который вместе с ядром составляют **гранулу коллоидной частицы**. Гранула имеет такой же заряд как и ξ - потенциал, но по абсолютной величине он немного меньше ξ - потенциала. Это зависит от количества противоионов в адсорбционном слое. Если адсорбировалось 90% противоионов, потенциал гранулы составляет 10% от общей величины потенциала. Потенциал

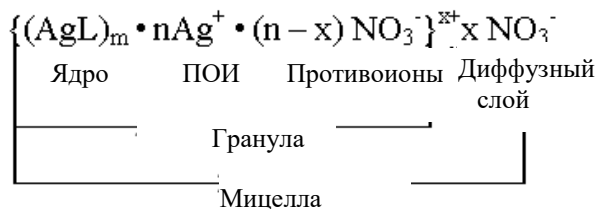
гранулы называется **электрокинетическим или дзета потенциалом (ξ -потенциал)**, потому что он возникает за счёт сил электростатического притяжения частиц вблизи гранулы. Оставшаяся часть противоионов располагаются вокруг гранулы в диффузном порядке и образуют **диффузный слой**. Толщина диффузного слоя может быть различной и зависит от ионной силы раствора, т.е. чем больше ионная сила, тем меньше диффузный слой. Величина ξ -потенциала зависит от соотношения количества ионов адсорбционного и диффузного слоёв: чем больше ионов в адсорбционном слое и меньше ионов в диффузном слое, тем меньше величина ξ -потенциала. ξ - потенциал является критерием устойчивости коллоидных частиц. Гранула вместе с диффузным слоем составляют **мицеллу**, которая в целом **электронейтральна**.

Концентрация ионов в диффузном слое уменьшается по мере приближения к границе раздела. Одновременно уменьшается и величина потенциала, и на самой границе раздела становится равной нулю. Таким образом мицелла всегда бывает **электронейтральной**.

Схема строения мицеллы AgI при избытке KI выглядит следующим образом: мицеллу исправить



Устойчивость коллоидных систем зависит от стабилизатора (электролита) и величины заряда гранулы (ξ -потенциала). Чем больше ξ -потенциал, тем больше силы электростатического отталкивания, а значит тем устойчивее система. Строение мицеллы AgI, полученной при избытке AgNO₃ представлена схемой:



Электрофорез

Электрофорез – электрокинетический процесс, основанный на переносе частиц дисперсной фазы (коллоидных или белковых растворов) относительно жидкой или газообразной дисперсной среды под воздействием внешнего электрического поля. При введении в организм лекарства методом электрофореза учитываются заряды ионов, образующихся в результате их диссоциации.

Через анод вводятся катионы, например ионы металлов, алкалоиды, через катод вводятся анионы (кислот, соли, некоторые органические вещества (сульфинидин, кокаин и др.). Электроды накладываются на салфетки, пропитанные раствором лекарственного препарата, действующие ионы или молекулы не проникают вглубь в ткани, а накапливаются под кожей или в подкожной клетчатке вблизи электродов, создавая своеобразное «депо под кожей». Лекарственное средство медленно диффундирует в кровяное русло, распределяется по организму.



Спецификой электрофоретического метода является повышение эффективности воздействия препаратов, связанное с тем, что во-первых лекарственные препараты вводятся в организм в активном состоянии, и кроме того, они находятся под действием постоянного тока.

2.4.5. Свойства коллоидно-дисперсных систем

Коллоидные системы, также как и истинные растворы обладают рядом молекулярно-кинетических свойств:

1. Как и молекулы истинного раствора, коллоидные частицы золь находятся в непрерывном беспорядочном движении. Непрерывное самопроизвольное движение частиц, взвешенных в жидкости или газе, называется **броуновским движением** по имени английского ботаника Роберта Броуна, наблюдавшего

такое движение. Непрерывное движение препятствует оседанию частиц и способствует устойчивости коллоидных систем. Интенсивность движения значительно уменьшается с увеличением размера частиц. Броуновское движение можно наблюдать в ультрамикроскоп. Оно является причиной диффузии частиц в коллоидных системах.

2. **Диффузия** – самопроизвольно протекающий процесс выравнивания концентраций в любых дисперсных системах, частицы которых находятся в беспорядочном тепловом движении. Скорость диффузии обратно пропорциональна размеру диффундирующих частиц и вязкости дисперсионной среды. Наличие диффузии частиц позволяет работать с ними как с истинными растворами (концентрирование, разбавление и т.п.).

3. Для коллоидных растворов, как и для истинных, характерно **осмотическое давление**. Если коллоидный раствор и чистая жидкость разделены мембраной, непроницаемой для коллоидных частиц и проницаемой для молекул жидкости, то наличие мембраны ограничивает свободное передвижение коллоидных частиц по направлению растворителя. Неспособность к прохождению через полупроницаемые мембраны, являющаяся одним из характерных отличий коллоидных систем от растворов низкомолекулярных веществ, используется в методах диализа и ультрафильтрации для очистки и концентрирования растворов. В связи с тем, что коллоидные растворы нельзя получить в больших концентрациях, их осмотическое давление очень незначительно.

Наличие молекулярно-кинетических свойств коллоидных растворов объясняет их относительную седиментационную устойчивость по сравнению с грубодисперсными системами.

Следовательно, коллоидные растворы, в виду своей природы, обладают рядом специфических свойств:

- не проходят через ультрафильтры;
- светорассеивание (оптическое свойство);
- частицы видны в электронный микроскоп;
- коагуляция.

Данные свойства коллоидных растворов позволяют объяснить причины их неустойчивости.

2.4.6. Коагуляция коллоидных растворов

Устойчивость любой дисперсной системы определяется её способностью противостоять осаждению частиц и агрегации дисперсной фазы. Различают *кинетическую и агрегативную устойчивость*. **Кинетическая устойчивость** - это устойчивость дисперсных систем по отношению к действию силы тяжести и объясняется наличием броуновского движения. Броуновское движение способствует тому, что диспергированные частицы способны противостоять действию сил тяжести или центробежных сил, вызывающих выделение мицелл из золя. Такие системы как пыль, суспензия или эмульсия, которые относятся к грубодисперсным системам седиментационно неустойчивы и оседают (*седиментируют*), потому что частицы их тяжелы и практически не могут осуществлять теплового движения. Наоборот, молекулярно-ионные дисперсные системы, такие как газы, истинные растворы, обладают высокой кинетической устойчивостью, потому что им свойственны тепловое движение и способность к диффузии.

Таким образом кинетическая устойчивость зависит от размера частиц дисперсной фазы, от вязкости растворителя от температуры и разности плотностей дисперсионной среды и дисперсной фазы.

Агрегативная устойчивость - это способность коллоидной системы в той или иной мере сохранять степень дисперсности образующих её мицелл. Этот вид устойчивости объясняется с одной стороны, наличием у коллоидных частиц зарядов, что мешает им соединиться в более крупные агрегаты, а с другой, агрегативную устойчивость коллоидных систем можно объяснить тем, что вокруг коллоидных частиц могут образовываться тесно связанные между собой сольватные оболочки из молекул растворителя, которые благодаря упругости и повышенной вязкости производят «расклинивающий эффект» и препятствуют слипанию частиц.

Коллоидные системы в отличие от истинных растворов обладают сильно развитой поверхностью и поэтому имеют большой избыток поверхностной энергии. Согласно II закону термодинамики это приводит к малой устойчивости коллоидных

систем. По принципу минимума свободной энергии коллоидные системы стремятся самопроизвольно уменьшить запас свободной поверхностной энергии и перейти в устойчивое состояние. Во всяком коллоидном растворе коллоидные частицы заряжены. Пока заряд сохраняется, между частицами действуют силы взаимного отталкивания, что препятствует их слипанию. При относительно больших расстояниях между частицами в коллоидном растворе преобладает отталкивание, а при малых – притяжение.

Когда силы межмолекулярного притяжения будут превосходить силы отталкивания, а это происходит при расстояниях между частицами 10^{-8} – 10^{-7} см, частицы коллоидного раствора начинают слипаться, укрупняться и образовывать крупные агрегаты, т.е. нарушается агрегативная устойчивость. Нарушение агрегативной устойчивости приводит к появлению таких крупных частиц-агрегатов, которые уже не смогут распределяться по всему объему, при этом система потеряет и кинетическую устойчивость. *Явление укрупнения частиц в коллоидных растворах в результате действия молекулярных сил сцепления называется **коагуляцией*** (от латинского *coagulatio* – свертывание, сгущение).

Коагуляция может быть *явной и скрытой*. Если коагуляция вызвана под воздействием электролитов, при малых концентрациях электролитов происходит только незначительное слипание частиц, т.е. начальная стадия коагуляции, которая называется ***скрытой коагуляцией***. Она протекает незаметно для невооруженного глаза, и агрегирование частиц в системе можно обнаружить только с помощью приборов, фиксирующих изменение цвета раствора, изменение электрокинетического потенциала.

При этом не наблюдается разделения системы на две фазы. При больших концентрациях электролитов, когда диспергированные частицы соединяются между собой в агрегаты, увеличиваясь в размере и массе, и седиментируют, то говорят о ***явной коагуляции***.

Коагуляцию вызывают такие факторы, как механическое воздействие (размешивание или встряхивание), резкое изменение

температуры (нагревание или охлаждение), добавление растворов электролитов, длительный диализ, действие электричества, и лучистой энергии.

Иногда коагуляция наступает в результате «старения» или химических изменений, происходящих в золе.

Так как агрегативная устойчивость коллоидных растворов определяется зарядом гранулы, электрокинетическим потенциалом (двойным электрическим слоем), то для коагуляции используют электролиты, которые снимают заряд гранулы. Явная коагуляция зольей происходит только при добавлении определенных количеств электролита. *То наименьшее количество электролита, которое вызывает начало явной коагуляции, называется **порогом коагуляции золя**.* Порог коагуляции выражается в долях миллимолей электролита на литр золя (ммоль/л). Коагулирующая способность различных электролитов (ионов) – это величина, обратная порогу коагуляции (ПК).

Коагуляцию вызывают те ионы электролита, которые несут заряд противоположный по знаку заряду гранулы коллоидной частицы. Коагулирующее действие электролитов объясняется ***правилом Шульце-Гарди***. *Коагуляцию вызывают ионы электролита, заряд которых противоположен заряду гранулы коллоидной частицы. Чем выше заряд иона вызывающий коагуляцию, тем больше его коагулирующее действие и тем ниже порог коагуляции.*

2.4.7. Оптические свойства коллоидных систем

При прохождении через дисперсную систему свет отражается, поглощается или рассеивается частицами. Рассеяние света наблюдается в том случае, когда размеры частиц дисперсной фазы меньше половины длины падающего света. Отражение света частицами наблюдается, если размеры частиц превышают длину волны, т.е. в грубодисперсных системах. Коллоидные частицы по размеру меньше или соизмеримы с длинами волн видимого света, поэтому световые лучи от них не отражаются и они не видны в оптическом микроскопе. Для коллоидных частиц наблюдается только светорассеяние. Это можно проследить на следующем опыте. Если на прозрачный

коллоидный раствор в сосуде направить пучок световых лучей и наблюдать его сбоку на темном фоне, то можно увидеть в жидкости светлый конус, который называется **эффектом или конусом Тиндаля**.

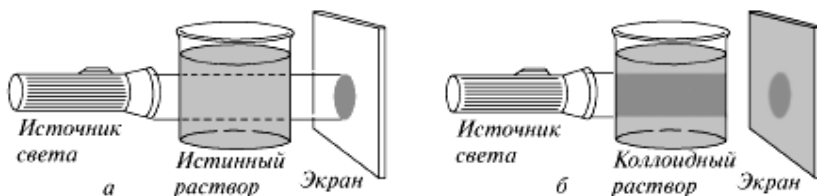


Рисунок 2.4.7.1. Прохождение света через истинный раствор и коллоид. Пучок света проходит через раствор, не рассеиваясь (а); коллоидные частицы рассеивают проходящий через раствор пучок света, в результате он становится видимым (б); диффузный пучок света не дает на экране четкого изображения



Избирательное действие лекарственных препаратов

Лекарственные препараты проявляют своё избирательное действие именно благодаря содержанию в них ПАВ. Например, известный препарат аспирин обладает способностью разжижать кровь, но при его употреблении вовнутрь повышает кислотную среду желудка желательно, чтобы его усвоение проходило через стенки кишечника. Это избирательное действие через стенки кишечника обеспечивается добавлением в препарат поверхностно-активного вещества. Проявляя солюбилизующее действие мицеллы вбирают в себя во внутрь молекулы органического вещества и доставляют лекарственный препарат к месту его действия.

2.4.8. Коллоидная защита

Если, до того как вызвать коагуляцию коллоидного раствора добавлением электролита, добавить в систему ПАВ, свойство зольей противостоять коагулирующему действию электролитов повышается. Причиной этого является образование «защитной» оболочки вследствие адсорбции ПАВ на поверхности золь своей лиофобной (гидрофобной) частью и ориентацией к растворителю

лиофильной (гидрофильной) частью. Если добавляемое ПАВ обладает свойством иона, под его воздействием возрастает величина электрокинетического потенциала золя, и он приобретает устойчивость по сравнению с исходным состоянием.

Повышение устойчивости коллоидных частиц против действия электролитов под воздействием ПАВ называется **«коллоидной защитой»**. Количественно «коллоидная защита» оценивается величиной «защитного числа», которое для золя золота называется «золотым числом», для золя железа – «железным числом», для золя серебра – «серебряным числом» и т.п.

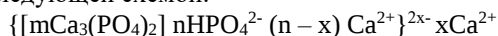
Например, **«золотым числом»** называется количество миллиграммов вещества, обеспечивающего защиту 10 мл красного золя золота от воздействия 1 мл 10 %-го раствора NaCl. Для защиты золя золота от коагуляции можно воспользоваться различными веществами. Результат защиты зависит от свойств ВМС. При маленькой величине защитного числа защитное действие ВМС будет выше. В ниже приведённом ряду наибольшее защитное действие оказывает желатин (наименьшее «золотое число») и наименьшим защитным действием обладает крахмал у которого «золотое число» наибольшее:

желатин (0,01 мг) > гемоглобин (0,05 мг) > яичный альбумин (2,5 мг) > крахмал (20,0мг).

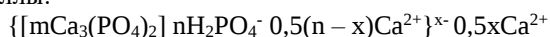
В условиях организма защитную функцию выполняют белки. В физиологических процессах коллоидная защита имеет очень большое значение. Например, в крови белки удерживают труднорастворимые фосфат и карбонат кальция в диспергированном состоянии. При некоторых заболеваниях наблюдается изменение концентрации защитного вещества, что приводит к осаждению солей (в почках, печени, суставах собираются соли). Большинство лекарственных препаратов выпускается в виде защищённого золя (колларгол, протаргол и др.).



