

Практическое занятие № 10

Химия воды

Примеры решения задач

Пример 1. Определите пространственную структуру молекулы H_2S . Объясните почему валентный угол чуть больше 90° ?

Решение. Ковалентные связи в молекуле H_2S образуются перекрыванием двух p -орбиталей атома серы с двумя s -орбиталями двух атомов водорода (рис. 1). Вследствие пространственной ориентации p -орбиталей атома серы молекула H_2S имеет угловую структуру. Из-за незначительного размера атома серы области повышенной электронной плотности сильнее отталкиваются и угол увеличивается (по сравнению с аналогами серы – селеном и теллуром).

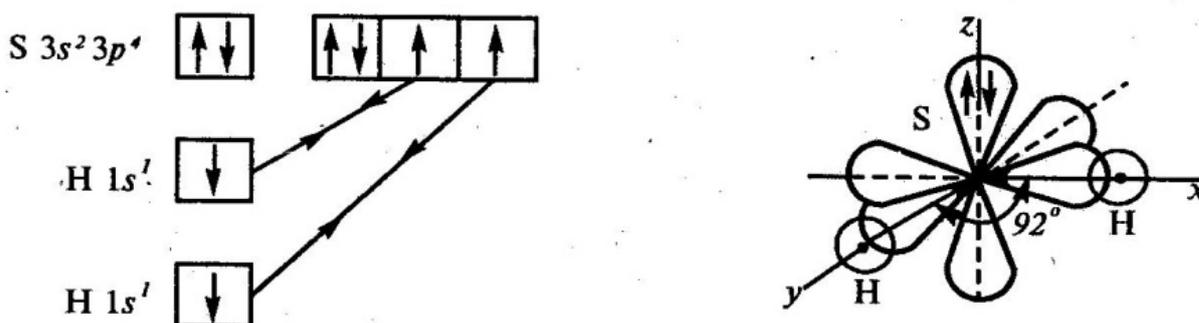


Рис. 1. Электронная схема образования молекулы H_2S

Пример 2. Объясните одинакова ли полярность молекул SbH_3 и BH_3 .

Решение. Для оценки полярности молекулы используют величину электрического момента диполя молекулы $\mu_{\text{м}}$, равную векторной (геометрической) сумме электрических моментов диполей всех связей $\mu_{\text{св}}$ (и неподеленных электронных пар). У неполярных молекул эта сумма равна нулю ($\mu_{\text{м}}=0$), у полярных больше 0 ($\mu_{\text{м}}>0$).

Связи в молекуле SbH_3 образуются перекрыванием трех p -орбиталей атома сурьмы ($5s^2 5p^3$) с тремя s -орбиталями трех атомов водорода ($1s^1$) (рис. 2а). Поскольку $3p$ -облака ориентированы в трех взаимно перпендикулярных направлениях (по осям x , y , z), то связи в образовавшейся молекуле SbH_3 направлены от вершин тригональной пирамиды, в которой находится атом сурьмы, к ее основанию, в вершинах которого находятся атомы водорода. Следовательно, молекула SbH_3 имеет пирамидальную структуру (рис. 2б).

