

Министерство образования Российской Федерации

Воронежский государственный университет

Химический факультет

Кафедра неорганической химии

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ
ПО КУРСУ ОБЩЕЙ
И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Часть I

Для студентов 1-го курса химического факультета
(дневное и вечернее отделение),
и для студентов факультета фармации

Воронеж – 2000 г.

В первой части представлены вопросы по темам: «Стехиометрические законы химии», «Строение атома и периодический закон», «Учение о химической связи», «Элементы химической термодинамики и кинетики» в соответствии с программой курса общей и неорганической химии для студентов химического факультета ВГУ. Предлагаемые вопросы могут быть использованы студентами для самоконтроля с целью проверки глубины понимания изучаемого материала, а также могут предлагаться на коллоквиумах по различным разделам курса.

Вопросы разработаны коллективом сотрудников кафедры неорганической химии ВГУ – проф. И.Я.Миттовой, проф. Я.А.Угаем, проф. О.Б.Яценко, доц. В.Р.Пшестанчиком, доц. А.Н.Прокиным, доц. С.С.Лаврушиной, канд. хим. наук асс. А.М.Самойловым, канд. хим. наук асс. Е.В.Томиной – под общей редакцией проф. Угая Я.А.

1. Основные понятия. Стехиометрические законы

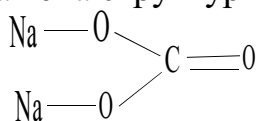
1. Что такое вещество? Как понятие о различных химических веществах согласуется с этим определением? Что Вы понимаете под «формами организации вещества»?
2. Возможны ли превращения вещества в поле или наоборот?
3. В чем различие между «атомно-молекулярным учением» и «современной химической атомистикой»?
4. Правильны ли определения: а) "Атом – наименьшая неделимая частица вещества"; б) " Молекула – наименьшая частица вещества, обладающая его свойствами"?
5. "Atomos" - по-гречески - неделимый. В какой мере это название отражает современное понимание понятия "атом"?
6. В чем причина различий между "физическим" и "химическим" определениями молекулы?
7. Проанализируйте основные положения атомно-молекулярного учения, высказанные М.В. Ломоносовым и представления Дж. Дальтона. В чем Вы видите сходство? В чем эти концепции различаются?
8. В чем недостатки атомистики Дальтона по сравнению с атомистикой Ломоносова? К каким проблемам в химии начала XIX в. это привело?
9. В чем различие между понятиями "молекула" (Авогадро) и "сложный атом" (Дальтон)? Не все ли равно, чем считать, например, HCl?
10. Дайте определения понятиям «химический элемент» и «простое вещество». Чем различаются эти понятия, почему недопустимо их смешивать? Как Вы думаете, каковы причины путаницы между ними, встречающейся иногда и в настоящее время?
11. Какие химические элементы имеют названия, обусловленные их свойствами, которые определяются органолептическим путем (цвет, запах, и т. п.)?

12. Названия каких химических элементов имеют «географическое» происхождение?
13. Укажите элементы, имеющие «мифологические», «астрономические» и «спектроскопические» названия.
14. В чем заключается важность стехиометрических законов для развития химии?
15. Кто и когда ввел термин стехиометрия? Что он означает?
16. Почему представление о сохранении массы в химических реакциях сыграло решающую роль в опровержении флогистонной теории?
17. Почему в химии пользуются законом сохранения массы, а в физике - законом сохранения энергии? В какой мере это правомерно?
18. Имеют ли какую-нибудь размерность стехиометрические коэффициенты в уравнениях реакций, или это величины безразмерные?
19. Почему атомные массы большинства элементов, в том числе и моноизотопных, выражаются не целыми числами?
20. Как Вы думаете, применима ли формула Эйнштейна $E = mc^2$ для описания тепловых эффектов химических реакций? Дайте аргументированный ответ.
21. При сгорании 1 моль метана выделяется 495 кДж тепла. В какой мере соблюдается закон сохранения массы в данной реакции?
22. Чем отличается представление о постоянстве состава вещества в XIX веке и в настоящее время?
23. Какие вещества обладают заведомо постоянным составом? Приведите примеры. Образцы меди получены несколькими способами из следующих исходных веществ: красного оксида меди (I), черного оксида меди (II), белого CuSO_4 , синего $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, темно-зеленого $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$, темно-коричневого CuCl_2 .

Должны ли полученные образцы меди отличаться друг от друга по физико-химическим свойствам? Если да, то почему?

24. Можно ли утверждать, что состав осадка после его выпадения из раствора не меняется? Ответ подтвердите примерами.
25. Химическая формула некоторого бинарного соединения A_xB_y . Могут ли быть значения x и y любыми? От чего зависит соотношение атомов A и B в соединении? Почему это соотношение может быть неоднозначным для конкретной пары элементов? Ответ подкрепите примерами.
26. Правильны ли утверждения: "дальтониды – соединения постоянного состава", "бертоллиды – соединения переменного состава"? Чем различаются эти два класса веществ. Могут ли бертоллиды существовать в жидком или газообразном состоянии?
27. Какие из стехиометрических законов в настоящее время нуждаются в пересмотре с учетом того факта, что не все вещества состоят из молекул?
28. Почему носителем свойств координационных кристаллов является фаза, а не молекула (атом, формульная единица)?
29. Какой смысл вложен в следующие "изображения" хлороводорода и хлорида натрия: $H - Cl$ и $Na - Cl$?

30. Правильно ли изображена структурная формула Na_2CO_3 :



31. Как известно, в споре Пруста и Бертолле в конце концов выяснилась справедливость воззрений Бертолле. Какие последствия для химии по Вашему мнению имела бы "победа" Бертолле в начале XIX в.?
32. Как Вы думаете, какой из законов более важен в развитии химии: закон сохранения массы, закон эквивалентов или закон кратных отношений?