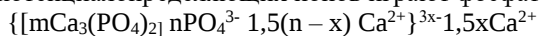
В любом живом организме представлены практически все виды коллоидных систем – лиофобные и лиофильные, связнодисперсные и свободнодисперсные. Леофильные системы представлены белками, нуклеиновыми кислотами, полисахаридами. Они могут находиться как в виде растворов (кровь, лимфа, спинномозговая жидкость), так и в виде связнодисперсных систем (цитоплазма, вещество мозга, водянистое содержимое глазного яблока, мышцы). Растворы белков содержат отдельные частицы, как истинные растворы, однако размер этих частиц близок к коллоидным, поэтому они обладают многими свойствами коллоидных систем. В число лиофобных дисперсных систем входят труднорастворимый фосфат кальция (участвующий в образовании АТФ, костного матрикса, неорганической основы зубов), холестерин (сложные эфиры которого входят в липидную часть клеточных мембран), фосфолипиды (из которых образованы клеточные мембраны и оболочки нервных волокон) и другие вещества. Согласно современным представлениям, слюну также можно представить, как биологическую жидкость, состоящую из мицелл, окруженных плотными структурированными водно-белковыми оболочками. Отдельные шарообразные мицеллы, тесно соприкасаясь, взаимно отталкивают и тем поддерживают друг друга в растворе. Основу слюны составляют мицеллы фосфата кальция. Роль потенциалопределяющих ионов выполняют гидрофосфат-анионы, противоионами служат катионы кальция. Состав мицелл можно представить следующей схемой:



При подкислении слюны состав мицеллы изменяется. В кислой среде потенциалопределяющими становятся дигидрофосфат-ионы, заряд гранулы уменьшается, следовательно, уменьшается толщина диффузного слоя и устойчивость мицеллы:



Ионы дигидрофосфата, не образуя с кальцием труднорастворимых соединений, не участвуют в процессе реминерализации, поэтому для поддержания мицеллы в устойчивом состоянии частично растворяется эмаль зубов. Вследствие расходования кислоты на этот процесс среда приближается к нейтральной, что приводит к постепенному восстановлению строения мицеллы, после чего вновь начинается реминерализация растворившейся эмали. Подщелачивание слюны также приводит к изменению строения мицелл; в этом случае роль потенциалопределяющих ионов играют фосфат-ионы:

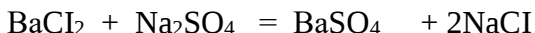


Эта мицелла неустойчива, поскольку ионы кальция и фосфата взаимодействуют друг с другом с образованием труднорастворимого фосфата кальция, что приводит к активизации процесса камнеобразования. На поверхности коллоидных частиц слюны адсорбируются высокомолекулярные соединения – белки альбумины, муцины и др. Они не позволяют мицеллам сближаться и объединяться в более крупные агрегаты. Благодаря такой защите слюна сохраняет устойчивость даже в условиях высоких концентраций ионов Ca^{2+} и PO_4^{3-} , значительно превышающих $PP\ Ca_3(PO_4)_2$.

Очень широко и разнообразно представлены коллоидные растворы в крови. В ней присутствуют наряду с истинными молекулярными растворами сахаров, электролитов, аминокислот, белков и коллоидные растворы – золи фосфатов кальция, холестерина, билирубина, уратов, жиров, фосфолипидов; к дисперсным системам крови относятся также газовые эмульсии O_2 , N_2 и CO_2 и суспензии эритроцитов, тромбоцитов, лейкоцитов. В последние годы в медицинской практике наблюдается увеличение случаев тромбозов и эмболий, связанных с коагуляцией крови в кровеносных сосудах. В норме форменные элементы крови и интима (внутренняя поверхность кровеносных сосудов) имеют ДЭС с отрицательным значением ζ -потенциала. Повреждение стенок сосудов, введение лекарственных средств, развитие атеросклероза или артериита приводит к перезарядке ДЭС, вследствие чего происходит прилипание отрицательно заряженных тромбоцитов и отложение белка фибрина на поврежденной стенке сосуда, т.е. образуются пристеночные тромбы. Аналогично формируются и эритроцитные тромбы. Снижение содержания веществ, стабилизирующих дисперсные системы, приводит к патологиям не только в крови, но и в других биологических жидкостях организма – желчнокаменной и мочекаменной болезням, кальцинозу, холестенозу и др. Анафилактический шок связан с нарушением равновесия коллоидных дисперсных систем в организме и их агрегацией в более крупные частицы – коллоидоплазией.

Ситуационные задачи

1. В медицине в качестве рентгеноконтрастного вещества широко используется сульфат бария. Золь сульфата бария может быть получена по реакции:



Напишите строение мицеллы золя сульфата бария в избытке сульфата натрия.

2. Перечислите методы очистки коллоидных растворов и их значение в медицине.

Тестовые вопросы

1. Мицелла – это ...

- А. частично положительно заряженная частица
- В. отрицательно заряженная коллоидная частица
- С. положительно заряженная коллоидная частица
- Д. электронейтральная коллоидная частица

2. Если растворенное вещество увеличивает поверхностное натяжение раствора, то такая адсорбция называется ...

- А. отрицательной
- В. положительной
- С. избирательной
- Д. нейтральной

3. Гидрофобными называются твердые поверхности.....

- А. не смачиваемые водой
- В. смачиваемые водой
- С. не смачиваемые органическим растворителем
- Д. не связанные со смачиванием

4. Поверхностно-активные вещества проявляют следующие свойства:

- А. понижают поверхностное натяжение
- В. повышают поверхностное натяжение
- С. частично изменяют поверхностное натяжение
- Д. формируют поверхностную энергию

5. Какие 2 иона адсорбируются на коллоидной частице $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$?

- 1). Ba^{2+} 2) Ca^{2+} 3) K^+ 4) PO_4^{3-}
А. 1,2 В. 3,4 С. 2,4 Д. 1,3

6. Назовите 3 фактора, которые приводят к коагуляции

- 1) длительный диализ 2) изменение температуры
3) механическое воздействие 4) действие электролитов
А. 1,2,3 В. 3,2,1 С. 2,3,4 Д. 1,3,4

7. Укажите 2 ответа, которые не входят в перечень методов очистки коллоидных систем

1) пептизация 2) коагуляция 3) диализ 4) elektrodializ

A. 1,3 B. 1,2 C. 3,4 Д.2,4

8. Укажите последовательность процесса коагуляции

1) притяжение коллоидных частиц 2) образование крупных агрегатов 3) слияние частиц 4) тонут под действием силы тяжести

A.1,3,4,2 B. 4,2,1,3 C.1,3,2,4 Д.3,4,2,1

9. Укажите порядок компонентов мицеллы

1) ядро 2) адсорбционный слой
3) диффузный слой

A. 1,3,2 B. 1,2,3 C. 2,3,1 Д.2,1,3

10. Сопоставьте состав золей:

1) Дисперсионная среда в виде жидкого агрегата, 2) Дисперсионная среда в виде газового агрегата, Дисперсная среда находится в твердом агрегатном состоянии.

а) лиазол в) аэрозоль с) твердые золи

A. 1a2в3с B.1в2с3а C.1с2a3в Д.1a2с3в

2.5. Химическая кинетика. Скорость химических реакций

2.5.1. Химическая кинетика

Химическая кинетика - раздел физической химии, изучающий скорости и механизмы химических реакций, и

факторы, влияющие на них. Это важный раздел химии, так как получение новых веществ и исследование их свойств возможно лишь при знании механизма химических процессов. Химические реакции протекают с различными скоростями. Некоторые протекают за доли секунды, со взрывом, т.е. мгновенно, другие – медленно (десятилетия, столетия, например, ржавление железа, образование пород, минералов). Кроме того, для осуществления химических реакций необходимы определенные условия: давление, температура и др.

Химическая кинетика изучает:

- протекание химических реакций во времени;
- зависимость скорости реакции от природы, концентрации веществ, температуры и наличия катализатора;
- выявление механизма реакции, т.е. числа стадий и природы, образующихся в этих стадиях промежуточных веществ.

2.5.2. Скорость химической реакции

Скорость химической реакции – это число элементарных актов реакции, происходящих в единицу времени в единице объема. Почему же скорость определяется числом элементарных актов взаимодействия? Дело в том, что взаимодействие происходит только в случае столкновения молекул друг с другом. Правда, как мы увидим позже, далеко не каждое столкновение молекул приводит к реакции. Необходимы еще соответствующая ориентация электронных облаков взаимодействующих молекул, а также определенная энергия, которой молекулы должны обладать.

Для реакции $A + B = C$ скорость гомогенной химической реакции характеризуется изменением концентрации реагирующих веществ (или продуктов реакции) за единицу времени:

$$V = \frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} = \pm \frac{\Delta c}{\Delta t} \text{ моль/л} \cdot \text{сек}$$

c - изменение концентрации одного из реагирующих веществ;

t – изменение температуры.

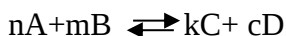
Скорость химической реакции зависит от следующих факторов:

- концентрации реагирующих веществ;
- температуры реакции;
- природы реагирующих веществ;
- катализаторов;
- степени измельчения (твердые вещества);
- среды (для реакций, идущих в растворе);
- интенсивности облучения и т.д.

Самыми главными и общими для большинства химических реакций являются первые четыре фактора. Другие же факторы действуют на определённые типы реакций. Так, интенсивность облучения влияет только на фотохимические реакции.

2.5.2.1. Влияние концентрации реагирующих веществ на скорость химической реакции

Скорость химической реакции зависит от концентрации реагирующих веществ. В общем случае, чем больше концентрации реагирующих веществ, тем больше число активных столкновений молекул реагирующих веществ, и тем больше скорость химической реакции. Влияние концентрации реагирующих веществ на скорость химической реакции выражает **закон действия масс** (ЗДМ): при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентрации реагирующих веществ в степени, равной стехиометрическому коэффициенту в уравнении реакции. Для реакции:



$$v_1 = k_1 \cdot c^n(A) c^m(B) \quad \text{скорость прямой реакции}$$

$$v_2 = k_2 \cdot c^k(C) c^c(D) \quad \text{скорость обратной реакции}$$

n, m, k, c – стехиометрические коэффициенты

$c(A)$ и $c(B)$ – молярная концентрация реагирующих веществ

$k(C)$ и $c(D)$ – молярная концентрация продуктов реакции.

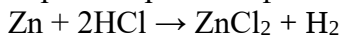
k_1 и k_2 – константа скорости прямой и обратной реакции.

Величина k – (физический смысл) – численно равна скорости реакции, при концентрации реагирующих веществ равной единице.

Константа скорости (k) зависит от природы реагирующих веществ, температуры, присутствия катализаторов, но не зависит от концентрации веществ. Различают гомогенные и гетерогенные реакции. Гомогенные реакции протекают в однородной среде (например, в газообразной фазе или жидком растворе); гетерогенные протекают в неоднородной среде, где есть граница раздела фаз. Таким образом, гомогенные реакции протекают равномерно во всем объеме;



гетерогенные – на границе раздела фаз.

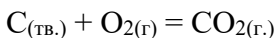


В связи с этим скорости гомогенной реакции и скорости гетерогенных реакций определяются различно. **Скорость**



гомогенной реакции называется количество вещества, вступающего в реакцию или образующегося при реакции за единицу времени в единице объема системы.

Скорость гетерогенной реакции называется количество вещества, вступающего в реакцию или образующегося при реакции за единицу времени на единице поверхности фаз. В случае гетерогенных реакций в уравнение ЗДМ входят концентрации только тех веществ, которые находятся в газообразной фазе или растворе. Концентрация вещества, находящегося в твердой фазе, обычно постоянная величина и поэтому входит в k скорости. Например: для гетерогенной реакции



скорость реакции равна:

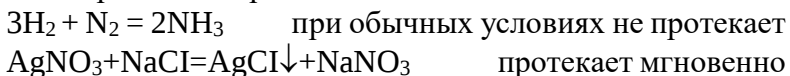
$$v = k \cdot c(\text{O}_2).$$

Ярким примером влияния концентрации реагирующих веществ на скорость химической реакции является реакция горения. Например, скорость горения какого-либо вещества в чистом кислороде намного больше чем в воздухе.

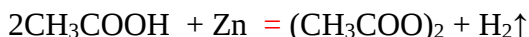
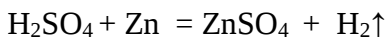
2.5.2.2. Влияние природы реагирующих веществ на скорость химической реакции

Чем выше химическое сродство реагирующих веществ, тем энергичнее и быстрее происходит реакция между ними. Например, водород с фтором реагирует даже при низкой температуре со взрывом, тогда как водород с кислородом взаимодействуют только при высокой температуре.

Важное значение имеет характер химических связей и строение молекул реагентов. Реакции между молекулами, связанными ковалентной неполярной связью при обычных условиях не протекают, реакции между ионами в растворах электролитов протекают практически мгновенно.



Сильные кислоты и основания вступают в реакции легче чем слабые кислоты и основания. Например, реакция между цинком и серной кислотой протекает быстро, обильно выделяется водород, между цинком и уксусной кислотой протекает медленно, слабо выделяется водород.



Гомогенные реакции протекают быстрее чем гетерогенные. Скорость гетерогенных реакций зависит от степени измельченности твердой фазы. Чем больше степень измельченности твердого вещества, тем больше поверхность соприкосновения последнего с жидкостью или газом, следовательно, тем больше скорость реакции. Например, скорость горения большого куска угля меньше, чем скорость горения измельченного угля.

2.5.2.3. Влияние температуры на скорость химической реакции

При повышении температуры увеличивается число активных столкновений, следовательно, увеличивается скорость реакции. Например, при повышении температуры организма увеличивается сердцебиение, увеличиваются метаболические

процессы. При повышении температуры скорость некоторых реакций значительно увеличивается. Например, реакция между водородом и кислородом $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ при обычной температуре почти не протекает. При температуре 400°C реакция продолжается 80 дней, при 500°C - 2 часа, при температуре 650°C протекает за доли секунды со взрывом. При понижении температуры скорость реакции уменьшается. Например, для предотвращения процесса гниения пищевых продуктов последние хранят в холодильнике.

Влияние температуры на скорость химических реакций описывается эмпирическим **правилом Вант-Гоффа**. При повышении температуры на каждые 10 градусов скорость реакции увеличивается примерно в 2-4 раза.

$$v_2 = v_1 \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

Здесь γ - так называемый температурный коэффициент или коэффициент Вант-Гоффа, принимает значения от 2 до 4 и показывает, во сколько раз возрастает скорость данной химической реакции при повышении температуры на каждые 10 градусов. Для каждой конкретной реакции температурный коэффициент определяется опытным путем. Для многих биохимических процессов температурный коэффициент Вант-Гоффа имеет значения 1,5-3. Вследствие этого при некоторых заболеваниях при повышении температуры организма больного от $36,5^\circ\text{C}$ до $39,5^\circ\text{C}$ скорость биохимических процессов организма увеличивается в 1,13-1,39 раза.

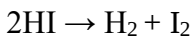
Правило Вант-Гоффа используется для приближенной оценки изменения константы скорости реакции при повышении или понижении температуры. Более точное соотношение между константой скорости и температурой установил шведский химик Сванте Аррениус:

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

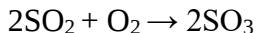
k – константа скорости реакции; A – предэкспоненциальный множитель; R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура); E_a – энергия активации. Так как, температура входит в показатель степени, скорость химической реакции очень чувствительна к изменению температуры. С ростом температуры число активных молекул возрастает, скорость химической реакции увеличивается.



Для того, чтобы совершить элементарный акт химического взаимодействия, реагирующие частицы должны столкнуться друг с другом. Однако, не каждое столкновение частиц приводит к их химическому взаимодействию. Химическое взаимодействие происходит в том случае, когда частицы приближаются на расстояние, при котором становится возможным перераспределение электронной плотности и возникновение новых химических связей. Следовательно, сталкивающиеся частицы должны обладать энергией, достаточной для преодоления сил отталкивания (энергетического барьера), возникающих между их электронными оболочками. Такие, реакционноспособные частицы называют *активными*, а энергия, необходимая для вступления реагирующих веществ в реакцию – *энергией активации*. Следовательно **энергия активации** – это энергия, необходимая для превращения реагирующих веществ в состояние активированного комплекса, или, это энергетический барьер, который отделяет активированный комплекс от вступающих в реакцию веществ. Именно для образования активированного комплекса необходима энергия активации. Он существует очень короткое время. Неустойчивый активированный комплекс распадается с образованием продуктов реакции, при этом энергия выделяется. В случае очень большой энергии активации будет мало молекул, способных преодолеть энергетический барьер и скорость реакции будет незначительной. Для многих реакций вычислены энергии активации и их значения приведены в справочнике.



$$E = 182,84 \text{ кДж/моль}$$



$$E = 335 \text{ кДж/моль}$$

2.5.3. Порядок реакции

Для выяснения механизма химических реакций необходимо экспериментально определить порядок реакции.

Порядок реакции указывает зависимость скорости реакции от концентрации. В общем виде для реакции:



Сумма $(n+m)$ показывает *порядок реакции*.

Для реакции $\text{A} + \text{B} = \text{AB}$ $v = k \cdot c(\text{A}) \cdot c(\text{B})$ или,

если $c(\text{A}) = c(\text{B})$ $v = k \cdot c^2(\text{A})$

Реакции нулевого порядка

Реакцией нулевого порядка называется реакция, скорость которой не зависит от концентрации реагирующих веществ.

Для реакций нулевого порядка кинетическое уравнение имеет следующий вид: $v = k_0$. Например, $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$ $v = k$, где K – константа скорости реакции. Скорость реакции нулевого порядка постоянна во времени и не зависит от концентраций реагирующих веществ. Гетерогенные реакции, протекающие на поверхности твердого вещества относятся к реакциям нулевого порядка. Скорость таких реакций очень мала.