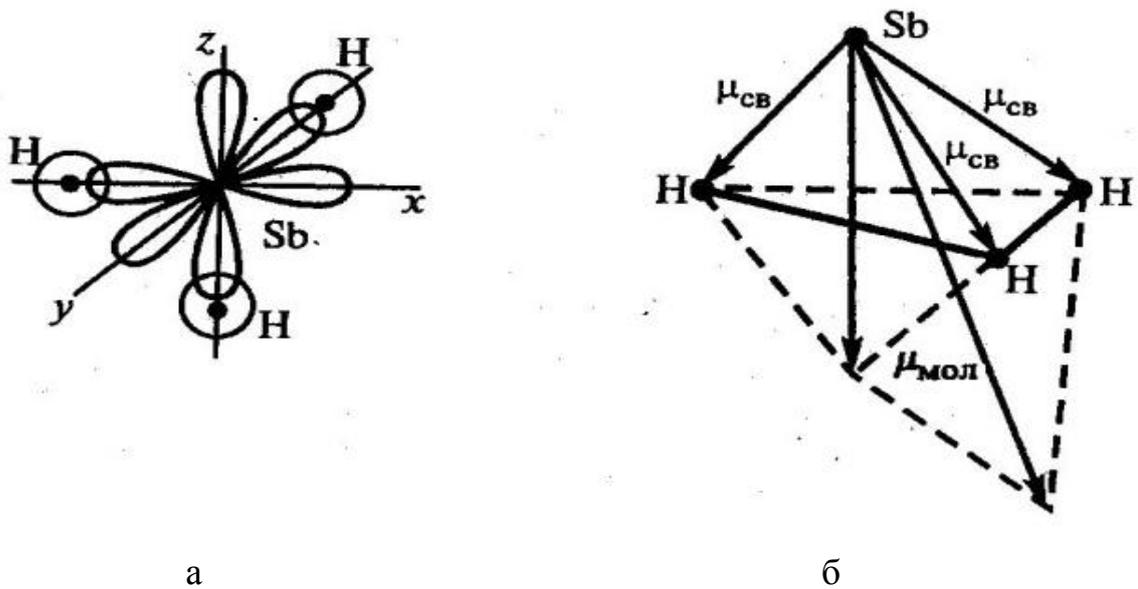


Рис. 2. Электронная схема образования и геометрическая структура молекулы SbH₃

Сумма векторов моментов диполей всех связей в молекуле SbH₃ не равна нулю, следовательно, молекула в целом полярна.

Ковалентные полярные связи в молекуле BH₃ образуются перекрыванием трех гибридных орбиталей атома бора ($2s^1 2p^2$) с s-орбиталями трех атомов водорода. Гибридные связи направлены под углом 120° (рис. 3а). Ядра всех взаимодействующих атомов лежат в одной плоскости.

Молекула имеет структуру плоского треугольника. Векторная сумма электрических моментов диполей связей в молекуле равна нулю, следовательно молекула BH₃ неполярна (рис. 3б).

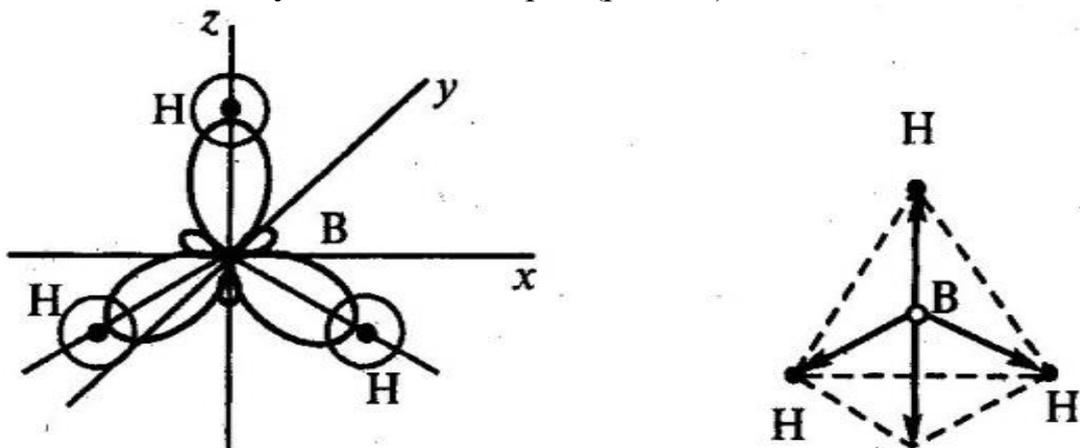


Рис. 3. Электронная схема образования и геометрическая структура молекулы BH₃.

Пример 3. Объясните закономерность увеличения температуры кипения в ряду бинарных соединений: NH_3 , HF , H_2O .

Решение. В данном ряду между молекулами помимо вандерваальсовых сил действуют водородные связи, возникающие между протоном H^+ одной молекулы и электроотрицательным элементом (N, F, O). Меньшую температуру кипения в аммиаке по сравнению с водой можно объяснить образованием менее прочных водородных связей, так как азот менее электроотрицателен, чем кислород, и молекула NH_3 имеет только одну неподеленную пару электронов, способную оттягивать протон от соседней молекулы. Кислород имеет две неподеленные пары электронов. Вместе с тем HF тоже не столь прочно связан водородными связями, как H_2O , несмотря на большую электроотрицательность фтора по сравнению с кислородом и наличие у фтора трех неподеленных пар электронов. Молекулы HF содержат по одному атому водорода, который может использоваться для образования водородных связей. Поэтому молекулы HF не столь прочно связаны водородными связями, как молекулы воды, кислород которых имеет две неподеленные пары электронов и каждая молекула содержит по два атома водорода для образования водородных связей.

Контрольные задания

4-1. Определите, при каких температурах при стандартном давлении термодинамически возможно разложение воды на водород и кислород.

4-2. Правильно ли утверждение, что 1 моль воды при 273 К занимает объем 22,4 л? Ответ обоснуйте.

4-3. Жидкая вода – это результат ассоциации молекул воды. Как это можно объяснить?

4-4. Объясните какие химические связи ответственны за тетраэдрическую структуру воды в твердом состоянии.

