

Лекция 4.

Межмолекулярные взаимодействия

Лектор – доцент кафедры общей и неорганической химии Тюменова Светлана Ивановна

Типы межмолекулярных взаимодействий

- Вандерваальсовы силы
- Водородная связь



И. Ван дер Ваальс
голландский ученый,
лауреат Нобелевской
премии 1910 г.

Ван-дер-ваальсова связь

наиболее универсальный вид межмолекулярной связи, обусловлен

ориентационным взаимодействием,

(постоянный диполь – постоянный диполь)

индукционным взаимодействием,

(постоянный диполь – индуцированный диполь)

дисперсионными взаимодействием.

(индуцированный диполь – мгновенный диполь)

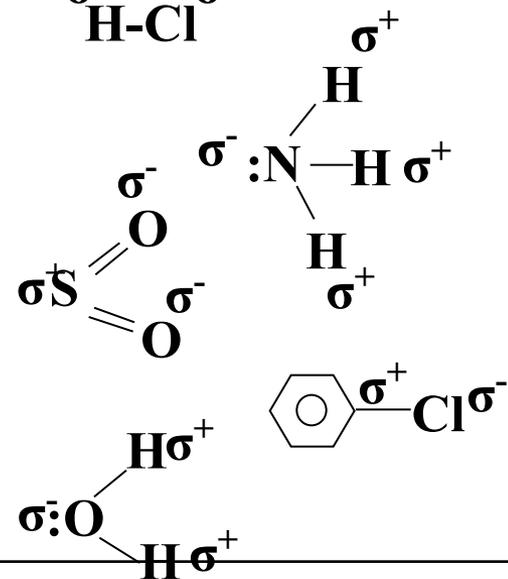
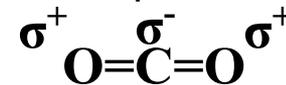
**Диполь – дипольное
притяжение осуществляется
между молекулами с
постоянными дипольными
моментами.**

**Дипольным моментом
обладают только молекулы с
полярными ковалентными
связями.**

Дипольные моменты молекул

Молекула	Дип. момент, Дебай	Структура
Аргон	Ar	0
Диоксид углерода	CO ₂	0
Хлороводород	HCl	1.05
Аммиак	NH ₃	1.48
Диоксид серы	SO ₂	1.63
Хлорбензол	C ₆ H ₅ Cl	1.67
Вода	H ₂ O	1.84

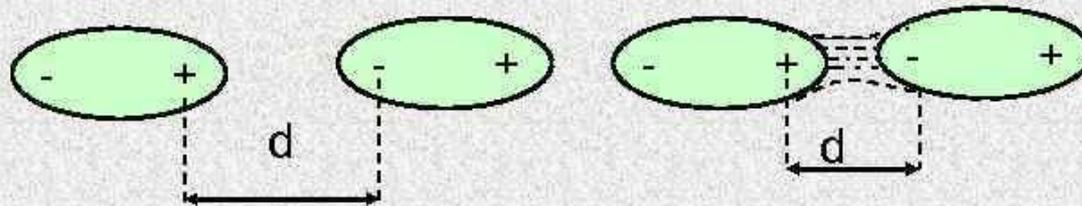
Неполярная молекула



Типы межмолекулярного взаимодействия

1. Ориентационное взаимодействие

Диполи располагаются относительно друг друга так, что положительный конец одного оказывается рядом с отрицательным концом другого.



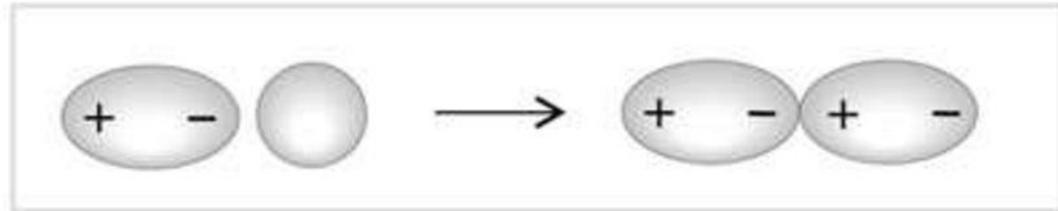
ПОСТОЯННЫЙ ДИПОЛЬ – ПОСТОЯННЫЙ ДИПОЛЬ

**Индукционное притяжение
осуществляется между полярными
молекулами и некоторыми
неполярными молекулами.**

**Оно обусловлено возникновением у
неполярной молекулы **индуцированного**
(наведенного) диполя под влиянием
полярной молекулы**

Индукционное взаимодействие.

Диполи могут воздействовать на неполярные молекулы, превращая их в индуцированные (наведенные) диполи. Между постоянными и наведенными диполями возникает притяжение.



Энергия индукционного взаимодействия возрастает с увеличением **поляризуемости** молекул, т.е. способности молекулы к образованию диполя под воздействием электрического поля.