Реакции первого порядка

Реакцией первого порядка называется реакция, скорость которой зависит от концентрации одного компонента. Реакции первого порядка характеризуются кинетическим уравнением вида:

$$v = k_1 \cdot c(\text{A})$$

Например, в реакции $\text{C}_{(\text{тв})} + \text{O}_{2(\text{г})} = \text{CO}_{2(\text{г})}$ $v = k \cdot c(\text{O}_2)$

Уравнением первого порядка могут также описываться скорости элементарных мономолекулярных реакций (изомеризация, термическое разложение и др.), а также реакции с более сложным механизмом, например, гидролиз сахарозы с образованием глюкозы и фруктозы. Эта реакция бимолекулярная, однако из-за наличия большого избытка воды скорость зависит только от концентрации сахарозы.



В реакции гидролиза сложного эфира концентрация воды изменяется очень незначительно, поэтому концентрация воды не учитывается

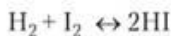
$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ $v = k \cdot c(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5)$
Скорость этой реакции зависит от концентрации сложного эфира.

Реакции второго порядка

Реакцией второго порядка называется реакция, скорость которой зависит от концентрации двух компонентов. Для реакций второго порядка кинетическое уравнение имеет следующий вид:

$$v = k_2 \cdot c_A^2 \text{ или } v = k_2 \cdot c_A \cdot c_B$$

Примером реакций второго порядка являются образование и разложение иодида водорода



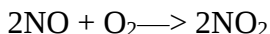
Реакции третьего порядка

Реакцией третьего порядка называется реакция, скорость которой зависит от концентрации трех компонентов. Для реакций третьего порядка:

$$v = k_3 \cdot c(A) \cdot c(B) \cdot c(C)$$

В простейшем случае, когда $c(A) = c(B) = c(C)$ $v = k_3 \cdot c^3$

По третьему порядку идет, например, реакция окисления оксида азота до диоксида:

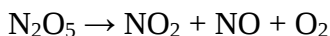


2.5.4. Молекулярность реакции

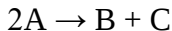
Реакции классифицируют по числу молекул, которые участвуют в одном элементарном химическом акте. В связи с этим различают мономолекулярные, бимолекулярные, тримолекулярные реакции.

Мономолекулярными называются реакции, в которых происходит превращение одной молекулы: $A \rightarrow B + C + D$

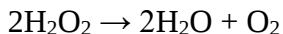
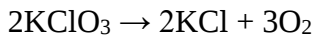
Примером мономолекулярных реакций являются реакции разложения:



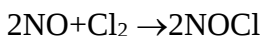
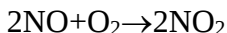
Бимолекулярными называются реакции, в которых элементарный акт осуществляется при столкновении двух молекул:



Примером бимолекулярных реакций являются следующие реакции:



В **тримолекулярных реакциях** элементарный акт осуществляется при столкновении трех молекул:



Тримолекулярных реакций немного, так как вероятность одновременного столкновения трех молекул очень мала. Поэтому эти реакции протекают очень медленно.

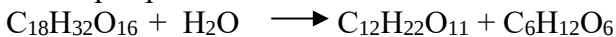
Для простых, гомогенных реакций, протекающих в одну ступень, порядок и молекулярность реакции соответствует друг другу, т.е. мономолекулярная реакция соответствует реакции первого порядка, бимолекулярная – реакции второго порядка.

Для сложных реакций порядок и молекулярность реакций не соответствует друг другу.

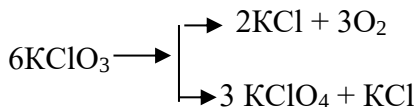
2.5.5. Сложные реакции

Сложные реакции - это последовательные, параллельные, сопряженные, обратимые и цепные реакции.

Последовательными называются реакции, которые протекают через ряд последовательных стадий:



Параллельными называются реакции, при которых одни и те же исходные вещества одновременно реагируют, образуя разные продукты по нескольким направлениям:

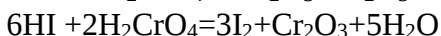
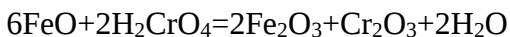


Сопряженными называются две реакции, одна из которых, будучи самопроизвольной, вызывает (индуцирует)

протекание в этой же системе второй химической реакции, не осуществляемой в отсутствие первой.

Например: $6\text{HI} + 2\text{H}_2\text{CrO}_4 \rightarrow 3\text{I}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$

Однако, если в систему ввести FeO, наряду с окислением H_2CrO_4 окислится и HI.



Обратимыми называются реакции, которые протекают как в прямом, так и в обратном направлениях:



В химических реакциях число активных молекул можно увеличить не только нагреванием, но также квантом света или колебательной энергией (световой, рентгеновской, радиоактивной, ультразвуковой и т. д.).

Реакции, протекающие под действием света, называются **фотохимическими**. К фотохимическим процессам относится большое число различных реакций, протекающих в организме человека. Например, в коже человека под действием ультрафиолетовых лучей солнечного света синтезируется витамин Д, обладающий антирахитичной активностью. Сущность фотохимического действия света заключается в возбуждении молекул или атомов реагирующих веществ под действием фотонов.

Скорость фотохимических реакций зависит от концентрации превращаемых веществ, температуры и пропорциональна количеству поглощенной энергии излучения.

Фотохимические реакции являются стимуляторами биохимических реакций, что используется для профилактики и лечения некоторых заболеваний в виде солнечных ванн. Фотохимические реакции в зависимости от частот излучений могут отрицательно влиять на организм. Например, лучи, выделяющиеся при радиоактивном распаде изотопа, наряду с положительным влиянием на процесс разложения злокачественных опухолей, также отрицательно действуют на биохимические реакции, в результате которых возникает лучевая болезнь. Наиболее наглядным показателем последнего является уменьшение числа лейкоцитов в крови.

Реакции, при которых осуществляется цепь последовательно повторяющихся реакций, каждая из которых приводит к образованию активной частицы, называются **цепными реакциями**. Цепные реакции широко распространены и имеют важное значение. К цепным реакциям относится большинство фотохимических реакций: процессы горения и окисления, крекинг, полимеризация. Современная теория свободно радикальных реакций разработана Н.Н.Семёновым.

Во всей цепной реакции различают три стадии:

1. *Зарождение цепи.*
2. *Развитие цепи.*
3. *Обрыв цепи.*

Примером цепной реакции является синтез бромоводорода под действием света из молекулярного водорода и брома. При облучении на короткое время газовой смеси водорода и брома образуется бромоводород. Этот процесс происходит в три стадии.

Первая стадия – зарождение цепи. Под воздействием света в реакционной системе появляются активные частицы.

Вторая стадия – развитие цепи. Образующиеся атомы брома реагируют с молекулами водорода с выделением радикала (атома) водорода, который в свою очередь взаимодействует с одной из молекул брома.

Третья стадия – обрыв цепей, рекомбинация радикалов (атомов) – приводит к исчезновению активных частиц, т.е. к прекращению цепного процесса. $\text{Br}\cdot + \text{Br}\cdot \rightarrow \text{Br}_2$

$\text{Br}_2 \rightarrow \text{Br}\cdot + \text{Br}\cdot$ *Первая стадия – зарождение цепи*

$\text{Br}\cdot + \text{H}_2 \rightarrow \text{HBr} + \text{H}\cdot$ *Вторая стадия – развитие цепи*

$\text{H}\cdot + \text{Br}_2 \rightarrow \text{HBr} + \text{Br}\cdot$

$\text{Br}\cdot + \text{Br}\cdot \rightarrow \text{Br}_2$ *Третья стадия – обрыв цепей*

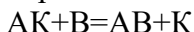
2.5.6. Катализ. Ферментативный катализ

Скорость химической реакции увеличивается в присутствии катализаторов. Реакции, протекающие с участием катализаторов, называются **каталитическими**. Явление изменения скорости реакции под действием катализаторов называют **катализом**. Вещества, не расходующиеся в результате протекания реакции, но влияющие на ее скорость называются

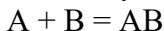
катализаторами. В большинстве случаев действие катализатора объясняется тем, что он снижает энергию активации реакции.



Механизм действия катализаторов заключается в том, что он реагирует с одним из исходных веществ с образованием промежуточного продукта, весьма реакционноспособного. При этом энергия активации активированного комплекса уменьшается по сравнению с основной: $A+B=AB$ — очень медленно. Скорость этой реакции мала, так как, энергия активации велика. В присутствии катализатора (К), который легко вступает во взаимодействие с А, образуется соединение АК (активный комплекс): $A+K=AK$ К — катализатор. Далее соединение АК вступает в реакции с другим исходным веществом и образует продукт реакции, а катализатор остается без изменения:



Суммируя два уравнения, получаем:



В тех случаях, когда промежуточное соединение катализатора с одним из исходных веществ (т.е. АК) взаимодействует со вторым исходным веществом — с более высокой энергией активации, наблюдается уменьшение скорости протекания реакции. В таких случаях катализ и катализатор называются **отрицательными**. Если отрицательный катализатор содержится в самой системе, он называется **ингибитором**. В присутствии катализатора для начала реакции требуется меньше энергии.

Характерное свойство катализатора заключается в том, что:

- катализаторы не потребляются в ходе реакции и поэтому не включаются в суммарное уравнение процесса;
- катализаторы не влияют на химическое равновесие.

Каталитические реакции очень разнообразны. В зависимости от агрегатного состояния катализатора различают **гомогенный** и **гетерогенный катализ**.

В случае **гомогенного катализа**, катализатор и реагирующие вещества образуют одну фазу (газ или раствор), в случае **гетерогенного катализа**, катализатор находится в другой фазе,

например, твердой, т.е. имеется поверхность раздела фаз. В гетерогенном катализе реакция протекает на поверхности твердого катализатора, в гомогенном катализе принимает участие вся масса катализатора, поэтому увеличение скорости реакции прямо пропорционально его концентрации.



Катализаторы биологических систем

Химические реакции в биосистемах осуществляются при помощи биологических катализаторов - **ферментов**. Биокатализаторы отличаются высокой специфичностью и направленностью действий. Они являются белками, многие из них содержат ионы металлов. Так, например, ферменты *гидролазы* содержат цинк, кальций, магний, марганец; *оксидазы* – железо, медь, молибден, кобальт. У металлоферментов активность зависит от наличия иона металла и при его удалении или замене на другой металл каталитическая активность фермента исчезает. Например, при удалении иона цинка фермент карбоангидраза теряет свою активность. Если в систему ввести необходимое количество ионов цинка, например, в виде соли, активность фермента восстанавливается. Таким образом, ион металла необходим для проявления каталитической активности фермента.

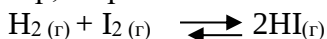
Снижение активности ферментов вследствие изменения структуры белков приводит к болезням, которые называются *ферментопатиями* или *энзимопатиями*. Все эти болезни являются наследственными. Например, альбинизм возникает в результате снижения активности фермента тирозиназы, катализирующей превращение тирозина клеток в меланин.

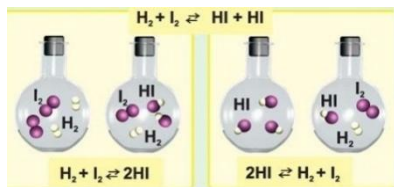
Ферменты высокоспецифичны и обладают высоким каталитическим эффектом. В каталитическом акте участвует только определенная их часть – активный центр ферментов. Это часть белковой молекулы, образованная несколькими аминокислотными остатками, и другими группами. Активный центр непосредственно взаимодействует с субстратом, образуя фермент-субстратный комплекс, который взаимодействуя с другим реагентом, образует продукт реакции.

2.5.7. Химическое равновесие

Большинство химических реакций обратимы, т.е. протекают одновременно в противоположных направлениях.

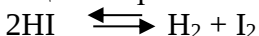
В тех случаях, когда прямая и обратная реакции идут с одинаковой скоростью, наступает *химическое равновесие*. Например, обратимая гомогенная реакция:



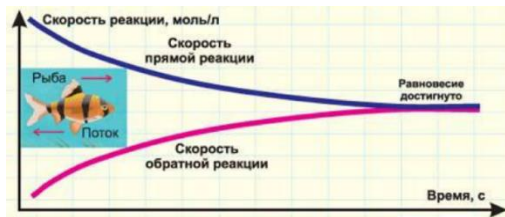


H_2 и I_2 – исходные вещества. В начальный момент скорость прямой реакции определяется их начальными концентрациями, а скорость обратной реакции равна нулю. По мере израсходования H_2 и

I_2 и образования HI скорость прямой реакции уменьшается, а скорость обратной реакции возрастает.



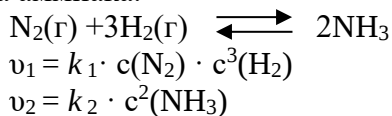
Спустя некоторое время обе скорости уравниваются, и в системе устанавливается химическое равновесие, т.е. число образующихся и расходуемых молекул HI в единицу времени становится одинаковым.



Химическое равновесие называют *динамическим равновесием*, это означает, что при равновесии протекают и прямая и обратная

реакции, и их скорости одинаковы.

Количественной характеристикой химического равновесия является константа химического равновесия. Выведем ее для реакции синтеза аммиака.



Так как, при химическом равновесии скорости прямой и обратной реакций равны $v_1 = v_2$, то $K_1 \cdot c(\text{N}_2) \cdot c^3(\text{H}_2) = K_2 \cdot c^2(\text{NH}_3)$

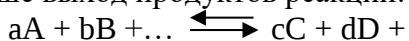
Поскольку K_1 и K_2 при данной температуре постоянны, то их отношение будет постоянным. Обозначая его через K_p получим:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{c^2(\text{NH}_3)}{c(\text{N}_2) \cdot c^3(\text{H}_2)}; \quad \frac{K_1}{K_2} = K_p$$

K_p – называется **константой химического равновесия**. Концентрации веществ, входящих в выражение константы равновесия, называются **равновесными концентрациями**.

Константа равновесия – постоянная величина при данной температуре, выражающая соотношение между равновесными

концентрациями продуктов реакции и исходных веществ. Чем больше она, тем выше выход продуктов реакции:



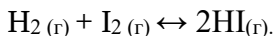
$$Kp = \frac{c^c(C) \cdot c^d(D) \cdot \dots}{c^a(A) \cdot c^b(B) \cdot \dots}$$

При изменении условий протекания реакции химическое равновесие нарушается. В результате преимущественного протекания реакции в одном из возможных направлений устанавливается состояние нового химического равновесия, отличающееся от исходного. Процесс перехода от одного равновесного состояния к новому называется **смещением химического равновесия**.

2.5.8. Принцип Ле-Шателье

Состояние химического равновесия сохраняется при данных неизменных условиях. При изменении условий состояние равновесия нарушается. Нарушение равновесия может происходить вследствие изменения концентрации какого-либо из веществ, температуры, давления. Спустя некоторое время система снова приходит в состояние равновесия, но условия – иные. Смещение равновесия в зависимости от изменения условий в общем виде определяется **принципом Ле-Шателье**. *«Если на систему, находящуюся в равновесии, оказать какое-либо воздействие (P, V, t) в результате протекающих в ней процессов равновесие сместится в таком направлении, что оказанное воздействие уменьшается».*

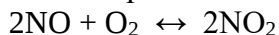
Рассмотрим **влияние концентрации** на примере реакции взаимодействия водорода с йодом:



Система находится в состоянии равновесия, т.е., $v_1 = v_2$. Введем в систему дополнительно некоторое количество H_2 . Согласно закону действующих масс, скорость протекания реакции v_1 при увеличении концентрации H_2 увеличится. В результате этого, в прямом направлении реакция будет протекать быстрее, чем в обратном. Следовательно, концентрация I_2 и концентрация H_2 будут уменьшаться, концентрация HI – увеличится, скорость обратной реакции возрастет. Через

некоторое время установится новое равновесие, но при этом концентрация HI будет выше, чем она была до введения H_2 , а концентрация I_2 – ниже. Процесс изменения концентраций, вызванный нарушением равновесия, называется **смещением, или сдвигом равновесия**. При увеличении концентрации какого-либо из веществ, участвующих в равновесии, равновесие смещается в сторону расхода этого вещества, при уменьшении концентрации какого-либо из веществ, равновесие смещается в сторону образования этого вещества.