33. В настоящее время эквивалентную массу элемента можно *рассчитать* по формуле $m_{\text{Э}} = A/B$, где A - атомная масса, B - валентность элемента. Почему эту формулу нельзя применять в качестве исходной для *определения* понятия "эквивалентная масса"?
34. Как определяется понятие эквивалента кислоты, основания, соли? Как дать определение эквивалентной массе оксида? По какой общей формуле рассчитываются эквивалентные массы этих веществ?
35. Эквивалентная масса металла в 2 раза больше, чем эквивалентная масса кислорода. Во сколько раз масса оксида больше массы металла? Ответ пояснить.
36. Сколько эквивалентных масс *серы* содержится в молярной массе H_2S , SO_2 , SO_3 , H_2SO_4 ?
37. Эквивалентная масса серной кислоты равна 49 г/моль. Как быстро «рассчитать» эквивалентную массу кислотного остатка SO_4^{2-} ?
38. Постоянна ли величина эквивалента и эквивалентной массы а) элемента? б) вещества? Ответ обоснуйте.
39. Одинакова ли эквивалентная масса хрома в CrCl_3 и $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, железа в FeCl_2 и FeCl_3 ?
40. В чем значение закона эквивалентов для развития системы химических представлений в XIX веке?
41. В чем заключается предложенное Дальтоном «правило наибольшей простоты» при определении атомных масс элементов? К каким проблемам в химии первой половины XIX века это привело?
42. Как известно, Дальтон, предложивший первую, водородную шкалу атомных масс, сами атомные массы для большинства элементов определил неверно. Однако для ряда элементов эти значения впоследствии оказались правильными. Как Вы думаете – для каких элементов?

43. Почему закон Авогадро обычно не рассматривается в качестве самостоятельного шестого стехиометрического закона? В чем значение этого закона для развития химии?
44. Что такое мольный (молярный) объем? К каким объектам применимо это понятие?
45. Масса атома серы в 2 раза больше массы атома кислорода. Можно ли на этом основании считать, что плотность паров серы по кислороду равна двум?
46. До введения системы единиц СИ существовало такое определение: «масса – это количество вещества, содержащегося в теле». Почему в настоящее время используется другая единица количества вещества? Почему количество вещества неудобно измерять массой, хотя «жизненный опыт» подсказывает, что чем больше масса вещества, тем больше его количество?
47. Можно ли в молях измерять, например, количество электронов, протонов, фотонов?
48. Как получается, что молярная масса, выраженная в г/моль, численно равна относительной молекулярной массе?
49. Пользуясь только законом Авогадро, покажите, что отношение плотностей двух газов равно отношению их молекулярных (молярных) масс.
50. На основании какого соотношения можно *вычислить* молярный объем газа при нормальных условиях?
51. Чему равен эквивалентный объем водорода, кислорода и хлора при нормальных условиях?
52. Какой воздух «тяжелее» - сухой или влажный?
53. В результате реакции азота с кислородом общий объем газов не изменяется. Установите формулу образующегося оксида.
54. При полном взаимодействии 1 л некоторого газа с 1 л водорода образовался 1 л азота и 1 л водяного пара (измерения проводились при одинаковых условиях). Какова формула газа? На какие законы Вы опирались при ответе?

55. Какой из перечисленных ниже фактов может служить доказательством одноатомности газообразного неона: а) неон не образует соединений с другими элементами; б) плотность неона вдвое меньше, чем плотность аргона; в) плотность неона почти вдвое меньше, чем плотность фтора.
56. Каково соотношение объемов, занимаемых 1 молем O_2 и 1 молем O_3 (условия одинаковые)?
57. Найдите молекулярную формулу соединения бора с водородом, если масса 1 л этого газа равна массе 1 л азота, а содержание бора в веществе составляет 78,2 мас. %.

2. Строение атома и периодический закон

1. Анализируя основные результаты эксперимента по взаимодействию потока α -частиц с золотой фольгой (опыт Резерфорда - Гейгера - Марсдена), ответьте на следующие вопросы: а) что представляет собой α -частица? б) почему подавляющее большинство α -частиц не отклоняется от первоначальной траектории? в) почему некоторые α -частицы отклонялись от прямолинейной траектории или отражались в обратном направлении? г) какие сведения дает этот эксперимент о строении атома?
2. Какова роль спектрального анализа в утверждении теории Н. Бора?
3. Оптический спектр атомарного водорода содержит серию линий в инфракрасной (серия Пашена), видимой (серия Бальмера) и ультрафиолетовой (серия Лаймана) областях. Не проводя расчетов, на основании теории Бора покажите, какая серия соответствует возвращению возбужденного электрона в основное состояние ($n = 1$), первое возбужденное состояние ($n = 2$) и второе возбужденное состояние ($n = 3$).
4. Расстояние между линиями серии Бальмера в спектре атома водорода последовательно уменьшается по мере возрастания частоты, и в конце концов линии сливаются. Как с позиций теории Бора объяснить этот факт.

5. Приведите экспериментальные доказательства *корпускулярной* природы видимого света и *волновой* природы электрона.
6. Почему в обычной жизни мы не сталкиваемся с волновыми свойствами тел?
7. Какие последствия для описания электронного строения атома влечет за собой соотношение неопределенностей Гейзенберга?
8. Чем понятие "орбиталь" в квантовой механике отличается от понятия "орбита" в теории Бора?
9. Какое преимущество при решении уравнения Шредингера для атома водорода дает переход от декартовой к сферической (полярной) системе координат?
10. Объясните, почему, например, все *p*-орбитали имеют одинаковую форму и направления в пространстве, независимо от значения главного квантового числа?
11. В чем, по Вашему мнению, причина целочисленности n , l , m_l ?
12. Каковы общие принципы формирования электронных оболочек атомов?
13. Может ли электрон атома водорода находиться, например, в состоянии $3d$?
14. Чем многоэлектронные атомы отличаются от водородоподобного? В чем состоит «проблема многоэлектронности»?
15. В чем преимущества и недостатки изображения электронного строения атома при помощи электронных формул и квантовых ячеек?
16. Является ли правило Гунда самостоятельным утверждением или оно лишь конкретизирует один из фундаментальных принципов формирования электронных оболочек атомов?
17. Напишите значения квантовых чисел m_l и m_s для тех электронов, у которых главное и орбитальное квантовые числа равны

соответственно 4 и 3. Сколько электронов обладает таким набором значений n и l ?