4-5. Как будет изменяться электропроводность дистиллированной воды при длительном хранении ее в открытой бутылке? Какие процессы ответственны за эти изменения? Запишите уравнения химических процессов, объясняющих изменения в характеристиках дистиллированной воды.

4-6. Запишите процессы, происходящие при электролизе воды на инертных электродах. Как можно объяснить свойства воды в одном процессе выступать в роли и окислителя и восстановителя?

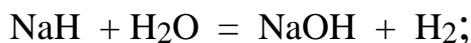
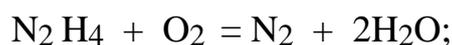
4-7. Чем объясняется полярный характер связей в молекуле воды? Почему электропроводность дистиллированной воды намного меньше электропроводности природной воды? Какую воду используют для электролиза?

4-8. Поясните, почему молекулу воды называют диполем.

4-9. Объясните какую пространственную структуру имеют молекулы воды. Почему валентный угол НОН больше 90 °С?

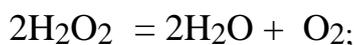
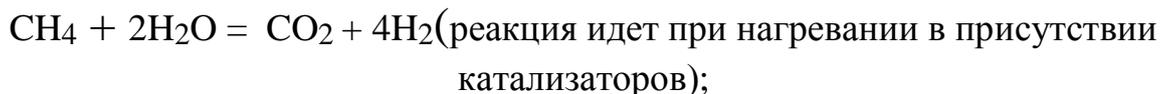
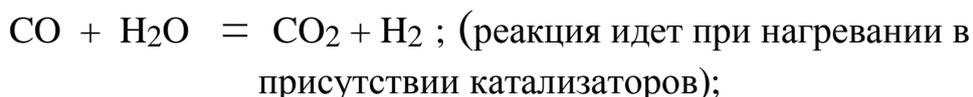
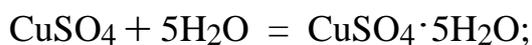
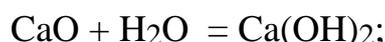
4-10. Воду относят к самоионизирующим растворителям. Поясните эту характеристику, и чем она обусловлена.

4-11. Среди приведенных процессов выберите реакции, которые не являются окислительно - восстановительными:



Для каждой из выделенных реакций укажите ее тип.

4-12. Укажите каким критерием следует пользоваться, чтобы среди приведенных процессов выделить реакции, которые не являются окислительно-восстановительными?



Для каждой из выделенных реакций укажите ее тип.

4-13. Углекислый газ, растворяясь в воде, образует слабую угольную кислоту, которая обратимо диссоциирует по двум ступеням с образованием двух видов анионов. Между угольной кислотой и ее анионами устанавливается равновесие, называемое углекислотным. Выразите словесные описания всех процессов соответствующими уравнениями реакций. Назовите анионы угольной кислоты.

4-14. Какие воздействия смещают углекислотное равновесие, делая воду агрессивной? Поясните эту характеристику воды.

4-15. Воду, в которой сосуществуют частицы углекислотного равновесия, называют либо стабильной, либо агрессивной. Поясните эти характеристики воды, используя уравнения углекислотного равновесия.

4-16. Какие воздействия вызывает нагревание воды, в которой установилось углекислотное равновесие? Объясните ожидаемые процессы, запишите соответствующие уравнения реакций.

4-17. Какие изменения вызовет добавление гашеной извести в воду, в которой установилось углекислотное равновесие? Запишите уравнения реакций, которые были в системе до и после прибавления гидроксида кальция.

4-18. Установите термодинамические характеристики процесса растворения твердых, жидких и газообразных веществ в воде.

4-19. Раскройте понятие: вода как лиганд в комплексных соединениях, прочность связи с комплексообразователем, проявляемая дентатность.

5. Технологические показатели качества воды

Контрольные задания

5-1. Дайте характеристику показателям воды, указанным в Вашем задании. Какая количественная величина при этом экспериментально определяется?

Жесткость воды.

5-2.** Карбонатная жесткость воды.

5-3.** Некарбонатная жесткость воды.

5-4.** Кислотность (реакция среды).

5-5.** Щелочность воды.

5-6.** Солесодержание воды.

5-7.** Окисляемость воды.

5-8.** Временная жесткость воды.

5-9.** Постоянная жесткость воды.

5-10.** Биохимическая потребность в кислороде.

5-11.** Цветность воды.

5-12**. Запах воды.

5-13**. Взвешенные вещества в воде.

5-14**. Сухой осадок.

5-15**. Прокаленный остаток.

5-18**. Прозрачность воды.

5-19**. Содержание хлорид-ионов в воде.

5-20**. Содержание кислорода в воде.

** - см. условие задачи **5-1**.