Влияние давления (путем уменьшения или увеличения объема). Когда в системе участвуют газы, равновесие может нарушаться при изменении объема системы. Например, рассмотрим влияние давления на реакцию:



Уменьшим объем системы, например, в два раза. Равновесие нарушится, следовательно, в первый момент давление и концентрации всех газов возрастут вдвое. В результате равновесие сместится вправо, количество NO_2 возрастет. При увеличении давления путем сжатия системы равновесие сдвигается в сторону уменьшения числа молекул газов, т.е. в сторону понижения давления; при уменьшении давления равновесие сдвигается в сторону возрастания числа молекул, т.е. в сторону увеличения давления. Если реакция протекает без изменения числа молекул газа, то равновесие не нарушается при изменении давления. Например: $\text{H}_2 + \text{I}_2 \leftrightarrow 2\text{HI}$ (давление не влияет на состояние равновесия).

Равновесие большинства химических реакций сдвигается при изменении **температуры**. При повышении температуры равновесие смещается в направлении эндотермической, а при понижении - в направлении экзотермической реакции (т.е. если реакция протекает с выделением тепла, то равновесие смещается в сторону реакции, протекающей с поглощением тепла). Таким образом, зная условия смещения равновесия, можно выбрать наиболее благоприятные условия проведения химического процесса.

Ситуационные задачи

1. При нагревании смеси газообразных водорода и йода до 420°C установились следующие равновесные концентрации реагентов:
 $c(\text{H}_2) = 2 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $c(\text{I}_2) = 3,2 \cdot 10^{-4}$ моль/л, $c(\text{HI}) = 5 \cdot 10^{-3}$

моль/л. Определите значение константы равновесия $K_{\text{равн.}}$ при этих условиях?

2. Реакция между водородом и кислородом $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ при обычной температуре почти не протекает. При температуре 400°C реакция продолжается 80 дней, при 500°C - 2 часа, при температуре 650°C протекает за доли секунды со взрывом. При понижении температуры скорость реакции уменьшается. Во сколько раз увеличится скорость этой реакции при увеличении давления системы в два раза?

Тестовые вопросы

1. Положительный катализ направляет реакцию по пути:

- А. с низким активационным барьером
- В. с высоким активационным барьером
- С. не влияет
- Д. все ответы верны

2. Во сколько раз увеличивается скорость реакции при повышении температуры с 10°C до 40°C при $\gamma=4$?

- А. 5 В. 16 С. 64 Д. 8

3. В какую сторону сместится равновесие следующей реакции

при увеличении давления в два раза

- А. вправо В. влево С. давление не оказывает влияние
Д. равновесие не сместится.

4. Во сколько раз увеличивается скорость гомогенной химической реакции при повышении температуры на 30°C ? ($\gamma=3$)

А. в 24 раза В. в 27 раза С. в 9 раз Д. в 16 раз

5. Как называются вещества, добавление которых в реакционную смесь активирует катализаторы?

А. реагенты В. промоторы С. каталитические яды
Д. ферменты

6. Во сколько раз увеличивается скорость реакции при повышении температуры от 15°C до 35°C если температурный коэффициент равен 3?

А. 5 В. 16 С. 12 Д. 9

7. Как называется катализатор, замедляющий химическое превращение?

А. аутокатализатор В. положительный катализатор
С. ингибитор Д. гетерогенный катализатор

8. При каких значениях pH фермент пепсин проявляет наибольшую активность?

А. pH = 0, 9-2,1 В. pH = 2,2-3 С. pH = 1-3,5 Д. pH = 10,0-10,2

9. Какие реакции протекают быстрее?

А. гомогенные В. гетерогенные
С. одностадийные Д. многостадийные

10. Что называется смещением или сдвигом равновесия

А. Процесс изменения концентраций, вызванный нарушением равновесия

В. Процесс, при котором изменение концентрации не влияет на состояние равновесия

С. Процесс, при котором изменение температуры не влияет на состояние равновесия

Д. Процесс, при котором изменение давления не влияет на состояние равновесия.

2.6. Поверхностные явления. Адсорбция.

2.6.1. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение

К поверхностным явлениям относятся процессы, происходящие на границе раздела фаз, в межфазном поверхностном слое, и возникающие в результате взаимодействия соприкасающихся фаз.

Изучение поверхностных явлений является важным для врача и биолога, так как каждая живая система состоит из большого количества поверхностей раздела: стенок сосудов, поверхности клеток, клеточных ядер и вакуолей, коллоидных частиц и протоплазмы и, наконец, поверхности раздела между организмом и средой.

Поверхностные явления проявляются сильнее всего в телах с высокоразвитой поверхностью, которая придает им новые важные свойства. В качестве дисперсных систем можно назвать тела растительного и животного мира, почву, кожу, ткани, продукты питания и др., так как все биопроцессы происходят на поверхности раздела фаз – ферментативные реакции, синтез белка и др.

Причиной возникновения поверхностных явлений является стремление системы к уравниванию межмолекулярных сил воздействия, действующих на частицы, расположенные на поверхности и во внутренних слоях вещества.

Частицы, расположенные на поверхности отличаются от частиц внутренних слоёв своей ориентацией, величиной энергии, плотностью, вязкостью и другими свойствами.

В результате некомпенсированности сил межмолекулярного притяжения, у молекул, находящихся на поверхности

накапливается избыточная энергия, которая и называется **поверхностной энергией**. Любая система стремится к стабильности, что сопровождается уменьшением энергии. Поверхностные явления и являются такими процессами, где происходит уменьшение поверхностной энергии.

Численно поверхностная энергия равна сумме потенциальной энергии молекул, находящихся на поверхности. Поэтому, чем больше поверхность, тем больше величина поверхностной энергии, что выражается формулой:

$$G = \sigma \cdot S \text{ (Дж)}$$

где G – поверхностная энергия;

σ – коэффициент поверхностного натяжения

S – величина поверхности.

Поверхностное натяжение – это явление, вызванное притяжением молекул поверхностного слоя к молекулам внутреннего слоя, или это энергия на единицу поверхности, действующая на поверхности по касательной к ней и стремящаяся сократить площадь до минимума.

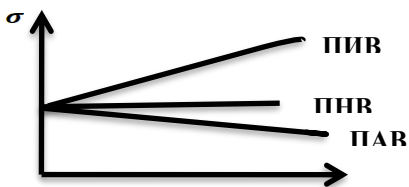
Коэффициент поверхностного натяжения равен работе, затраченной на образование единицы поверхности:

$$\sigma = \frac{A}{S} \text{ Дж/м}^2$$

Наличие высокого поверхностного натяжения уводит молекулы, лежащие на поверхности вглубь, тем самым уменьшая поверхность.

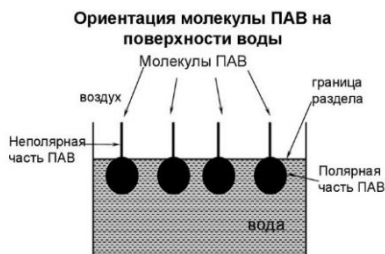
По влиянию на поверхностное натяжение вещества делятся на:

- 1) *поверхностно-активные* - снижающие поверхностное натяжение жидкости;
- 2) *поверхностно-неактивные* - не влияющие на поверхностное натяжение жидкости
- 3) *поверхностно-инактивные* вещества - повышающие поверхностное натяжение жидкости



Поверхностно-активные вещества ПАВ - чаще всего это органические вещества дифильного строения, то есть их молекулы содержат полярную (гидрофильную или лиофильную) и неполярную (гидрофобную или лиофобную) части.

Неполярные части обычно имеют чисто углеводородную структуру (их называют неполярными «хвостами»). Полярные части содержат атомы с высокой электроотрицательностью ($-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{NO}_2$, $-\text{CHO}$, $-\text{SO}_2\text{OH}$ и т.д.), их называют полярными «головками». Молекулы ПАВ самопроизвольно ориентируются на поверхности раздела фаз.



Большинство ПАВ растворяются в растворителях с образованием так называемых *мицелл*. Их образованием объясняется структура клеточных мембран. Многие биоактивные соединения являются поверхностно - активными

веществами (жиры, фосфолипиды, желчные кислоты).

Количественной мерой способности ПАВ понижать поверхностное натяжение на границе раздела фаз служит **поверхностная активность q** :

$$q = - \frac{\Delta\sigma}{\Delta C} \text{ Дж} \cdot \text{м/моль}$$

q – понижение поверхностного натяжения раствора при изменении концентрации ПАВ на одну единицу. Поверхностная активность зависит от химической структуры веществ – от природы полярной и строения неполярной частей молекулы. Данная зависимость определяется **правилом Дюкло-Траубе**: в рядах предельных жирных кислот и спиртов при удлинении цепи на одну группу CH_2 -группу поверхностная активность гомолога в водном растворе увеличивается в 3-3,5 раза.

Поверхностно-инактивными веществами ПИВ являются неорганические вещества (электролиты). Ионы хорошо гидратируются (взаимодействуют с молекулами воды) поэтому они интенсивно втягиваются в глубину раствора и усиливают полярные свойства системы. В результате этого возрастает разница в полярностях и значение поверхностного натяжения увеличивается. Есть случаи, когда вещества распределяются равномерно между поверхностным слоем и объемом раствора, т.е. не влияют на поверхностное натяжение растворителя. Эти вещества имеют поверхностное натяжение по величине близкое к поверхностному натяжению растворителя. Например, при растворении сахаров в воде, ее поверхностное натяжение почти не изменяется.

Согласно второму закону термодинамики, всякая свободная энергия стремится к минимуму. Этим стремлением к уменьшению свободной поверхностной энергии объясняется существование поверхностных явлений, к числу которых относятся процессы сорбции, адгезии, смачивания, изменение поверхностного натяжения.

2.6.2. Процессы сорбции

Среди поверхностных явлений наиболее значимое место отводится процессам сорбции. **Сорбция** — поглощение твёрдым телом либо жидкостью различных веществ из окружающей среды. Поглощаемое вещество, называют **сорбатом** (сорбтивом), поглощающее твёрдое тело или жидкость — **сорбентом**.

Явление сорбции подразделяют на **адсорбцию**, **абсорбцию**, **хемосорбцию** и **капиллярную конденсацию**. Чем больше развита поверхность вещества, тем интенсивнее протекают процессы, связанные с поверхностными явлениями и, в первую очередь, адсорбция.

Адсорбция— это самопроизвольный изотермический процесс концентрирования растворенного вещества в поверхностном слое, вызванный избытком свободной энергии и сопровождающийся уменьшением поверхностного натяжения.

Адсорбция в широком смысле означает самопроизвольное изменение концентрации вещества в поверхностном слое, отнесённое к единице поверхности.

Адсорбция - обратимый процесс. Процесс, обратный адсорбции, называется *десорбцией*. Вещество, на поверхности которого происходит адсорбция, называется *адсорбентом*, а поглощаемое вещество – *адсорбатом* (адсорбтивом). Адсорбция зависит от химической и физической природы адсорбента и адсорбтива.

Адсорбционное равновесие является динамическим, и его положение зависит как от концентрации поглощаемого вещества в соприкасающейся с адсорбентом среде, так и от температуры. *Увеличение концентрации адсорбтива усиливает адсорбцию, а повышение температуры вызывает десорбцию*, так как процесс адсорбции является экзотермическим. Адсорбционное равновесие обычно устанавливается очень быстро. Если же процесс адсорбции связан с другими поверхностными явлениями (например абсорбцией или хемосорбцией), то установление равновесия заметно замедляется.

Когда молекулы газообразного или парообразного вещества диффундируют в толщу адсорбента, образуя с ним однородную массу, то этот процесс поглощения адсорбтива называется *абсорбцией*. Процесс растворения любого газа в жидкости является примером абсорбции. Следовательно, *абсорбция* – явление объёмное, а *адсорбция* – чисто поверхностное.

В некоторых случаях, когда поглощаемое вещество химически взаимодействует с адсорбентом, такой процесс в отличие от физической адсорбции называется *хемосорбцией*. Хемосорбция может протекать и в поверхностном слое, и в толще всего адсорбента. Отличительные черты хемосорбции – необратимость, высокие тепловые эффекты (сотни кДж/моль), активированный характер.

Адсорбция может происходить на любой поверхности раздела фаз: жидкость – газ, жидкость – жидкость (это адсорбция

на подвижной поверхности), твердое тело – газ, твердое тело – жидкость (это адсорбция на неподвижной поверхности).

Адсорбция обозначается греческой буквой Γ (*гамма*). Величина адсорбции Γ (количество адсорбированного вещества) определяется обычно избытком вещества на границе раздела фаз, отнесенная к единице площади поверхности, и выражается в моль/см² или кмоль/м². Когда поверхность адсорбента неизвестна, то количество адсорбированного вещества относят к единице массы адсорбента и выражают в моль/г. При растворении какого-либо вещества в жидкости ее поверхностное натяжение изменяется.



Поверхностные явления в биообъектах

В биологии и медицине *адсорбция* – это концентрирование, вследствие поверхностной активности, биологически активных веществ на границах раздела клеток и внутриклеточных поверхностях. Адсорбция обуславливает возможность интенсивного течения процессов ферментативного катализа, обмена веществ. Большинство реакций в живом организме совершаются при непосредственном участии ферментов-катализаторов. Первые стадии действия любого фермента сводятся к адсорбции субстрата на поверхности ферментного комплекса, и только после этого фермент начинает свое специфическое каталитическое действие. В то же время высокая адсорбируемость некоторых ферментов может привести к мгновенной смерти человека. Например, цианистые соединения, адсорбируясь на активных центрах железосодержащих ферментов, вызывают их блокаду. Смачивание, адгезия, адсорбция изменяют биосовместимость крови с полимерными материалами, применяемыми для протезирования кровеносных сосудов. Адсорбция белков и липидов – важнейшая стадия в функционировании клеточных мембран.

Роль и значение адсорбционных процессов, протекающих в организме, легко понять, например, при рассмотрении адсорбционных возможностей эритроцитов крови человека. С поглощением кислорода из воздуха и выделением CO₂ и водяных паров связано дыхание животных и человека, которое протекает благодаря предварительной адсорбции кислорода на поверхности легких. К природным адсорбентам относятся активированный уголь, кефир, сухой хлеб, творог, молоко, лук, и др. Для очистки организма от посторонних веществ в медицине широко применяется активированный уголь (карболен).

2.6.3. Адсорбция на неподвижной поверхности раздела (твёрдое тело-газ; твёрдое тело-раствор)

Адсорбцию на твёрдых телах, разделяют на *физическую и химическую (хемосорбция)*.

Физическая адсорбция возникает за счёт ван-дер-ваальсовых взаимодействий и происходит на активных центрах (во впадинах поверхности).

Химическая адсорбция осуществляется путём химического взаимодействия молекул адсорбента и адсорбата.

Основные отличия физической и химической адсорбции заключаются в следующем:

- физическая адсорбция обратима, а химическая — необратима;
- химическая адсорбция локализована, т.е. молекулы адсорбтива не могут перемещаться по поверхности адсорбента.
- с увеличением температуры величина физической адсорбции уменьшается, а химической — увеличивается.

Адсорбция газов на твёрдой поверхности зависит от:

- природы поверхности: неполярные (гидрофобные) сажа, активированный уголь, тальк; — полярные (гидрофильные) — силикагель, алюмогель, глины, цеолиты.
- площади поверхности: адсорбент тем эффективнее, чем больше степень дисперсности и пористость.
- природы поглощаемого газа или пара: лучше адсорбируются те компоненты, которые легче сжижаются.
- средства: полярные вещества лучше адсорбируются на полярных адсорбентах.
- температуры: с повышением температуры адсорбция уменьшается.

Для оценки зависимости адсорбции от концентрации вещества принято пользоваться не абсолютным количеством адсорбированного вещества, а *величиной удельной адсорбции* —

количеством адсорбированного вещества, приходящимся на единицу площади и массы адсорбента:

$$\Gamma = \frac{x}{s} \text{ моль/см}^2 \quad \text{или} \quad \Gamma = \frac{x}{m} \text{ моль/г}$$

x - число молей адсорбированного вещества

s – единица поверхности

m – единица массы

Остановимся подробнее на зависимости адсорбции от концентрации раствора, которая описывается *уравнением и изотермой адсорбции Ленгмюра*.