18. Является ли, по Вашему мнению, правило Клечковского самостоятельным утверждением в дополнение к принципу наименьшей энергии и принципу Паули?
19. Существуют ли в Периодической таблице элементы, для которых характерно заполнение электронами энергетических подуровней с отклонением от правила Клечковского?
20. У элементов какого периода начинают заполняться $3s$ -, $3d$ -, $4p$ -, $5d$ - орбитали?
21. У какого элемента начинается заполнение подуровня $4f$? У какого элемента заканчивается заполнение этого подуровня? Напишите электронные формулы этих элементов.
22. Какой подуровень заполняется после $4s$; после $4p$; после $4d$; после $4f$? Назовите эти элементы, приведите их электронные формулы.
23. Из двух элементов один образует ион Э^{3+} , а другой - Э^{3-} . Оба иона имеют одинаковую электронную конфигурацию $[\text{Ne}]^{10}3s^23p^6$. Определите период, группу, подгруппу и порядковый номер каждого элемента, кратко опишите его свойства.
24. Составьте сокращенные электронные формулы ионов: S^{2-} , Ti^{4+} , Cr^{3+} , Mn^{2+} , Mn^{7+} , Br^{1-} .
25. Для какого из двух элементов ионизационный потенциал должен быть большей величиной и почему, если они имеют следующие электронные формулы: а) $1s^22s^22p^63s^23p^2$ и $1s^22s^22p^63s^23p^5$ б) $1s^22s^22p^63s^23p^64s^1$ и $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^1$.
26. Электронная конфигурация атома неона совпадает с электронной конфигурацией ионов нескольких элементов. Приведите примеры таких ионов. Сколько их может быть?
27. Объясните причины «проскока» электрона $4s \rightarrow 3d$ у элементов подгрупп хрома и меди. Как эти проскоки влияют на свойства простых веществ и их соединений?

28. Ориентируясь на закономерности изменения первого потенциала ионизации в периодической системе, укажите «наиболее металлический» и «наименее металлический» элементы.
29. Могут ли электроны Al^{3+} находиться на следующих орбиталях: а) $2p$; б) $1p$; в) $3d$?
30. Запишите электронные конфигурации атомов Ne, F, Mg в первом возбужденном состоянии.
31. В атоме какого элемента – Cs или Li – связь валентного электрона с ядром прочнее? Почему?
32. Ниже приведены значения первого потенциала ионизации элементов 2-го периода:
- | Элемент | Li | Be | B | C | N | O | F |
|----------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Ne | | | | | | | |
| $I_1, В$ | 5,39 | 9,32 | 8,31 | 11,26 | 14,53 | 13,61 | 17,42 |
| | 21,56 | | | | | | |
- Объясните наблюдаемую закономерность в изменении этой характеристики.
33. Изобразите электронное строение элемента №110 при помощи электронной формулы и квантовых ячеек. Сколько неспаренных электронов содержит атом в невозбужденном состоянии? Аналогом какого элемента он является?
34. На каком основании хлор и марганец находятся в одной группе, но в разных подгруппах?
35. По какому принципу с электронной точки зрения элементы объединяются в группу? По какому принципу они подразделяются на подгруппы?
36. Существуют два способа обозначения главных и побочных подгрупп. По одному из них, например, элементы триады железа принадлежат к VIII группе, по другому – к VIIIA группе. На чем основаны эти два способа? Какому из них Вы отдаете предпочтение и почему?
37. Какие аспекты современных представлений о строении атома содержались в Периодической системе Д.И. Менделеева?

38. В чем суть эффектов экранирования и проникновения? Как они сказываются на свойствах элементов? Как они учитываются в формуле $E_n = -m_0 Z^2 e^4 / 2n^2 \eta^2$, характеризующей уровни энергии электрона в водородоподобном атоме?
39. Что такое атомный радиус? Как соотносятся понятия эффективный и орбитальный радиус атома? Сколько эффективных радиусов может быть у атома одного элемента?
40. Что такое *d*- и *f*-сжатие? На свойствах каких элементов оно сказывается? Имеет ли место уменьшение радиусов в рядах *p*-элементов? Почему ничего неизвестно о *p*-сжатии?
41. В чем заключается сущность понятия кайносимметрия? Какими особыми свойствами обладают кайносимметричные элементы?
42. Что такое эффект инертной *bs*-электронной пары? На свойствах каких элементов и каким образом он проявляется?
43. Почему семейства *4f*- и *5f*-элементов с современной точки зрения имеют разные названия?
44. Сколько электронов может находиться на *g*-подуровне? В каком периоде он должен начать заполняться? Сколько элементов должно быть в этом периоде? Проблемами стабильности атомных ядер пренебречь.
45. В чем заключается физический смысл периодического закона? Почему при монотонном (и даже линейном!) изменении заряда ядра (порядкового номера элемента) свойства элементов изменяются не монотонно, а именно периодически?
46. В чем, по Вашему мнению, заключается значение принципа Паули для химии?
47. Чем обусловлена нецелочисленность атомных масс моноизотопных элементов (^{19}F , ^{31}P , ^{51}V , ^{127}I и т. п.)? Какую информацию можно извлечь из этого факта?
48. Известно, что кислород в природе представлен смесью трех изотопов: $^{16}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$, $^{18}_8\text{O}$. Почему средняя атомная масса элемента меньше наименьшей из них ($A_r(\text{O})=15,9994$)?