1) **Уравнение Ленгмюра** – это уравнение монослойной адсорбции на однородной гладкой поверхности в отсутствие сил притяжения между молекулами адсорбтива. По теории Ленгмюра зависимость адсорбции от концентрации адсорбтива носит предельный характер. Происходит адсорбционное насыщение поверхности адсорбента по мере увеличения концентрации распределяемого вещества. Наиболее широко известная форма уравнения Ленгмюра имеет вид:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{bc}{1 + bc}$$

где: Γ - величина адсорбции, Γ_{∞} - максимальная адсорбция, c - концентрация вещества, k – константа адсорбционного равновесия.

В области малых концентраций, или при малых давлениях для газообразного адсорбтива $c \ll k$. Тогда формула приобретает вид:

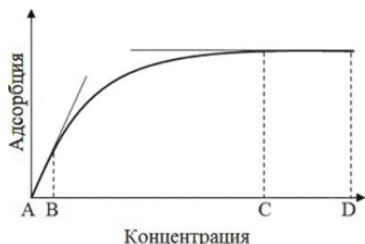
$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \cdot c$$

В области больших концентраций когда $c \gg k$ уравнение приобретает вид:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty}$$

т.е. величина адсорбции стремится к пределу, при котором она уже практически не зависит от концентрации. Для наглядности рассмотрим зависимость адсорбции от

концентрации вещества в виде изотермы адсорбции. Для анализа изотермы адсорбции по уравнению Ленгмюра воспроизведем типичную изотерму адсорбции по мономолекулярному механизму:



Изотерма мономолекулярной адсорбции

Величина адсорбции с ростом концентрации на участке АВ увеличивается линейно; при больших концентрациях или давлениях, адсорбция стремится к предельному значению. Это соотношение на участке СD отвечает состоянию насыщения поверхности адсорбента молекулами адсорбата, когда вся поверхность адсорбента покрывается мономолекулярным слоем адсорбтива; в области средних концентраций на участке ВС уравнение Ленгмюра применимо в полной форме.

2) **Уравнение Фрейндлиха** - это зависимость между количеством газа, адсорбированного на твёрдой пористой поверхности и давлением газа. Оно также применимо для анализа адсорбции растворённого вещества из жидкости, адсорбированного на поверхности твёрдого тела:

$$\frac{x}{m} = k \cdot c^{1/n} \text{ или } \frac{x}{m} = k \cdot P^{1/n}$$

где $\frac{x}{m}$ — величина удельной адсорбции; Р — давление газа, с — концентрация растворённого вещества в растворе, подвергаемого адсорбции, К и n константы для данного адсорбента и адсорбтива при данной температуре.

Логарифмированный вид данного уравнения позволяет определить величину k и n.

$$\lg \frac{X}{m} = \lg k + \frac{1}{n} \lg C$$

2.6.4. Адсорбция на подвижной поверхности раздела (жидкость-газ; жидкость-жидкость)

Основным фактором, характеризующим адсорбцию на поверхности раздела между двумя несмешивающимися жидкими фазами является величина **поверхностного натяжения** σ , которая зависит от адсорбции отдельных компонентов на границе раздела.

Количественное соотношение между концентрацией растворенного вещества в растворе c , адсорбцией Γ (избыток вещества в поверхностном слое) и поверхностным натяжением на границе раствор – газ в 1878 году вывел Дж.У. Гиббс. Он предложил уравнение, названное его именем:

$$\Gamma = - \frac{\Delta \sigma}{\Delta c} \cdot \frac{c}{RT}$$

где c – концентрация вещества в моль/л; T – абсолютная температура, К; R – газовая постоянная, равная 8,3146 Дж/К·

$1_{\text{моль}}^{-1}$; $(-\frac{d\sigma}{dc})$ – поверхностная активность, показывающая

изменение поверхностного натяжения раствора

Знак и величина адсорбции растворенного вещества на поверхности разбавленного раствора определяются производной

Адсорбция положительна ($\Gamma > 0$) при < 0 , т.е. с *повышением – растворенного вещества поверхностное натяжение убывает*. Это справедливо для веществ менее полярных, чем растворитель, и понижающих поверхностное натяжение. В разбавленных растворах ПАВ концентрация в поверхностном слое может увеличиваться на порядок и более в результате адсорбции, особенно для таких биологически-активных веществ как белки. Это имеет большое значение, т.к. в соответствии с законами кинетики можно во много раз увеличить скорость

ферментативных процессов, идущих на границах раздела фаз. При добавлении веществ более полярных, чем растворитель, поверхностное натяжение

увеличивается ($-\frac{d\sigma}{dc} > 0$), в этом случае имеет место отри-

цательная адсорбция ($\Gamma < 0$) и концентрация более полярного вещества в поверхностном слое меньше, чем в объеме раствора. Если растворенное вещество не изменяет поверхностное

натяжение растворителя ($-\frac{d\sigma}{dc} = 0$), то величина адсорбции

$\Gamma = 0$, и вещество равномерно распределяется между поверхностным слоем и объемом раствора.

Уравнение Гиббса позволяет вычислять адсорбцию по экспериментальным данным зависимости поверхностного натяжения от концентрации. Оно имеет и философское значение, т.к. обычные процессы идут в сторону выравнивания интенсивных факторов (Р, С, Т и др.), а в коллоидно-химических и биологических системах процесс адсорбции направлен в сторону самопроизвольного увеличения градиентов концентрации на границах раздела фаз (за счет сопряженных процессов), и такая система сможет совершать полезную (осмотическую) работу за счет градиента химического потенциала. На поверхности раздела жидкость – жидкость также действуют силы поверхностного натяжения. Адсорбция в таких случаях также протекает в направлении уменьшения поверхностного натяжения. В этом случае может наблюдаться определенная ориентация молекул в поверхностном слое, которая оказывает существенное влияние на поверхностные свойства жидкостей. Адсорбция на поверхности раздела жидкость – жидкость по сравнению с газовой адсорбцией осложняется тем, что сорбируется не только растворенное вещество, но и сам растворитель, занимая участки поверхности.

Адсорбция на границе раздела жидкость – газ и жидкость – жидкость сильно зависит от температуры. *При повышении температуры* адсорбция понижается, что говорит об экзотермичности процесса за счет понижения свободной энергии поверхности. *Увеличение давления газа или концентрации вещества* в растворе приводит к возрастанию адсорбции до определенного предела, т. е. до насыщения поверхности адсорбента.



Адсорбция в охране окружающей среды

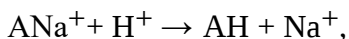
В основе технологий защиты окружающей среды лежат процессы *сорбции*. Сорбция - это один из наиболее эффективных методов глубокой очистки от растворенных органических веществ сточных вод предприятий нефтехимической промышленности. В качестве сорбентов применяют различные пористые материалы: активированные угли различных марок, золу, силикагели, цеолиты, алюмогели, активные глины и др. Эффективными сорбентами являются активированные угли различных марок. Наиболее простым представляется насыпной фильтр, это колонна с неподвижным слоем сорбента, через который проходит и фильтруется сточная вода.

Активированные угли получают при сухой перегонке углесодержащих веществ таких, как дерево, торф, кости и др.. Они применяются также для очистки промышленных газовых выбросов. *Силикагели* представляют продукты обезвоживания геля кремниевой кислоты. Их получают обработкой раствора силиката натрия минеральными кислотами или растворами их солей. Силикагели используются для осушки воздуха, осветления фруктовых соков. *Цеолиты* - водные алюмосиликаты природного или синтетического происхождения. Они характеризуются высокой поглотительной способностью и применяются для осушки газов и жидкостей, очистки воды.

Сорбционная очистка воды - это физико-химические процессы поглощения твердыми сорбентами примесей (молекул, ионов) из воды. Сорбционная очистка воды используется для извлечения из природных, сточных и оборотных вод различных загрязнителей, как правило для дальнейшего использования воды. К таким загрязнителям относятся фенолы, нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), соединения хрома, меди, и др.).

2.6.5. Адсорбция из растворов электролитов

Сильные электролиты в водных растворах практически полностью диссоциированы на ионы. Поэтому наряду с нейтральными молекулами из растворов могут адсорбироваться ионы, которые несут на поверхность адсорбента электрические заряды. Так как поверхность адсорбента посылает в раствор ионы этого же знака, то при ионообменном процессе эти заряды исчезают:



где А – адсорбент, содержащий ионы Na^+ .

Заряды на данной поверхности могут сохраняться или нейтрализоваться в результате притягивания из раствора ионов противоположного знака. Это приводит к образованию сложных слоев на поверхности адсорбента. Явление ионного обмена впервые обнаружено в 1850 году и оно широко распространено в живой и неживой природе.

Адсорбция ионов из растворов электролитов называется **ионной**. Ионная адсорбция – более сложное явление, чем молекулярная. Она обусловлена химическими и электростатическими силами. Адсорбция ионов в значительной степени зависит от природы адсорбента. Ионы, способные поляризоваться, адсорбируются обычно поверхностью веществ, состоящих из полярных молекул или ионов. Микроучастки поверхности, имеющие тот или иной заряд, адсорбируют только противоположно заряженные ионы. Противоионы накапливаются вблизи поверхности адсорбента, но не адсорбируются ею, а образуют *двойной электрический слой*. Особенность ионной адсорбции – неравенство адсорбции катиона и аниона. Почти всегда один из ионов адсорбируется избирательно. Поэтому *ионная адсорбция относится к избирательной адсорбции*, при которой адсорбция одного из веществ значительно превосходит адсорбцию другого.

Избирательная адсорбция ионов подчиняется **правилу Панета-Фаянса**:

«На поверхности твердых веществ преимущественно адсорбируются ионы, входящие в состав его кристаллической

решетки, или имеющие общую с поверхностью твердого тела атомную группировку».

Таким образом, ионную адсорбцию можно рассматривать как кристаллизацию, т.е. достройку кристаллической решетки твердого вещества. Ионы одинаковой валентности адсорбируются тем лучше, чем больше их радиус в кристаллической решетке, так как степень гидратации с увеличением радиуса уменьшается. Наличие гидратной оболочки уменьшает электростатические взаимодействия ионов и препятствует адсорбции. Наиболее распространенный вид ионной адсорбции – *ионообменная адсорбция*. Теория ионного обмена разработана академиком Б.П.Никольским. Она заключается в том, что твердый адсорбент (ионит) обменивается ионами с раствором, причем обмен происходит в эквивалентных количествах. В последнее время синтезированы разнообразные ионообменные смолы – *иониты*, содержащие определенные активные группы, способные к обмену ионов с раствором электролита. По характеру действия ионообменные смолы подразделяются на *катиониты* и *аниониты*. **Катиониты** обменивают катионы, **аниониты** – анионы. Если с высокомолекулярным каркасом ионита ковалентно связаны анионы, заряды которых уравновешены подвижными катионами, то такой ионит называют **катионитом**, так как при контакте с раствором электролита происходит обмен катионов между раствором и ионитом:

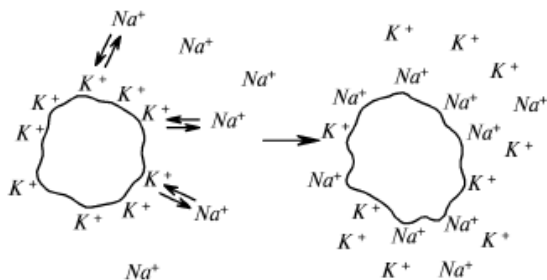
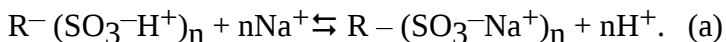
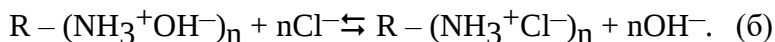


Рисунок 2.6.5.1. Схема ионообменной адсорбции



Здесь R означает каркас молекулы ионита, не участвующего в обмене. В **анионитах** ковалентно связанные катионы уравниваются подвижными анионами, которые при соприкосновении с раствором электролитов способны к обмену:



Основная характеристика ионита – количество поглощаемых им ионов – называется **обменной емкостью**. Обменная емкость ионитов выражается в молях извлекаемых из раствора ионов в расчете на 1 г сухого ионита. Обменная емкость зависит от температуры, валентности ионов, их размеров, pH среды, природы ионита, концентрации обменивающихся ионов. Иониты обладают кислотными или основными свойствами, поэтому при обмене ионов играет роль pH среды. У катионов, обладающих свойствами сильных кислот, ионы H^+ легко обмениваются на другие катионы, а у проявляющих свойства слабых кислот – имеют малую обменную емкость, особенно при низких pH. То же самое можно сказать об анионитах, проявляющих свойства сильных и слабых оснований. С увеличением pH обменная емкость катионитов увеличивается, а анионитов падает.

Ионообменная адсорбция на ионитах широко применяется, например, для умягчения и опреснения воды. Жесткая вода фильтруется через катионит (искусственные алюмосиликаты щелочных металлов), при этом катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} из воды обмениваются на катионы щелочных металлов катионита. Если последовательно применять катиониты и аниониты, то можно очистить воду от всех примесей. Такая адсорбционная дистилляция воды более экономична, чем обычная перегонка, и с ее помощью можно опреснять морскую воду, воду соленых озер и колодцев.



Избирательная адсорбция в биологических системах

В организме человека наблюдается избирательная адсорбция токсинов и других ядовитых веществ различными тканями и клетками. Так, токсины возбудителей столбняка, ботулизма и др. поражают, прежде всего, клетки

центральной нервной системы. Токсины возбудителей дизентерии действуют, прежде всего, на вегетативную нервную систему.

Физико-химический механизм деятельности иммунной системы основывается на процессе адсорбции. Иммунные белки (антитела), соединяющиеся только со строго определенными для каждого антитела чужеродными белками (антигенами), имеют высокую избирательность: антитела адсорбируются на поверхности брюшнотифозных бактерий только на отдельных участках. Процесс образования камней в почках и мочевыводящих путях также основывается на избирательной адсорбции. При избыточной концентрации ионов Mg^{2+} , Ca^{2+} , PO_4^{3-} и $C_2O_4^{2-}$ в биологической жидкости почек произведение растворимости их солей начинает превышать критическую концентрацию и образуются фосфаты или оксалаты кальция и магния. За счёт избирательной адсорбции однородных ионов на поверхности нерастворимых солей начинается укрупнение твёрдой фазы и образуются песок и камни в почках и мочевыводящих путях.

В медицине широко применяется метод “адсорбционной терапии”. Использование сорбции для удаления токсинов и вредных веществ из желудочно-кишечного тракта называется *энтеросорбцией*.

Энтеросорбенты – это такие вещества как $Al(OH)_3$, MgO , $AlPO_4$, входящие в состав алмагеля, фосфалюгеля осуществляют связывание токсинов в ЖКТ путём адсорбции. Широко применяется активированный уголь (карболен) для адсорбции газов, токсинов, аллергенов, алкалоидов, солей тяжёлых металлов. Другая отрасль адсорбционной терапии – *гемосорбция*, где применяются иммуносорбенты, углеродные сорбенты, ионнообменные смолы и используется для удаления из крови крупных молекул токсичных веществ, вирусов, бактерий. Очистка лимфы от посторонних веществ при помощи адсорбентов называется *лимфосорбцией*. Ниже в таблице приведены адсорбенты, применяемые в медицине при различных отравлениях.

Таблица 2.6.5.1. Адсорбенты применяемые при отравлениях различными химическими веществами

Вещество	Сорбент
Фенол, гепарин	Четвертичные аммониевые и фосфониевые аниониты основного характера
Биллирубин	Активированный уголь
Ионы калия	Катиониты, алюмосиликаты, цирконийсиликаты
Ионы аммония	Кислые фосфатные катиониты
Креатинин	Алюмосиликаты, модифицированные солями никеля, меди, цинка, кобальта
Холестерин	Углеродсодержащие сорбенты, биоспецифичные сорбенты

Именно на избирательной адсорбции основано такое важное свойство ферментов – их специфичность.