49. Природный магний состоит из изотопов ^{24}Mg , ^{25}Mg , ^{26}Mg . Вычислите среднюю атомную массу этого элемента, если содержание изотопов в естественной смеси составляет соответственно 78,6, 10,1 и 11,3 %. Дефектом массы пренебречь.
50. Считается, что изотопы одного элемента практически тождественны по химическим свойствам и лишь незначительно различаются по некоторым физическим (изотопные эффекты). Почему для изотопов водорода это не имеет места и сами изотопы даже обозначаются различными символами (H, D, T)?
51. Почему для легких элементов (до кальция) атомная масса примерно в два раза больше порядкового номера, а для более тяжелых элементов наблюдается более значительный рост атомной массы по сравнению с порядковым номером?
52. Почему все элементы после висмута ($^{209}_{83}\text{Bi}$) не имеют ни одного стабильного изотопа?

3. Химическая связь. Межмолекулярное взаимодействие

1. В чем заключается сущность понятия химическая связь?
2. Как развивались представления об электростатической природе химической связи по мере развития физики и химии?
3. Кто и когда предложил первые модели образования ионной и ковалентной связей на основании электронных представлений?
4. В чем состоит суть «теории октета» в учении о химических связях. Приведите примеры того, как эта теория позволила объяснить образование химических связей. Приведите примеры, когда эта концепция оказалась несостоятельной.
5. Когда сформировались квантовомеханические представления о природе ковалентной химической связи?
6. Какие предельные типы химических связей Вам известны? Следует ли к ним причислять водородную и донорно-акцепторную связь? Ответ аргументировать.

7. Чем различаются понятия формальной валентности и валентности как числа химических связей? Что такое ковалентность элемента?
8. Какие из известных Вам типов химической связи не обладают способностью к поляризации? Какие последствия это влечет за собой?
9. Назовите причину существования полярных и неполярных связей. Как Вы считаете, справедливо ли утверждение: если в молекуле AB_n связи полярные, то и сама молекула будет полярной. Дайте аргументированный ответ.
10. Может ли осуществляться промотирование без последующей гибридизации? Может ли осуществляться гибридизация без предшествующего промотирования?
11. Изобразите строение молекул NH_2CN (цианамин), $(NH_2)_2CO$ (мочевина или карбамид), CH_3NH_2 (метиламин), $COCl_2$ (карбонилхлорид или фосген) при помощи квантовых ячеек и электронных облаков. Как можно охарактеризовать пространственно-геометрическое строение этих молекул? Назовите все связи в этих молекулах. Какие из них наиболее полярны? В каком направлении смещено электронное облако этих связей?
12. В молекулах SO_2 и SO_3 атомы серы находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Полярны ли эти молекулы?
13. Дипольные моменты молекул BF_3 и NF_3 равны соответственно 0 и $0,67 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Каков тип гибридизации АО бора и азота в этих молекулах?
14. В какой молекуле – BF_3 или NH_3 - значение дипольного момента больше?
15. В чем состоит различие в строении следующих молекул: а) PH_3 и BCl_3 ; б) SO_2 и CO_2 . Определите, полярными или неполярными будут эти молекулы.
16. Каков тип гибридизации центрального атома и геометрическая форма следующих молекул: SF_6 , NH_3 , $SiCl_4$, OF_2 , SF_4 , IF_5 .

17. Укажите, какие из следующих частиц являются реальными, а какие - гипотетическими с точки зрения метода валентных связей: PF_3 , PF_5 , PF_4^+ , PF_6^- , NF_3 , NOF_3 , NF_5 , BeF_2 , BeF_4^{2-} .
18. Опишите пространственное строение газообразных молекул AlCl_3 , Al_2Cl_6 , PH_3 , H_2O , BeF_2 . Какие из них полярны?
19. Как меняется валентный угол в ряду соединений $\text{NH}_3 - \text{PH}_3 - \text{AsH}_3 - \text{SbH}_3$? О чем это говорит?
20. Чем определяются такие свойства ковалентной связи как направленность и насыщенность? Как эти характеристики связи проявляются в свойствах веществ?
21. В чем заключаются специфические особенности систем с сопряженными связями?
22. Объясните с точки зрения особенностей химической связи, почему алмаз – диэлектрик, а графит обладает металлической электропроводностью.
23. Каковы формальная валентность, степень окисления и ковалентность азота в азотной кислоте и хлориде аммония?
24. Какими свойствами обладает донорно-акцепторная связь? Чему равен валентный угол в ионе аммония? Какие выводы из этого можно сделать?
25. Почему существует ион NH_4^+ , но не существует ион CH_5^+ ?
26. Как и почему изменяется энергия диссоциации молекул ряда $\text{F}_2 - \text{Cl}_2 - \text{Br}_2 - \text{I}_2$?
27. Как образуются связи в кристалле арсенида галлия? Чему здесь равны координационные числа Ga и As?
28. Каково координационное число при тетраэдрической, октаэдрической и гексаэдрической (кубической) координации?
29. Почему ковалентные кристаллы представляют собой структуры с невысокими координационными числами в отличие от ионных и металлических?

30. Сравните основные достоинства и недостатки описания ковалентной связи в рамках МВС и ММО.
31. Чем различаются понятия «порядок связи» в ММО и «кратность связи» МВС? Какие возможности ММО отсюда следуют?
32. Все ли вещества обладают магнитными свойствами?
33. В рамках ММО объясните, почему существуют (или не существуют) следующие частицы: а) H_2^- , H_2^{2-} ; б) Na_2^0 , Mg_2^0 .
34. Составьте энергетические диаграммы в рамках ММО образования связей в частицах NO^+ , NO^0 , NO^- . Укажите порядок связи. В какой из частиц связь будет самой прочной? Какая из частиц – NO^+ , NO или NO^- - характеризуется наименьшей длиной связи? Каковы их магнитные свойства?
35. Что можно сказать о закономерностях изменения свойств (каких?) в ряду O_2^{2-} , O_2^- , O_2 , O_2^+ ?
36. Объясните с позиций МВС и ММО изменение энергии диссоциации в ряду молекул F_2 (155 кДж/моль) – O_2 (493 кДж/моль) – N_2 (945 кДж/моль). Каковы их магнитные свойства?
37. Энергия диссоциации молекул N_2 и CO равна соответственно 945 и 1071 кДж/моль. Объясните близость этих значений с позиций МВС и ММО. Почему в CO энергия диссоциации несколько выше?
38. Каковы магнитные свойства молекулы CN и иона CN^- ? Какая молекула изоэлектронна иону CN^- ? Какие выводы при этом можно сделать?
39. Руководствуясь положением элементов в периодической системе, расположите следующие вещества в порядке возрастания ионности связи «элемент – хлор»: BCl_3 , LiCl , CCl_4 , BeCl_2 .
40. Электроотрицательности водорода и фосфора одинаковы [$\text{OЭО}(\text{H}) = \text{OЭО}(\text{P}) = 2,1$]. Можно ли утверждать, что молекула фосфина PH_3 неполярна?