Ситуационные задачи

1. Для раствора изовалериановой кислоты при 15°C получены следующие характеристики: концентрация кислоты (в кмоль/ м^3) 0,0312; поверхностное натяжение (в Н/м) $57 \cdot 10^{-3}$; поверхностное натяжение воды (в Н/м) 73,49.
Определите Γ .

1

2. Рассчитайте величину адсорбции уксусной кислоты на твёрдом адсорбенте по уравнению Фрейндлиха при константах $K=0,50$ моль/г и $n=0,45$ и равновесной концентрации 0,22 моль/л.

Тестовые вопросы

1. Адсорбтивом называется вещество:

- А. увеличивающее поверхностную энергию;
В. поглощаемое вещество;
С. изменяющее поверхностное натяжение;
Д. вещество поглощающее растворенные вещества.

2. Определите два природных адсорбента:

- 1) молоко 2) вода
3) природный газ 4) активированный уголь
- A. 1,2 В. 1,3 С. 1,4 Д.2,3

3. Укажите поверхностно-активные вещества:

- 1) высокомолекулярный спирт 2) соль
3) масло 4) керосин
А. 1,2,3 В. 2,3,4, С. 1,3,4 Д. 1,2,4

4. Укажите поверхностно-инактивные вещества:

- 1) кислота 2) соль 3) масло 4) щелочь
A. 1,2,3 B. 2,3,4, C. 1,3,4 Д. 1,2,4

5. При адсорбции на твердой поверхности чем больше коэффициент поверхностного натяжения тем:

- А. тем больше величина адсорбции;
В. тем меньше величина адсорбции;
С. не зависит от коэффициента поверхностного натяжения;
Д. тем больше величина адсорбции приближается к нулю.

6. Гидрофильными называются твердые поверхности:

- А. смачиваемые водой;
В. не смачиваемые водой;

- С. не смачиваемые органическим растворителем;
- Д. не связанные со смачиванием.

7. Хроматографией называется физико-химический метод, основанный на способности адсорбента:

- А. на степени дисперсности адсорбента;
- В. последовательно поглощать растворенные вещества;
- С. избирательно и последовательно поглощать растворенные вещества;
- Д. избирательно поглощать молекулы растворителя.

8. Если растворенное вещество понижает поверхностное натяжение, то адсорбция будет:

- А. Ионной;
- В. Отрицательной;
- С. Положительной;
- Д. Избирательной.

9. Изотерма адсорбции - это графическое изображение зависимости между величиной адсорбции и концентрацией раствора при достижении адсорбционного равновесия:

- А. при постоянной температуре;
- В. при переменной температуре;
- С. при постоянном давлении;
- Д. не зависящее от температуры и давления.

10. Поверхностно-активными называются вещества:

- А. понижающие поверхностное натяжение;
- В. повышающие поверхностное натяжение;
- С. частично изменяющие поверхностное натяжение;
- Д. формирующие поверхностную энергию.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные понятия электрохимии.
2. Какие типы гальванических элементов вы знаете?
3. Чем отличаются гальванические элементы от электролизеров?
4. Какие электроды называются электродами сравнения? Приведите примеры.
5. Какие электроды называются электродами определения? Приведите примеры.
6. Дайте определение ионселективным электродам, относительно каких ионов применяются эти электроды?
7. Какие потенциалы называются биопотенциалами?
8. Какие из электродов заряжаются отрицательно при использовании следующих ионов металлов Cu^{2+} и Au^{+} ?
9. По каким признакам классифицируются дисперсные системы?
10. Какие два основных метода получения дисперсных систем вы знаете?
11. В чем сущность метода диспергирования?
12. Что такое коагуляция и какое значение имеет этот процесс в медицине?
13. Из каких процессов состоит метод конденсации?
14. В чем сущность метода конденсации?
15. Перечисляйте последовательно состав мицеллы.
16. Какие типы сорбции вы знаете? Если этот процесс обратим, то как он называется?
17. Какие вещества могут применяться в адсорбционной терапии и какие из них относятся к твердым адсорбентам?
18. Какой процесс адсорбции называется избирательной, и как он выражается при ботулизме?
19. Перечислите и дайте определения основным понятиям термодинамики.
20. Какой формулой выражается основной закон термодинамики, какие величины участвуют при этом.

Контрольные вопросы

1. Какие признаки лежат в основе классификации органических соединений?
2. Чем отличаются ациклические и циклические соединения?
3. Какие классы соединений относятся к углеводородам? Приведите примеры.
4. В чем различие между насыщенными и ненасыщенными углеводородами?
5. Чем отличаются гомологические ряды друг от друга?
6. Какие соединения называют ароматическими?
7. Как классифицируются органические соединения по типу углеродного скелета?
8. Что такое гетероциклические соединения?
9. В чем разница между алифатическими и ароматическими соединениями?
10. Как выбрать главную цепь в органическом соединении?
11. Что такое Изомерия? Какие её виды существуют?
12. Чем отличаются структурные и пространственные изомеры?
13. Что такое хиральность?
14. Какие атомы углерода называют асимметрическими?
15. Что такое энантиомеры и диастереомеры?
16. В чем различие между цис- и транс-изомерами?
17. Что такое конформации молекул?
18. Что такое проекция Фишера и где она используется?
19. Как пространственное строение влияет на физические и химические свойства веществ?
20. Какие соединения называют гетерофункциональными соединениями?

21. Какие функциональные группы чаще всего встречаются в биологически активных молекулах?
22. Почему наличие нескольких функциональных групп влияет на реакционную способность соединения?
23. Приведите примеры гетерофункциональных соединений, являющихся метаболитами.
24. Объясните роль аминокислот как гетерофункциональных соединений в метаболизме.
25. Почему гидроксильные и карбоксильные группы важны для биологической активности молекул?
26. Как структура гетерофункциональных соединений влияет на их фармакологическое действие?
27. Почему многие лекарственные препараты являются гетерофункциональными соединениями?
28. Объясните, как наличие аминогруппы влияет на кислотно-основные свойства лекарства.
29. Приведите примеры лекарств, содержащих несколько функциональных групп.
30. Что такое гетероциклические соединения?
31. Какие атомы чаще всего выступают в роли гетероатомов?
32. Чем отличаются насыщенные и ненасыщенные гетероциклы?
33. Приведите примеры пяти- и шестичленных гетероциклов.
34. Объясните строение и свойства пиридина.
35. Чем отличаются пиррол, фуран и тиофен по электронной структуре?
36. Почему пиррол проявляет слабые кислотные свойства?
37. Как влияет гетероатом на реакционную способность цикла?
38. Какие гетероциклы используются в фармацевтике?
39. Что такое аминокислоты? Из каких частей состоит их молекула?

40. Какие аминокислоты называют незаменимыми? Приведите примеры.
41. Что такое пептидная связь и как она образуется?
42. Чем отличаются белки от пептидов?
43. Какие функции выполняют белки в организме?
44. Объясните уровни структуры белка (первичная, вторичная, третичная, четвертичная).
45. Что такое денатурация белка и обратима ли она?
46. В чем различие между глобулярными и фибриллярными белками
47. Объясните механизм образования вторичной структуры (α -спираль).
48. Объясните роль водородных, ионных и дисульфидных связей в структуре белка.
49. Почему белки теряют активность при высокой температуре?
50. Сравните строение и функции гемоглобина и коллагена.
51. Что такое моносахариды?
52. Чем отличаются альдозы и кетозы?
53. В чем разница между линейной и циклической формой глюкозы?
54. Что такое изомерия у моносахаридов?
55. Объясните понятия D- и L-форм.
56. Где в природе встречаются моносахариды?
57. Какова роль моносахаридов в организме?
58. Почему глюкоза считается основным источником энергии?
59. Что такое полисахариды?
60. Чем они отличаются от моносахаридов?
61. Из каких мономеров состоят полисахариды?
62. Что такое гликозидная связь?
63. Что такое крахмал, гликоген, целлюлоза?
64. Чем отличается крахмал от гликогена?

65. Почему человек не переваривает целлюлозу?
66. Какова роль полисахаридов в растениях и животных?
67. Какие полисахариды выполняют запасную функцию, а какие — структурную?
68. В чем основные различия между моносахаридами и полисахаридами?
69. Какие химические связи присутствуют в омыляемых липидах?
70. На какие группы делятся омыляемые липиды?
71. Чем омыляемые липиды отличаются от неомыляемых?
72. Что такое простые липиды? Приведите примеры.
73. Что такое сложные липиды?
74. Каково строение триацилглицеролов (жиров)?
75. Из каких компонентов состоят фосфолипиды?
76. Что такое воски и где они встречаются?
77. Чем отличаются глицерофосфолипиды от сфинголипидов?
78. Что такое реакция омыления?
79. Какие продукты образуются при омылении жиров?
80. Какую роль играет щёлочь в реакции омыления?
81. Какова основная функция триацилглицеролов в организме?
82. Какую роль играют фосфолипиды в клетке?
83. Почему липиды являются хорошим источником энергии?
84. Где в организме накапливаются жиры?
85. Что такое нуклеиновые кислоты?
86. Какие виды нуклеиновых кислот существуют?
87. Из каких мономеров состоят ДНК и РНК?
88. Что входит в состав нуклеотида?
89. Чем отличается ДНК от РНК по строению?
90. Какие азотистые основания входят в состав ДНК?
91. Какие азотистые основания характерны для РНК?
92. Что такое комплементарность оснований?
93. Какова структура двойной спирали ДНК?

94. Какие функции выполняет ДНК в клетке?
95. Какие виды РНК существуют и каковы их функции?
96. Чем отличается тимин от урацила?
-

Глосарий

Атом, Atom (atom) - Elementning xususiyatlarini o'zida saqlovchi, eng kichik bir zarracha.

Аллотропия, Allotropiya (allotropy) – Kimyoviy elementlarning tuzilishi va hossalari turlicha bo'lgan ikki yoki undan ortiq oddiy modda holida mavjud bo'la olishi.

Донорно-акцепторная связь, Donor- akseptor bog'lanish(donor-acceptor bond) - Kovalent bog'ning bunday turi, donorning ikkita elektroni hisobiga amalga oshadi . Bunday bog'ni hosil qilishda ikkinchi atom – akseptor deyiladi.

Изотопы, Izotoplar (isotopes) – Bitta kimyoviy elementlarning tartib raqamlari teng, atom massalari har xil bo'lgan atom turlari.

Ионная связь, Ion bog'(ionic bond) - Juda mustahkam bog' bo'lib, elektromanfiyliklari jihatidan bir-biridan keskin farq qiluvchi(>1.5 Poling shkalasi bo'yicha) atomlar o'zaro tasirlashishidan kelib chiqadi.

Ковалентная связь, Kovalent bog'(covalent bond) – Elektron juftlar tufayli vujudga keladigan kimyoviy bog'lanish turi.

Медицинская химия, Tibbiyot kimyosi(medical chemistry) – Hayot jarayonida ishtirok etuvchi moddalarning, tuzilishi va xususiyatlari, biologik vazifalarini o‘rganuvchi fan.

Молекулярное соединение, Molekulyar bog‘lanish(molecular compound) – Ikki va undan ortiq metallmaslarning kovalent bog‘lar yordamida bog‘lanishi.

Семиполярная связь, Semipolar bog‘(semipolar bond) - Bu bog‘lanish turini qutbli donor- akseptor bog‘lanish sifatida ko‘rish mumkin.

Сложные вещества, Murakkab modda(complex compounds) – Turli xil elementlarning atomlaridan hosil bo‘lgan moddalarga aytiladi.

Сродство к электрону, Elektronga moyillik(electron affinity)- Neytral atomga bitta elektronning birikishi natijasida ajraladigan energiya miqdori.

Лuis структурasi (lewis structure)- Valent elektronlar yordamida bog‘langan molekulalarning elektron formulasi tasviri.

Химический элемент, Kimyoviy element(chemical element) – Yadrolarning musbat zaryadi hamda atom qobig‘idagi elektronlar sonining bir xilligi bilan tavsiflanadigan atomlarning alohida bir turi.

Химическая связь, Kimyoviy bog‘(chemical bond) - Atomlarning o‘zaro tasiri natijasida kimyoviy barqaror sistemalar hosil bo‘lishi.

Химическая формула, Kimyoviy formula(chemical formula) – Modda tarkibining kimyoviy belgilar va indekslar yordamida ifodalanishi.

Электроотрицательность, Elektromanfiylik(energynegativity) - Molekuladagi atomlarning o'ziga elektron tortib turish qobiliyatidir.

Биогенные элементы, Biogen elementlar (Biogenic elements) – elementning biologik xususiyatini belgilaydigan elementlar.

Макробиогенные элементы, Makrobiogen elementlar (makrobiogenic elements) – organizmdagi eng kichik miqdori 10^{-2} % dan ortiq bo'lgan elementlar.

Микробиогенные элементы, Mikrobiogen elementlar (mikrobiogenic elements) – organizmdagi miqdori 10^{-3} - 10^{-5} % bo'lgan elementlar.

Ультрамикробиогенные элементы, Ultramikrobiogen elementlar (ultramikrobiogenic elements) – organizmdagi miqdori 10^{-5} % dan kam bo'lgan elementlar.

Биосфера, Biosfera (biosphere) – tirik mavjudodlarning yer yuzida tarqalish chegaralari, hayot jarayonlar shartlarini amalga oshirish va uning mavjudlik chegaralari.

Биогеохимия, Biogeokimyo (biogeochemistry) – yangi sistemalar hisobiga geokimyoviy jarayonlarni o'zgarishini o'rganadi.

Депозит, Depot (Depot) – biogen elementlar to'planadigan odam organi.

Синергестическое действие, Sinergistik ta'sir (Sinergistic effect) – bir elementni boshqa elementning biologik faoliyatini oshirish qobiliyati.

Антагонистическое действие, Antagonistik ta'sir(Antagonistic effect) – bir element boshqa elementning biologik ta'sirini kamaytirishi.

Антагонистическое действие, Konsentratsiya (concentration) – berilgan eritmadagi erigan moddaning miqdoriy o‘lchami.

Разбавление, Suyultirish (dilution)- Eritmaga erituvchini qo‘shilishi natijasida konsentratsiya kamayadi va eritma hajmi ortadi.

Электролит, elektrolit (electrolyte)- Moddalar suvda eriganda ionlar hosil bo‘ladi, eritma elektr tokini o‘tkazadi.

Гидратация, Gidratatsiya (hydration) – Erigan modda ionlarining suv molekulasiga tomonidan o‘rab olinishi.

Растворимость, Eruvchanlik (solubility) – moddaning 100gr erituvchida eriy oladigan maksimal miqdori.

Раствор, Eritma(solute)– Bir jinsli aralashma bo‘lib, undagi erigan modda zarrachalari filtdan va yarim o‘tkazgich membranadan o‘ta oladi.

Сильный электролит, Kuchli elektrolit (strong electrolyte) – Bu modda suvda yaxshi erib, to‘liq ionlarga ajraladi va uning eritmasi elektr tokini yaxshi o‘tkazadi.

Слабый электролит, Kuchsiz elektrolit (weak elektrolit) - Bu modda suvda kam eriydi, to‘liq ionlarga ajralmaydi va uning eritmasi elektr tokini yomon o‘tkazadi.

Осмоз, Osmos (osmosis) – suv molekullarini past konsentratsiyali tamondan yuqori konsentratsiyali tamonga hujayra membranasi orqali o‘tishi.

Плазмолиз, Plazmoliz (plasmolysis) – Xujayrani gipertonik eritmaga solinganda, suv tashqariga chiqib xujayrani burishib qolishi.

Гемолиз, Gemoliz (hemolysis) – Hujayraning gipotonik eritmaga tushirilishi natijasida suv ichkariga kiradi va hujayra shishadi, yoriladi.

Гипертонический раствор, Gipertonik eritma (hypertonic solution) – Organizm uchun standart boʻlgan bosimdan yuqori bosimga ega boʻlgan eritma.

Гипотонический раствор, Gipotonik eritma(hypotonic solution) – Organizm uchun standart boʻlgan bosimdan past bosimga ega boʻlgan eritma.

Изотонический раствор, Izotonik eritma (isotonic solution) – Organizm uchun standart boʻlgan bosimga teng bosimga ega boʻlgan eritma.

Неэлектrolит, Noelektrolit (nonelectrolyte) – Eritmasi ekekr tokini oʻtkazmaydigan modda.

Ацидоз, Asidoz (acidosis) - qon pHining 7,35 dan past boʻlgan fiziologik holat.

Алкалоз, Alkoloz (alkalosis)- qon pHining 7,45 dan baland boʻlgan fiziologik holat.

Буферный раствор, Bufer eritmasi (buffer solution) – kuchsiz kislota va uning tutashgan asosi yoki kuchsiz asos va uning tutashgan kislotalari, eritmaning pH qiymatini doimiy saqlab turadi.

Точка равновесия , Muvozanat nuqtasi(equilibrium) – toʻgʻri va teskari reaksiyalari teng boʻlgan nuqta.

Нейтральный, Neytral (neutral)- bu termin H_3O^+ va OH^- konsentratsiyalari teng boʻlgan eritma.

Нейтрализация, Neytrallanish (neutralization)- kislota va asos reaksiyasida, unda suv va tuz hosil bolishi.

Титрование, Titrlash (titration)- ishchi eritmani aniqlanayotgan modda ustiga tomchilab tomizish jarayoni.

Индикатор, Indikator(indicator)—muhit oʻzgarishi bilan oʻz rangini oʻzgartiradigan moddalar.

Точка эквивалентности, Ekvivalent nuqta (the equivalence point)— reaksiyaning tugash nuqtasi, yaʼni reaksiyaga kirishayotgan moddalar ekvivalent miqdorda reaksiyaga kirishadigan nuqta.

Бюретка, Byuretk (burette)—titrlangan eritma hajmini oʻlchaydigan shisha oʻlchov asbobi.

Алкалиметрия, Alkalimetriya (alkalimetry) –kislota yoki gidrolizlanganda kislotali muxit beradigan tuzlarni konsentratsiyasini aniqlash imkonini beradigan usul.

Ацидиметрия, Asidimetriya (atsidimetriya)—ishqor yoki gidrolizlanganda ishqoriy muhit beradigan tuzlarni konsentratsiyasini aniqlash imkonini beradigan usul.

Реакция нейтрализации, Neytrallanish reaksiyasi (neutralization reaction) – suv va tuz hosil boʻlishi bilan boradigan kislotali va asos oʻrtasidagi reaksiya.

Аналитическая химия, Analitik kimyo (analytical chemistry) – modda yoki aralashma tarkibini sifat va miqdor jihatdan usullarni oʻrganadigan fan.

Качественный анализ, Sifat analizi(qualitative analysis)–analiz qilinayotgan modda qanday kimyoviy elementlar, atomlar, ionlar yoki molekulalardan tashkil topganini aniqlaydi.

Количественный анализ, Miqdoriy analiz(quantitative analysis)– izlanayotgan moddani tashkil qilgan komponentlarning miqdoriy nisbatini aniqlaydi.

Комплексные соединения, Kompleks birikmalar (complex compounds) - ligandlar bilan oʻralgan, markaziy atomdan iborat boʻlgan, kristall panjarasida murakkab kompleks ion saqlaydigan moddalarga aytiladi.

Координационное число, Koordinatsion son (The coordination number)- Markaziy atom bilan ligandlar orasidagi bogʻlar soni.

Центральный атом, Markaziy atom (The central atom) - Kompleks birikmalarda markaziy oʻrinda turadigan kompleks hosil qiluvchi ion.

Комплексный ион, Kompleks ion (complex ion) - oʻzida ortiqcha musbat yoki manfiy zaryad saqlovchi kompleks guruh.

Внешняя сфера, tashqi sfera (the outer sphere) - markaziy atom bilan bevosita bogʻlanmagan va ichki sferaga sigʻmagan hamma ionlar.

Внутренняя сфера, ichki sfera (the inner sphere) - Markaziy atom yoki kompleks hosil qiluvchi ion ligandlar bilan bevosita bogʻlangan moddalar yigʻindisi.

Катионный комплекс, Kation kompleks (cationic complex) - kompleks ion zaryadi musbat boʻlgan kompleks birikmalar

Анионный комплекс, Anion kompleks (anionic complex) - kompleks ion zaryadi manfiy bo'lgan kompleks birikmalar

Хелатотерапия, Xelatoterapiya(chelation) - toksik elementni organizmdan chiqarib yuborish uchun, organizmga toksik element bilan yanada barqarorroq kompleks hosil qiluvchi ligandlar kiritilib davolash usuli.

Термодинамика, Termadinamika (thermodynamics) – energiyani saqlanish va bir turdan boshqa turga o'tish jarayonini o'rganadi.

Химическая термодинамика, Kimyoviy termodinamika (chemical thermodynamics) – kimyoviy va fizik-kimyoviy o'zgarishlarni termodinamik usullari asosida aniqlashni o'rganadi.

Система, Sistema(system) – tashqi muxitdan amalda yoki hayolda ajratib olingan, bir – biriga ta'sir etib turadigan modda yoki moddalar guruhi.

Открытая система, Ochiq sistema (open system) – tashqi muxit bilan o'zaro modda va energiya almashinuviga ega.

Закрытая система, Yopiq sistema (closed system) – tashqi muxit bilan faqat energiya almashinuviga ega.

Изолированная система, Izolyastiyalangan sistema (insulated system) – tashqi muhit bilan modda va energiya almashinuviga ega emas.

Фаза, Faza (phaza) – tarkibiga va fizik-kimyoviy xossasiga ko'ra bir hil bo'lgan qisimlar yig'indisi.

Гомогенная система, Gomogen sistema(Homogeneous system) – bir hil fazaga ega bo‘lgan sistema

Гетерогенная система, Geterogen sistema(heterogeneous system) – bir nesa fazadan iborat bo‘lgan sistema.

Параметр, Parametr(parameter) – sistemani xolatini ifodalaydigan sonlar

Термодинамическое явление, Termodinamik hodisa(the thermodynamic phenomena) – sistemani xolatini vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi

Поверхностно активные вещества, Sirt faol moddalar (Surfaces-active) –eriganda fazalarni ajratib turuvchi sirt yuzalarining tarangligin ikamaytiruvchi moddalar.

Поверхностно иноактивные вещества, Sirt nofaol moddalar(Surfaces- not active) – eritma sirt tarangligini orttiradigan moddalar.

Сорбция, Sorbstiya (A persorption) - gazsimon yoki suyuq moddalarning qattiq suyuq agregat xolatdagi moddalar tomonidan yutilishidir.

Адсорбция, Adsorbstiya (Adsorption)– biron-bir moddaning boshqa bir modda sirtida yig‘ilishi.

Абсорбция, Absorbsiya (Absorption) – Gazsimon moddaning qattiq yoki suyuq agregat xolatdagi biron moddaning butun xajmi bo‘yicha yutilishidir.

Адсорбционная хроматография, Adsorbtsion xromotografiya(Adsorption hromatography) –xromotografiyaning

bu usuli moddalarning u yoki bu adsorbent tomonidan tanlangan adsorbsiyasiga asoslanadi.

Ионообменная хроматография, Ion almashinish xromotografiyasi(Ion exchange chromatography) – eritma bilan adsorbent oʻrtasida almashinishga asoslanadi.

Распределительная хроматография, Taqsimlanish xromotografiyasi(Partography) – oʻzaro aralashmaydigan suyuqliklarda moddalarning turlicha taqsimlanishiga asoslangan.

Поверхностные явления, Sirt hodisalari (The surface phenomena) – bu fazalar chegarasida sodir boʻladigan va fazalar oʻzaro taʼsiri natijasida yuzaga keladigan jarayonlardir.

Хемосорбция, Hemosorbsiya(A chemosorption) -Adsorbent va adsorbktiv oʻrtasida kimyoviy bogʻ hosil boʻlishi bilan boradigan adsorbsiya.

Десорбция, Desorbsiya(A desorption) – Sorbsiyaga teskari boʻlgan jarayon

Дифильные молекулы, Difil molekulalar(Amphiphilic molecules)- Ham gidrofil, ham gidrofob guruxlarni tutgan moddalar.

Коллоидный раствор, Kolloid эритма (colloid solution) – oʻrtacha kattalikdagi zarrachalarni oʻz ichiga olgan, filtrdan oʻta oluvchi ammo yarim oʻtkazgich membranalardan oʻta olmaydigan aralashma.

Диализ, Dializ (Dialysis) – yarim oʻtkazgichli membranadan eritmada erigan mayday moddalar va suvdagi zarrachalarning oʻtish jarayoni.

Разбавление, Suyultirish (dilution) – Eritmada erigan modda konsentratsiyasini kamaytiribsh uchun unga erituvchi sifatida suv qo`shish jarayoni.

Гемодиализ, Gemodializ (haemodialysis) - dializ usulidan foydalangan holda sun`iy buyrak yordamida qonni mexanik tozalash usuli

Осмоз, Osmos (Osmosis) – suv molekularini past konsentratsiyali tamondan yuqori konsentratsiyali tamonga hujayra membranasi orqali o`tishi.

**Насыщенный раствор, To`yingan eritma (saturated solution)** – Ma`lum haroratda eriydigan maksimal erigan moddaga ega bo`lgan eritma. Boshqa qo`shimcha eritma qo`shilganda modda idish tubida erimasdan qoladi.

Суспензия, Suspenziya (Suspension) – Yarim o`tkazgich membrana va filtrlarda ushlanib qoladigan, yetarli kattalik va og`irlikka ega bo`lgan erituvchidagi zarrachalar.

Скорость химической реакции, Kimyoviy reaksiya tezligi (rate of chemical reactions) - ma`lum vaqt birligi ichida reaksiyaga kirishayotgan birorta modda (yoki reaksiya mahsuloti) konsentratsiyasining o`zgarishiga aytiladi.

Энергия активации, Aktivlanish energiyasi (activation energy)-molekulalar kimyoviy ta`sirlashishga uchrashi uchun kerak bo`ladigan o`rtacha energiyadan ko`proq kinetik energiya

Порядок реакции, Reaksiya tartibi (order reaction) - reaksiya tezligi tenglamasidagi reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyalari darajalari yig'indisiga teng.

Молекулярность реакции, Reaksiyaning molekularligi (molekulyrity chemical reaction)- kimyoviy ta'sirlashishning eng oddiy ko'rinishida qatnashuvchi molekularlar soniga aytiladi.

Постые реакции, Oddiy reaksiyalar (the normal reactions)- Kimyoviy tenglamaga binoan bir bosqichda kechadigan reaksiyalar.

Сложные реакции, Murakkab reaksiyalar (complex reactions) molekulalardan tashqari radikallar, ionlar, faollangan komplekslar qatnashadi. Murakkab reaksiyalar parallel, ketma-ket, zanjir reaksiyalarga bo'linadi.

Гомогенный катализ, Gomogen kataliz (homogeneous catalysts) - katalizator va reaksiyaga kirishuvchi moddalar bir xil agregat holatda (fazada) bo'ladi.

Гетерогенный катализ, Geterogeni katalizda (heterogeneous catalysis)- katalizator odatda qattiq modda bo'lib, reaksiya aralashma esa suyuq yoki gazsimon holatda boladi.

Ферменты, Fermentlar (enzymes) — biokatalizatorlardir, ular oqsillarning yuqori darajali ixtisoslashgan sinfidir

Химическое равновесие, kimyoviy muvozanat (chemical equilibrium)- ma'lum muddatdan so'ng to'g'ri va teskari reaksiyalarning tezligi tenglashgan holat.

Константа равновесия, muvozanat konstantasi (the equilibrium constant) — ushbu temperaturada doimiy son bo'lib, reaksiya

mahsuloti bilan boshlang'ich moddalar muvozanat konsentratsiyalari orasidagi nisbatni ko'rsatadi.

Ациклические углеводороды, Atsiklik ugleodorodlar (acyclic hydrocarbons) - ugleodorodlarga ochiq zanjirli birikmalar mansub

Ароматические соединения, Aromatik uglevodorodlar (aromatic hydrocarbons) – arenlarga benzol va uning hosilalarini kiritish mumkin.

Циклические соединения, Karbotsiklik birikmalar (cyclic compounds)- uglerod atomlaridan tuzilgan halqaga ega bo'lib, o'z navbatida alitsiklik – C_nH_{2n} va aromatik – C_nH_{2n-6} birikmalarga bo'linadi.

Гетероциклические соединения, Geterotsiklik birikmalar (heterocyclic compounds) - halqali tuzilishga ega bo'lib, halqada uglerod atomlaridan tashqari bitta yoki bir nechta geteroatomlar (geteroatom – ugleroddan boshqa har xil atomlar: kislorod, azot, oltingugurt) bo'ladi.

Функциональные группы, Funksional guruh (functional groups) - uglevodorodlardagi bitta yoki bir nechta vodorod atomlarining o'rnini olib, organik birikmalarining kimyoviy xossalarini va ma'lum bir sinfga taalluqliligini belgilovchi atom yoki atomlar guruhiga aytiladi.

Спирт, Spirt (alcohol) - uglerod zanjiri bilan bog'langan, gidroksil ($-OH$) gruppaga saqlagan organik birikma.

Альдегид, Aldegid (aldehyde)- kamida bitta vodorod atomi bilan bog'langan karbonil gruppaga saqlagan organik modda

Кетон, Keton (ketone)- ikkita alkil yoki aromatik gruppalar bilan bogʻlangan karbonil gruppasi saqlagan organik birikma.

Окисление , Oksidlanish (oxidation)- reaksiyaga kirishayotgan moddaning ikkita vodorod atomlarini yoʻqotishi bilan oksidlanishi. Masalan birlamchi spirtlar aldegidga oksidlanadi, ikkilamchi spirtlar ketonlargacha oksidlanadi. Oksidlanish paytida shuningdek molekulaga kislorod atomi qoʻshilishi va uglerod-kislorodli bogʻlar soni ortishi kuzatiladi.

Фенол, fenol (phenol)- benzol xalqasi bilan bogʻlangan gidroksil gruppasi (-OH) saqlagan organik birikma.

Карбонильная группа, Karbonil gruppasi (carbonyl group) - uglerod-kislorod oʻrtasida qosh bogʻ saqlagan ($\text{C} = \text{O}$) funksional gruppasi.

Реакция дегидратации, Degidratlanish reaksiyasi (dehydration reaction) -- spirtlarning kislota ishtirokida bir molekula ajratib alkenga aylanishi.

Карбоновые кислоты, Karbon kislotalari (organic acids called carboxylic) - Uglevodorodlardagi bir yoki bir necha vodorod atomlarining karboksil guruhga -COOH almashinishi natijasida hosil boʻlgan birikmalar.

Производные карбоновых кислот, Karbon kislotalarning funksional (functional derivatives of carboxylic acids) hosilalari deb, karboksil guruhdagi gidroksil guruhi hisobiga hosil boʻladigan birikmalarga aytiladi.

Постые ангидриды кислот, Oddiy kislota ангидridlari (simple anhydrides) ($R-CO-OCOR$) - bir xil karbon kislotalar o'zaro reaksiyaga kirishganda hosil bo'ladi.

Смешанные ангидриды кислота, Aralash ангидридlar(mixed anhydrides) ($R-CO-O-CO-R^*$) - har-xil karbon kislotalar o'zaro reaksiyaga kirishganda hosil bo'ladi

Полифункциональные соединения, Polifunksional birikma(Polyfunctional compounds) – bu birikma molekulasida ikki va undan ortiq funksional guruh saqlaydi.

Пирокатехин, резорцин, гидрохинон, Pirokatexin, rezortsin, gidroxinon(catechol, resorcinol, hydroquinone) - ko'pgina tabiiy birikmalar tarkibiga kiradi. Ularning hammasi temir (III) xlorid bilan xarakterli bo'yaladi.

Гетероциклические соединения, Geterosiklik aralashmalar(heterocyclic compounds) - uglerod atomlari bilan bir qatorda, boshqa elementlarning bir yoki bir necha atomi o'z ichiga oladigan organik aralashmalar (geteroatomlar -N , O, S).

Гетероатом, Geteroatom(Heteroatom) - (ugleroddan tashqari) siklik organik birikmalardan tashkil topgan elementlar. Bular - azot , kislorod , sera- , tellur, margimush , fosforni , selen va boshqalar .

Фуран, Furan (Furan) – besh a'zoli heterosiklik aralashma - bir geteroatom kislorodni o'z ichiga oladi.