41. Расположите вещества каждого набора в порядке возрастания доли ионной связи: а) NaI, NaF, NaCl, NaBr; б) MgBr₂, SiBr₄, NaBr, AlBr₃; в) MgO, MgS, MgSe, MgTe; г) CaCl₂, CaS, Ca₃P₂.
42. Назовите наиболее ионные соединения в рядах а) фторидов щелочных металлов; б) галогенидов калия; в) фторидов элементов III периода. Ответ обоснуйте.
43. В чем смысл концепции поляризации ионов? От каких факторов зависит поляризующее действие катиона и поляризуемость аниона? К каким результатам приводит поляризация ковалентной связи и поляризация ионов?
44. Почему чисто ионная связь не существует в отличие от чисто ковалентной?
45. Ионную связь в принципе можно рассматривать как предельный случай полярной ковалентной связи (при очень большой разности электроотрицательностей взаимодействующих атомов). Почему в таком случае координационные числа в ионных кристаллах высокие, а в кристаллах с полярной ковалентной связью – низкие?
46. Чем различаются понятия валентность и степень окисления?
47. В кристалле NaCl координационные числа натрия и хлора равны 6, а в кристалле CsCl они равны 8. Как объяснить, что два однотипных соединения, образованных элементами-аналогами, имеют различное кристаллохимическое строение?
48. Как и почему изменяется температура плавления в ряду CsF -- CsCl - CsBr - CsI?
49. K₂CO₃ плавится без разложения при 890 °C, Ag₂CO₃ разлагается уже при 220 °C. Объясните различие в термической устойчивости этих солей.
50. BaCl₂ практически полностью диссоциирован в водных растворах, а HgCl₂ диссоциирован в крайне малой степени. Чем можно объяснить указанное различие?

51. Как Вы думаете, у какого соединения – SrF_2 или PbF_2 - температура плавления должна быть выше?
52. Какое соединение термически более устойчиво – MgCO_3 или ZnCO_3 ? С каких позиций это можно объяснить?
53. Как и почему изменяются кислотно-основные свойства в ряду гидроксидов элементов III периода?
54. Что можно сказать о сравнительной силе кислот H_3AsO_3 и H_3AsO_4 ?
55. Для элемента ванадия известны гидроксиды, отвечающие степеням окисления +2, +3 и +5. Напишите их формулы и охарактеризуйте кислотно-основные свойства.
56. Для олова известны гидроксиды, отвечающие степеням окисления +2 и +4. Что можно сказать об их кислотно-основных свойствах?
57. Каков характер и как изменяются свойства гидроксидов, отвечающих степеням окисления: а) хлора +1, +3, +5 и +7; б) марганца +2, +3, +4, +6, +7?
58. Для элемента нептуния Np известны степени окисления +2, +3, +6, +7. Напишите формулы и охарактеризуйте кислотно-основные свойства гидроксидов нептуния в этих степенях окисления.
59. В чем отличие металлической связи от ковалентной и ионной? В чем сходство между ними? В чем специфика металлической связи?
60. Пар натрия состоит из молекул Na_2 . Какова здесь природа химической связи?
61. Почему в металлических кристаллах наблюдаются более высокие координационные числа, чем в ионных кристаллах?
62. Кристаллы солей легко растрескиваются под действием деформирующей силы, а металлы при этом изменяют форму, не давая трещин. Объясните это различие.

63. Может ли металлическая связь наблюдаться в жидком и газообразном агрегатном состоянии?
64. Почему существует понятие «общие свойства металлов», но нет понятия «общие свойства неметаллов»?
65. М.В.Ломоносов в середине XVIII в. определял металл как «светлое тело, которое ковать можно». В какой мере это определение согласуется с современными представлениями о металлах с учетом природы металлической связи?
66. Кристаллический цезий (ОЦК-решетка), плавится при 28,5 °С, а вольфрам (самый тугоплавкий металл), имеющий такую же структуру – около 3400 °С. Чем можно объяснить указанное различие?
67. Какой металл является самым тугоплавким среди 3d-элементов? С чем это связано?
68. В чем принципиальное различие между металлами, с одной стороны, и полупроводниками и диэлектриками – с другой, с точки зрения зонной теории?
69. Какие свойства характерны для веществ с ковалентной, ионной и металлической связью? Как эти свойства определяются природой связи?
70. Для каждого из следующих твердых веществ укажите физические свойства с типом химической связи: а) хлорид натрия, б) алмаз, в) лед, г) медь.
71. В чем заключаются особенности образования водородной связи?
72. Как сказывается наличие водородной связи на строении и свойствах вещества?
73. Какие факты указывают на то, что водородная связь не может быть объяснена на основе остаточных электростатических взаимодействий между молекулами?
74. Могут ли одноосновные кислоты образовывать кислые соли? Если "да", то какие и почему?