Пиррол, Пиол (Pyrrol) - uchta qimmatbaho azot - bir heteroatom o'z ichiga olgan besh a'zoli heterosiklik aralashma.

Тиофен, Tiofen(Thiophene) - bir geteroatom oltingugurtni o'z ichiga olgan besh a'zoli heterosiklik aralashma.

Пиразол, Pirazol(Pyrazol) - besh a'zoli geterosiklik birikma bo'lib, tarkibida 1- va 2- holatli ikkita azot geteroatomini tutadi.

Имидазол, Imidazol(Imidazole) - besh a'zoli heterosiklik birikma bo'lib, tarkibida 1- va 3- holatli ikkita azot geteroatomini tutadi.

Кислотные аминокислоты, Kislotali amino kislotalar(Acidic amino acid) - karboksil guruhi ($-\text{COOH}$) bor amino kislotalar, R guruhi kislota sifatida ionlanadi.

Аминокислота, Aminokislota(Amino acid) - bir amino guruhi, bir karboksil guruhi va R guruhlardan tashkil topgan, protein qurish uchun blok.

Метод Эдмана, Edman usuli(Edman degradation) - asosiy ketma-ketlikni (tartibida) aniqlash uchun erta usullaridan biri, usul mohiyati reagentlar yordamida (fenilisotiosianat) N-terminal aminokislotalari peptiddan ajratish.

Водородные связи, Vodorod bog'lar(Hydrogen bonds) - polipeptid zanjirining qutb kabi $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$ $-\text{COOH}$ kabi guruhlar R va aminokislotalar o'rtasidagi jalb.

Изоэлектрическая точка, Izoelektrik nuqta (PI)(Isoelectric point (pI)) - pH qaysi amino kislotalar nol umumiy aniq ayblov bilan ionlashgan shaklida mavjud.

α - (альфа) Спираль, Alfa spiral (A (alpha) helix) - oqsillarning ikkilamchi strukturasipiral shaklida bo'lib, aminogruppa bilan karboksil gruppasi orasidagi vodorod bog' hisobiga vujudga keladi.

Коллаген, Kollogen(Collagen) – oqsilning organizmda eng ko‘p tarqalgan turi bo‘lib uchlamchi spiral fibrilalari OH gruppasi orasida vodorod bog‘i hosil qiladi. Biriktiruvchi to‘qimalarning asosiy qismini tashkil qiladi.

Денатурация, Denaturasiya (Denaturation) – tashqi taʼsir hisobiga oqsillarning to‘rtlamchi, uchlamchi strukturasini buzilishi.

Фибриллярные белки, Fibrilyar oqsillar(Fibrous proteins)- beta strukturasiga hos, ip shaklidagi uzun tuzilishi, suvda erimaydi, soch, jun, tirnoqda bo‘ladi.

Глобулярные белки, Globulyar oqsillar(globular proteins)- Alfa spiral tuzilishiga xos bo‘lib molekulasini sharsimon tuzilishga ega.

Пептиды, Peptidlar(Peptide)- o‘zaro peptid bog‘i bilan bog‘langan ikki va undan ortiq aminokislota qoldig‘idan tashkil topgan dipeptid, tripeptid va b.

Пептидная связь, Peptid bog‘i (peptide bond)- peptid va oqsillardagi aminokislotalar bog‘lovchi amid bog‘i.

Белок, Oqsil (protein) - 50 va undan ortiq aminokislota qoldig‘idan tashkil topgan polipeptid, biologik aktiv modda

Альдоза, Aldoza(Aldose) - aldegid guruhni o‘z ichiga olgan monosaharid.

Углевод, Uglevodlar(Carbohydrate) - uglerod, vodorod va kislorod tashkil topgan oddiy yoki murakkab shakar.

Хиральный, Xiral uglerod(Chiral carbon) - to‘rt xil atomlar yoki guruhlar bilan bog‘langan uglerod atomi.

Энантиомеры, Enantiomerlar(Enantiomers) - bir-biriga ustiga bo'lmaydi oyna tasvirlar bor stereoizomerlar.

Проекция Фишера, Fisher proeksiyasi(Fischer projection) - gorizontal stereoizomerlerini chizish uchun mo'ljallangan oldinga loyiha ulanishni vakili chiziqlar, vertikal chiziqlar qaysi orqaga chiqarmoq ulanishlarni, va har bir chorrahasida bir uglerod atomini.

Фруктоза, Fruktoza(Fructose) - asal va meva sharbatlarida topilgan, shuningdek, levüloz va meva shakar, deb atalgan monosaxarid; u saxaroza uchun glyukoza bilan birlashtirilgan.

Галактоза, Galaktoza (Galactose) - monosaxarid glukoza bilan birga laktozani hosil qiladi.

Глюкоза, Glyukoza(Glucose) - aldogeksoza meva, asal, sabzavotlarda topilgan shuningdek, qon shakar sifatida tanilgan, ratsionida eng keng tarqalgan monosaxarid.

Структура Хеуорса, Heuors tuzilishi (Haworth structure) - monosaxaridlar xalqqa tuzilishi.

Кетоза, Ketoza(Ketose) - bir keto guruhi o'z ichiga olgan monosaharid.

Моносахарид, Monosaharid(Monosaccharide)- aldehid yoki keton guruhini o'z ichiga olgan poligidroksil.

Стереоизомеры, Stereoizomerlar(Stereoisomers) - izotobi atomiga ega bo'lishi, lekin turli kelishuvlar bilan, shunday izchillikda qo'shildi.

ДНК, DNK, (DNA) - dezoksiribonuklein kislota – to'rt asos; adenin, guanin, timin. Sitozin va fosfat xamda dezoksiriboza uglevodi nukleotidlaridan iborat xujayraning genetik materiali

Замкнутая цепь, xalqasimon zanjir- DNK zanjirining xalqasimon shakli bo'lib, u tashqaridan uglevod fosfat birikmasidan iborat, ichkaridan esa asoslar juftligidan iborat aylanma zinapoyaga o'xshaydi

pPHK, rRNK, (rRNA) – ribosomal RNK; RNKning keng tarqalgan turi bo'lib, ribosomalarning asosiy komponentlaridan biri

Мутация, mutatsiya, (mutation) - DNK asoslar tartibining buzilishi bo'lib, xujayradagi oqchilning xosil bo'lishida o'zgarishlarni yuzaga keltiradi.

Нуклеиновые кислоты, nuklein kislotalar, (nucleic acids) – nukleotidlardan tashkil topgan yirik molekular bo'lib, DNKning zanjiri yoki RNKning bitta ipi sifatida namoyon bo'ladi.

Нуклеозид, nukleozid, (nucleoside) – uglevod pentoza va asos birikmasidan iborat.

Нуклеотид, nukleotid, (nucleotides) – uglevod pentoza (riboza yoki dezoksiriboza) va fosfat guruxidan iborat asosdan tashkil topgan nuklein kislotalarning tuzilma bloklaridir.

Фосфодиэфирная связь, fosfodiefir bog'i, (phosphodiester bond)– fosfat bog' bo'lib, bunda bir nukleotiddagi 3 gidroksil gurux boshqa nukleotidagi 5 karbon atomdagi fosfat guruxga bog'lanadi

PHK, RNK, (RNA) – ribonuklein kislota; nuklein kislotalarini bir ko'rinishi bo'lib, To'rt asos (adenin, sitozin, guanin va uratsil)va fosfat xamda ribozadan iborat nukleotidlarning bitta ipi hisoblanadi

тРНК, тРНК, (tRNA) – transport RNK; ribosomadagi peptid zanjirga ma'lum bir aminokislotalarni antikadondan foydalanib aralashtiruvchi RNK. 20 ta turli aminokislotalarning har biri uchun bir va undan ortiq tRNK mavjud

Использованная литература:

1. K.S. Timberlake Introduction to General, Organik and Biologikal Chemistry –New York, 2015.
2. Т.Н.Литвинова, В.В.Хорунжий. Химия. Основы химии для студентов медицинских вузов. Изд-во: Лань 2021.
3. Н.Т.Алимходжаева, Н.М.Юлдашев, Х.Н.Акбарходжаева, Х.С.Таджиева.. Медицинская химия. Часть 1., 2021.
4. Н.Т.Алимходжаева, Х.Н.Акбарходжаева, М.А.Кадыров Медицинская химия. Часть 2., 2022.
5. Н.Т.Алимходжаева, Н.М.Юлдашев, М.К.Давыдова. Медицинская химия для студентов международного факультета., 2023.
- 6.N.T.Alimkhodjayeva, H.N.Akbarkhodjayeva, M.A.Kadirov, M.R.Dadakhodjayeva, Medical Chemistry., 2025.
7. В.А.Калибабчук, Л.И.Грищенко, С.М.Гождинский и др. Медицинская химия.2015.

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	
.....3	

1 РАЗДЕЛ. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Химия биогенных элементов

1.1. Химия биогенных элементов

1.1.1. Классификация биогенных элементов

1.1.2. Распределение биогенных элементов
(топография) в организме

1.1.3. Основные функции биогенных элементов

1.1.4. Синергистические и антагонистические эффекты

1.1.5. Недостаток, избыток и токсичность некоторых биогенных
элементов в организме

1.1.6. Лекарственные препараты, содержащие биогенные элементы
и применение их в медицине

1.2 Химия неорганогенных элементов

1.2.1. Понятие о неорганогенных элементах

1.2.2. Биологическая роль и токсическое действие неорганогенных
элементов

1.2.3. Суточная потребность, избыток и источники поступления
в организм неорганогенных элементов

1.2.4. Медицинские препараты, содержащие неорганогенные
элементы

Комплексные соединения

1.3.1. Основные понятия.....	143
1.3.2. Строение комплексных соединений.....	144
1.3.3. Получение комплексных соединений.....	147
1.3.4. Классификация комплексных соединений.....	148
1.3.5. Номенклатура комплексных соединений.....	150
1.3.6. Внутриккомплексные соединения.....	151
1.3.7. Применение комплексных соединений.....	152
1.3.8. Равновесие в растворах комплексных соединений.....	157

2 РАЗДЕЛ. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Растворы. Способы выражения концентрации растворов.....

2.1. Растворы.

2.1.1Понятие о растворах

2.1.2. Процесс растворения

2.1.3Растворимость. Влияние различных факторов на растворимость

2.1.4. Растворы электролитов и неэлектролитов

Коллигативные свойства растворов

2.2.1. Понятие о коллигативных свойствах растворов

2.2.2. Явление осмоса и осмотическое давление

2.2.3. Гемолиз и плазмолиз

2.2.4. Давление пара над раствором. Закон Рауля. Криоскопия и эбулиоскопия

Кисотно – основное равновесие. Буферные растворы..... 242

2.3.1. Основы протолитической теории кислот и оснований

2.3.2. Ионное произведение воды. Водородный показатель

2.3.3. Буферные системы

2.3.4. Механизм действия буферных систем

2.3.5. Буферные системы крови

2.3.6. Буферная емкость

Дисперсные системы. Коллоидные растворы.

2.4.1. Дисперсные системы и их классификация

2.4.2. Способы получения коллоидных систем

2.4.3. Способы очистки коллоидных систем

2.4.4. Строение мицеллы коллоидных частиц

2.4.5. Свойства коллоидно-дисперсных систем

2.4.6. Коагуляция коллоидных растворов

2.4.7. Оптические свойства коллоидных систем

2.4.8. Коллоидная защита

Химическая кинетика. Скорость химических реакций

2.5.1. Химическая кинетика

2.5.2. Скорость химической реакции

2.5.2.1. Влияние концентрации реагирующих веществ на скорость химической реакции

2.5.2.2. Влияние природы реагирующих веществ на скорость химической реакции

2.5.2.3. Влияние температуры на скорость химической реакции

2.5.3. Порядок реакции

2.5.4. Молекулярность реакции

2.5.5. Сложные реакции

2.5.6. Катализ. Ферментативный катализ

2.5.7. Химическое равновесие

2.5.8. Принцип Ле-Шателье

Поверхностные явления. Адсорбция.

2.6.1. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение

2.6.2. Процессы сорбции

2.6.3. Адсорбция на неподвижной поверхности раздела (твёрдое тело-газ; твёрдое тело-раствор)

2.6.4. Адсорбция на подвижной поверхности раздела
(жидкость-газ; жидкость-жидкость)

2.6.5. Адсорбция из растворов электролитов

3 РАЗДЕЛ. БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Основы строения и реакционная способность органических соединений

3.1.1. Основы биоорганической химии

3.1.2. Классификация органических соединений

3.1.3. Номенклатура органических соединений

Поли- и гетерофункциональные соединения

алифатического и ароматического ряда, участвующие в процессах метаболизма

3.2.1. Понятие о поли- и гетерофункциональных соединениях

3.2.2. Химические свойства гетерофункциональных соединений

3.2.2.1. Аминоспирты

3.2.2. Ароматические аминоспирты

3.2.3. Гидроксиды (окси-) и аминокислоты

3.2.4. Гидроксикислоты ароматического ряда

3.2.5. Аминокислоты ароматического ряда

3.2.6. Оксокислоты

3.2.7. Полигетерофункциональные соединения. Многоосновные гидроксикислоты

Гетероциклические соединения в медицине

- 3.3.1. Классификация гетероциклических соединений
- 3.3.2. Пятичленные гетероциклические соединения, содержащие один гетероатом
- 3.3.3. Пятичленные гетероциклические соединения, содержащие два гетероатома
- 3.3.4. Шестичленные гетероциклические соединения, содержащие один гетероатом
- 3.3.5. Шестичленные гетероциклические соединения, содержащие два гетероатома
- 3.3.6. Конденсированные гетероциклические соединения

Биологически важные α -аминокислоты в медицине

- 3.4.1. Понятие об аминокислотах
- 3.4.2. Классификация аминокислот
- 3.4.3.стереоизомерия α -аминокислот
- 3.4.4. Химические свойства α -аминокислот
- 3.4.5. Качественные реакции аминокислот

Биологически важные пептиды и белки в медицине

- 3.5.1. Классификация пептидов и белков
- 3.5.2. Синтез пептидов и белков
- 3.5.3. Строение пептидной (амидной) связи
- 3.5.4. Химические свойства пептидов и белков
- 3.5.5. Структуры белков

Углеводы. моносахариды в медицине

- 3.6.1. Понятие об углеводах
- 3.6.2. Классификация углеводов
- 3.6.3. Моносахариды
- 3.6.4. Стереоизомерия
- 3.6.5. Циклические формы
- 3.6.6. Таутомерия
- 3.6.7. Химические свойства моносахаридов

Углеводы. Ди-и полисахариды

3.7.1. Классификация полисахаридов

3.7.2. Дисахариды

3.7.2.1. Мальтоза

3.7.2.2. Целлобиоза

3.7.2.3. Лактоза

3.7.2.4. Сахароза

3.7.3. Химические свойства дисахаридов

3.7.4. Полисахариды

3.7.4.1. Крахмал

3.7.4.1.1. Химические свойства крахмала

3.7.4.2. Гликоген

3.7.4.3. Декстраны

3.7.4.4. Целлюлоза

3.7.4.4.1. Химические свойства целлюлозы

3.7.4.5. Гетерополисахариды

3.7.4.6. Хондроитинсульфаты

3.7.4.6.1. Гиалуроновая кислота

Липиды. Омыляемые липиды в медицине

3.8.1. Общее представление о липидах

3.8.2. Классификация липидов

3.8.3. Жирные кислоты, входящие в состав липидов

3.8.4. Простые липиды

3.8.4.1. Химические свойства простых липидов

3.8.5. Омыляемые сложные липиды

3.8.5.1. Фосфолипиды

3.8.5.2. Сфинголипиды

3.8.5.3. Гликолипиды

Неомыляемые липиды

3.9.1. Классификация неомыляемых липидов

3.9.2. Терпены

3.9.3. Простагландины

3.9.4. Стероиды

3.9.5. Желчные кислоты

3.9.6. Гормоны

3.9.6.1. Стероидные гормоны

Нуклеиновые кислоты в медицине

3.10.1. Классификация нуклеиновых кислот

3.10.2. Строение нуклеиновых кислот

3.10.3. Функции нуклеиновых кислот

3.10.4. Структуры нуклеиновых кислот

3.10.5. Нуклеозидполифосфаты