75. Какое влияние оказывает водородная связь на свойства NH_3 , H_2O , HF ? Почему?
76. Почему лед плавает в жидкой воде?
77. Чем объясняется хорошая растворимость аммиака и фтороводорода в воде? Как объяснить, что водный раствор NH_3 обладает основными свойствами, а водный раствор HF – кислотными?
78. Каковы главные вклады в межмолекулярное взаимодействие? От каких факторов они зависят?
79. Энергия индукционного и дисперсионного взаимодействия не зависит от температуры. Как объяснить, что и при преобладании этих эффектов при повышении температуры взаимодействие ослабляется?
80. Как будут проявляться силы электростатического взаимодействия и межмолекулярного взаимодействия при одинаковом расстоянии между взаимодействующими объектами?
81. Какой газ хуже всего растворим в воде и почему?
82. В ряду $\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{S} - \text{H}_2\text{Se} - \text{H}_2\text{Te}$ дипольные моменты молекул монотонно уменьшаются, а $\Delta H_{\text{исп}}$ соответственно равны 41, 19, 20 и 29 кДж/моль. Объясните данные закономерности.
83. Температуры кипения NF_3 , PF_3 , AsF_3 соответственно равны 144, 178 и 336 К. Объясните данную закономерность в изменении температур кипения.
84. Ионность связи в ряду молекул $\text{HF} - \text{HCl} - \text{HBr} - \text{HI}$ закономерно уменьшается, а температуры кипения равны соответственно 19,5; -85,6; -66,7; -35,6°C. Объясните немонотонность в изменении температур кипения.
85. Даны температуры плавления в ряду галогенидов натрия и галогенидов водорода:
 Соединение: NaF NaCl NaBr NaI HF HCl HBr HI

$t_{пл}, ^\circ\text{C}$: 995 800 750 662 -83,2 -114,2 -87,2 -
50,8

Объясните наблюдаемые закономерности.

86. Как и почему изменяются температуры плавления и кипения в ряду $\text{SiF}_4 - \text{SiCl}_4 - \text{SiBr}_4 - \text{SiI}_4$?
87. Почему при обычных условиях фтор и хлор – газы, бром – жидкость, а иод – кристалл?
88. В ряду $\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{S} - \text{H}_2\text{Se} - \text{H}_2\text{Te}$ дипольный момент составляет соответственно (5,13; 3,10; 1,43; 0,81)· 10^{-30} Кл·м, а скрытые теплоты испарения (количество теплоты, необходимое для перевода 1 моль жидкости в пар) составляют 40,7; 18,7; 19,9; 23,4 кДж/моль. Почему при монотонном изменении μ немонотонно изменяется теплота испарения? Объясните наблюдаемый ход изменения.
89. Какой из двух газов – кислород или азот – лучше растворим в воде при одинаковых условиях и почему?
90. Ниже приведены температуры кипения благородных газов (в К):
- | | | | | | |
|-----|------|------|-------|-------|-------|
| He | Ne | Ar | Kr | Xe | Rn |
| 4,2 | 27,1 | 87,3 | 120,9 | 166,0 | 211,4 |
- Чем объясняется повышение $T_{кип}$ с возрастанием порядкового номера благородного газа?
91. Почему первые представители гомологического ряда предельных углеводородов – газы, а уже первый представитель одноатомных спиртов – жидкость?
92. Часто говорят, что с увеличением молекулярной массы температуры плавления и кипения в рядах гомологов или молекулярных соединений-аналогов закономерно повышаются. Чем обусловлен этот эффект? При чем здесь молекулярная масса?

4. Элементы химической термодинамики

1. Чем различаются термодинамический и кинетический подходы к изучению химических процессов?

2. Существует два научно-логических метода: *дедуктивный* - когда общие закономерности способствуют решению частных проблем, и *индуктивный* - когда на основании обобщения результатов решения частных задач формируются общие законы или закономерности. Как Вы думаете - какой из этих методов, в основном, использует термодинамика как научная дисциплина?
3. Что такое термодинамическая система? Как классифицируются термодинамические системы по характеру массо- и энергообмена с окружающей средой (примеры)? Какое сочетание этих характеристик исключается из рассмотрения и почему? На основании последнего ответа дайте *достаточные* определения систем в возможных случаях.
4. Можно ли изучать изолированную систему экспериментально и почему?
5. Как описывается в термодинамике состояние системы? Что такое параметры и функции состояния? Каким математическим требованиям должны удовлетворять функции состояния?
6. Какие из перечисленных ниже характеристик термодинамических систем являются функциями состояния, а какие – нет: S , H , V_M , A , F , G , Q .
7. Система состоит из трех веществ: А, В и С. Известно, что значения температуры А и В, а также В и С одинаковы. Что можно сказать в этом случае о температурах веществ А и С?
8. Какие Вам известны формулировки первого начала термодинамики? Для каких систем этот закон строго соблюдается? Почему он не соблюдается для других систем?
9. Можно ли точно определить внутреннюю энергию системы?
10. Как называются системы, для которых суть первого начала термодинамики можно выразить следующими соотношениями:
а) $\Delta U = Q$, б) $\Delta U = -A$, в) $\Delta U = 0$, г) $\Delta U = Q - A$, д) $\Delta U \neq 0$.
11. Чем различаются полная и внутренняя энергии системы? Чем различаются внутренняя энергия и энтальпия? Для каких

процессов можно считать изменение энтальпии примерно равным изменению внутренней энергии?

12. Химический процесс, протекающий при постоянном давлении, сопровождается изменением объема газообразных веществ, причем: а) объем исходных веществ превышает объем продуктов, б) объем продуктов превышает объем исходных веществ. Укажите, в каком случае совершенная механическая работа будет положительной, а в каком – отрицательной.
13. Зависит ли тепловой эффект химической реакции от условий ее проведения?
14. Какая из двух функций состояния - ΔU или ΔH - более применима для изучения химических реакций и почему? Дайте обоснованный ответ, приведите примеры.
15. Для реакции $\text{H}_{2(\text{r})} + \text{Br}_{2(\text{r})} = 2 \text{HBr}_{(\text{r})}$ измерены величины теплового эффекта при постоянном объеме (Q_V) и постоянном давлении (Q_P). Одинаковыми или разными будут величины тепловых эффектов? Изменению каких термодинамических функций отвечают тепловые эффекты Q_V и Q_P ?
16. Каков физический смысл универсальной газовой постоянной R ?
17. Как Вы думаете, почему закон Лавуазье – Лапласа имеет самостоятельное название, хотя в действительности он является прямым следствием закона сохранения энергии?
18. При каких специальных условиях справедлив закон Гесса? Как Вы думаете, почему Гесс, вообще не зная, что надо оговаривать и соблюдать эти условия, тем не менее, правильно открыл этот закон?
19. Как Вы ответите на вопрос – почему вообще справедлив закон Гесса? Что он, в сущности, утверждает, с учетом определений для Q_P и Q_V ?
20. Что такое термохимическое уравнение?
21. Почему различаются знаки тепловых эффектов в термодинамической и термохимической системе знаков?

22. Как можно различить в записи термохимическую и термодинамическую шкалы тепловых эффектов реакций?
23. Какие из фазовых переходов будут экзотермическими, а какие – эндотермическими: $\text{Hg(ж)} \rightarrow \text{Hg(г)}$; $\text{Na(т)} \rightarrow \text{Na(ж)}$; $\text{Br}_2(\text{г}) \rightarrow \text{Br}_2(\text{ж})$; $\text{S(ромб)} \rightarrow \text{S(г)}$?
24. Дайте определение стандартной энтальпии образования соединения, стандартного состояния, стандартных условий. Почему стандартные энтальпии образования простых веществ принимаются равными нулю?
25. Пусть $\Delta H_{f,298}^0(\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{к})) = -365$ кДж/моль. Запишите уравнение реакции, для которой эта величина является тепловым эффектом.
26. Стандартные энтальпии образования Ca(OH)_2 , KClO_3 , HCN равны соответственно -986 , -391 и 135 кДж/моль. Что это означает в каждом случае?
27. В сосуде, разделенном вертикальной перегородкой, в левой части находится газ А с энтропией S_A , в правой части - газ В с энтропией S_B при условии постоянства температуры $T = \text{const}$ и равенства количества газов $\nu_A = \nu_B = \text{const}$. После удаления перегородки газы равномерно смешались. Укажите, чему равна энтропия смеси газов: а) $S > S_A + S_B$; б) $S = S_A + S_B$; в) $S < S_A + S_B$; г) $S = S_A + S_B$. Дайте обоснованный ответ.
28. В сосуде, разделенном вертикальной перегородкой, в обеих частях находятся одинаковые количества газа А с энтропией каждой части газа S_A при условии постоянства температуры $T = \text{const}$. После удаления перегородки газ равномерно смешался. Укажите, чему равна энтропия всего объема газа S : а) $S = 2S_A$; б) $S = S_A$; в) $S > S_A$; г) $S < S_A$. Дайте обоснованный ответ.
29. Какие реакции называются самопроизвольно протекающими и что способствует их самопроизвольному протеканию?
30. Сформулируйте критерий самопроизвольно протекающего процесса в изолированной системе.

31. Какой из двух процессов – плавления и кристаллизации – является самопроизвольным? Оба? Ни один из них? Дайте объяснение.
32. С одной стороны, стремление системы к порядку термодинамически выгодно, с другой стороны – стремление к беспорядку термодинамически более вероятно. Как в термодинамике находится компромисс между этими противоположными требованиями?
33. Проанализируйте уравнение $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$ и укажите, как зависит ΔG от температуры, если: а) $\Delta S < 0$, б) $\Delta S > 0$, в) $\Delta S = 0$.
34. Для каких систем изменение свободной энергии Гиббса является критерием самопроизвольного протекания реакции? Каков этот критерий в изолированной системе и в закрытой системе при $\Delta S = 0$?
35. Чем различаются свободные энергии Гиббса и Гельмгольца? Для каких систем и процессов этими различиями можно пренебречь?
36. Почему изменение свободной энергии и энтропии в результате реакции можно рассчитать так же, как и изменение энтальпии? На чем основан такой расчет?
37. Почему в справочниках при термодинамической характеристике соединений приводятся *изменения* энтальпии и свободной энергии образования ($\Delta H, \Delta G$), но *абсолютные* значения энтропии?
38. Как с точки зрения термодинамики объяснить протекание реакций:
а) $\text{Fe}_{(т)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(г)} = \text{FeO}_{(т)}$, ($\Delta S < 0$); б) $\text{NH}_4\text{NO}_{2(т)} = \text{N}_{2(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(г)}$, ($\Delta H > 0$)?
39. В чем состоит «ошибка» Бергло? Для каких процессов «принцип Бергло» все же имеет место?
40. Когда возможно протекание эндотермических реакций?
41. Возможно ли протекание эндотермической реакции, сопровождающейся уменьшением энтропии, и при каких условиях?

42. Какие из значений изменения функций состояния являются критериями состояния равновесия в закрытой системе и в изолированной системе ($P, T = \text{const}$): а) $\Delta H = 0$; б) $\Delta S = 0$; в) $\Delta G < 0$; г) $\Delta G = 0$; д) $\Delta S > 0$?
43. Дайте термодинамический критерий заведомо необратимой реакции и заведомо термодинамически невозможной реакции при любых условиях.
44. Можно ли осуществить термодинамически невозможную в данных условиях реакцию и не осуществить термодинамически возможную?

5. Химическая кинетика. Химическое равновесие

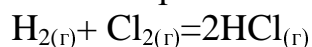
1. Что изучает химическая кинетика? Какие две главные части она включает?
2. Какие Вы знаете варианты классификации химических реакций с кинетической точки зрения?
3. Чем принципиально различаются гомогенные и гетерогенные реакции?
4. Что такое скорость химической реакции? Какова ее размерность?
5. В каких случаях истинная скорость в данный момент времени совпадает со средней скоростью за промежуток времени?
6. Что означает знак «минус» в определении скорости $v = -dC / dt$? Может ли скорость химической реакции быть отрицательной?
7. От каких факторов зависит скорость химической реакции: а) гомогенной; б) гетерогенной? Укажите, по крайней мере, **пять** факторов, которые оказывают влияние на скорость химической реакции.
8. В чем смысл закона действия масс?
9. Каков физический смысл константы скорости реакции?

10. Какие факторы влияют на величину константы скорости?
11. Что такое порядок и молекулярность реакции? Какое из этих понятий относится к формальной кинетике, а какое характеризует механизм протекания реакции?
12. Какие значения могут принимать порядок и молекулярность реакций? Приведите примеры.
13. В каких случаях порядок и молекулярность реакций совпадают?
14. Как зависит концентрация от времени для реакций нулевого порядка? Изобразите график изменения концентрации от времени: а) исходного вещества, б) продукта реакции, если порядок реакции по данному веществу равен нулю.
15. Как на практике изучают кинетику химических реакций?
16. Среди экспериментальных методов определения порядка реакции по одному из реагирующих веществ можно назвать следующий. По полученным из опыта данным строится зависимость скорости реакции от концентрации данного вещества, взятой в различных целочисленных степенях. Как, на Ваш взгляд, должна выглядеть графическая зависимость $v = f(C_A^n)$ в том случае, когда показатель степени совпадет с величиной порядка реакции?
17. Что такое сложные реакции? Что такое параллельные, последовательные и сопряженные химические реакции?
18. Как определяется скорость накопления промежуточного вещества в системе последовательных реакций?
19. Что такое лимитирующая стадия процесса? В каких случаях правомерно использование этого понятия?
20. Чем можно объяснить известное правило Вант-Гоффа о температурном коэффициенте скорости химической реакции? Что такое энергия активации? Почему не любое столкновение частиц эффективно? Можете ли Вы привести примеры реакций, протекающих практически по безактивационному механизму?

21. Справедливо ли утверждение: чем больше энергия активации, тем меньше скорость химической реакции, чем ниже энергия активации, тем скорость химической реакции выше?
22. Как надо поставить кинетический эксперимент, чтобы определить энергию активации реакции?
23. Если для двух реакций: а) одинаковы концентрации реагирующих веществ и температура, то чем определяется различие в скоростях реакций; б) одинаковы константы скорости, то при каких условиях будут одинаковыми их скорости?
24. Могут ли две реакции протекать с разной скоростью при одной температуре, если они характеризуются одинаковыми значениями E_a ? Ответ подтвердите графиками (какими?).
25. Дайте определение обратимой реакции. Как достигается химическое равновесие? Какие существуют подходы к определению этого состояния системы?
26. Одинаковы или различны значения констант скоростей для прямой и обратной реакции? Ответ поясните на примерах.
27. Как изменяются скорости прямой и обратной реакции во времени от начала реакции? Чем обусловлена эта зависимость?
28. По каким экспериментальным данным можно судить о наступлении химического равновесия?
29. Что такое константа равновесия? Как Вы думаете, почему константа равновесия не зависит от концентраций реагентов?
30. При каком соотношении констант прямой и обратной реакции в системе: $A + B \leftrightarrow C + D$ равновесные концентрации всех реагирующих веществ будут одинаковыми?
31. В чем сходство и в чем различие между соотношениями, определяющими температурную зависимость константы скорости и константы равновесия?
32. Равновесная система с данным значением константы равновесия K_C переходит в другое состояние равновесия со значением K_C' .

Какой термодинамический параметр состояния системы для этого изменяют?

33. Известны значения константы равновесия реакции



для трех температур: $K_c = 3,2 \times 10^{16}$ (300 К); $K_c = 2,5 \times 10^8$ (600 К); $K_c = 5,5 \times 10^5$ (900 К). Исходя из этих данных, определите знак ΔH реакции для интервала температур 300 - 900 К.

34. На основании энергетической диаграммы реакции ответьте на следующие вопросы: 1) в чем заключается различие между термодинамическим и кинетическим подходами к описанию химических реакций; 2) почему не все термодинамически возможные реакции осуществляются в действительности; 3) как с этих позиций проиллюстрировать закон Гесса; 4) в чем с этой точки зрения смысл действия катализаторов и ингибиторов?

35. Как влияет катализатор на тепловой эффект химической реакции? Ответ пояснить при помощи энергетической диаграммы.

36. Катализ – это понятие термодинамическое или кинетическое? Ответ аргументировать.

37. Укажите сходства и различия в протекании гомогенных и гетерогенных каталитических реакций.

38. Как с позиций энергетической диаграммы объяснить, что в случае гетерогенного катализа снижается энергия активации и прямой, и обратной реакции?

39. Можно ли с использованием катализатора повысить выход целевого продукта? Если нет – то зачем вообще нужен катализатор?

40. Каково ограничение применимости принципа Ле Шателье?

41. Объясните, используя известные Вам соотношения, почему, в соответствии с принципом Ле Шателье, повышение температуры смещает равновесие в сторону эндотермической реакции, а понижение – в сторону экзотермической.

42. Нет ли внутреннего противоречия в утверждении: «изменение концентраций реагентов смещает положение равновесия потому, что константа равновесия от концентраций не зависит»?
43. Какие существуют способы сдвига равновесия, например, вправо за счет влияния концентраций реагентов? Приведите примеры.
44. Может ли реализоваться случай, когда состояние равновесия не зависит: а) от температуры; б) от давления; в) от концентраций реагентов?
45. Даны две реакции, протекающие при температуре 400 °С:
 $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$; $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O_{(г)}$. Как можно оценить влияние давления на эти процессы?
46. Влияет ли давление на равновесие при получении «водяного генераторного газа» при 800 °С: $C_{(тв)} + H_2O_{(г)} \leftrightarrow CO + H_2$?

Составители: Угай Яков Александрович, Миттова Ирина Яковлевна,
Яценко Олег Борисович, Пшестанчик Валерий Рафаилович,
Прокин Александр Николаевич, Лаврушина Светлана Семеновна,
Самойлов Александр Михайлович, Томина Елена Викторовна

Редактор Бунина Т.Д.