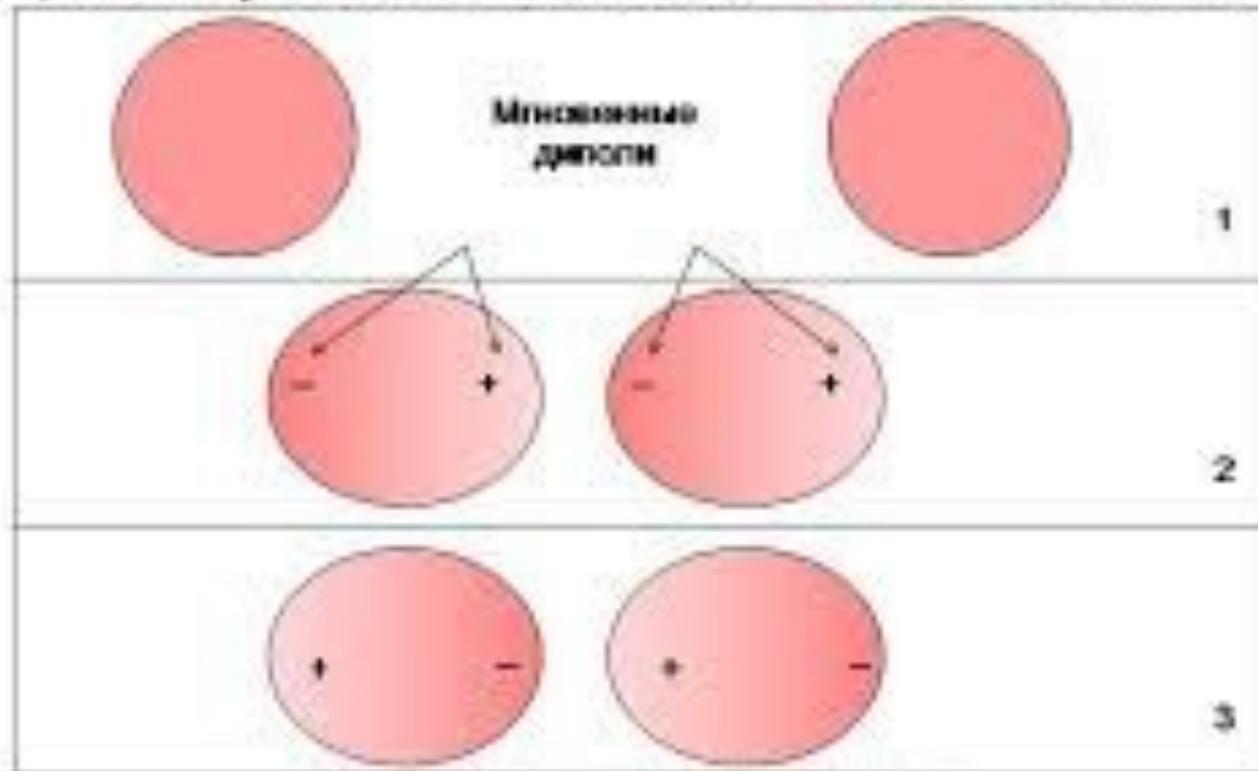
ПОСТОЯННЫЙ ДИПОЛЬ – ИНДУЦИРОВАННЫЙ ДИПОЛЬ

Дисперсионное притяжение

возникает в результате мгновенных флуктуаций электронной плотности в молекулах.

Электронные облака искажаются, что приводит к появлению в молекуле мгновенного диполя, который способен индуцировать диполь в соседней молекуле. (Ф.Лондон)

Дисперсионное взаимодействие

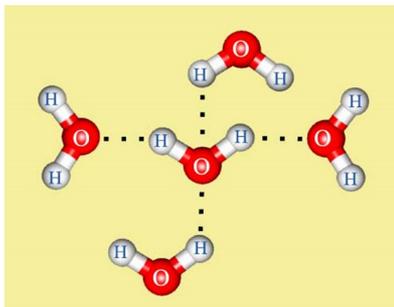


Характерно для неполярных веществ
Сила пропорциональна полярности

индуцированный диполь – мгновенный диполь

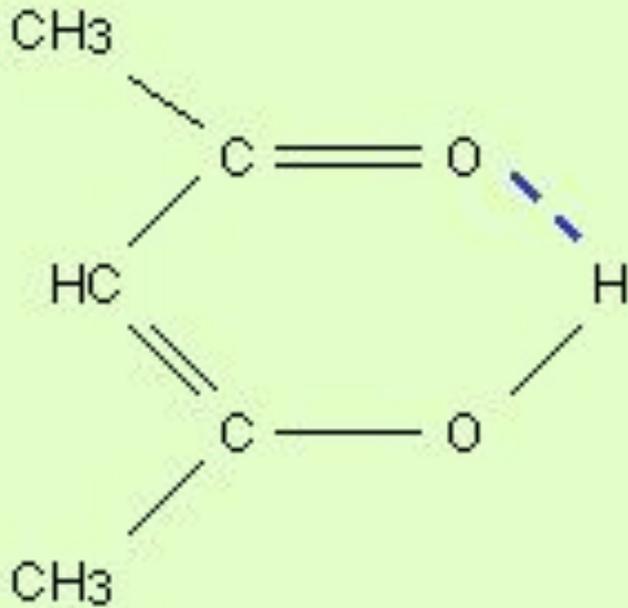
Водородная связь -

**сила притяжения, возникающая
между атомом водорода и
электроотрицательным атомом**

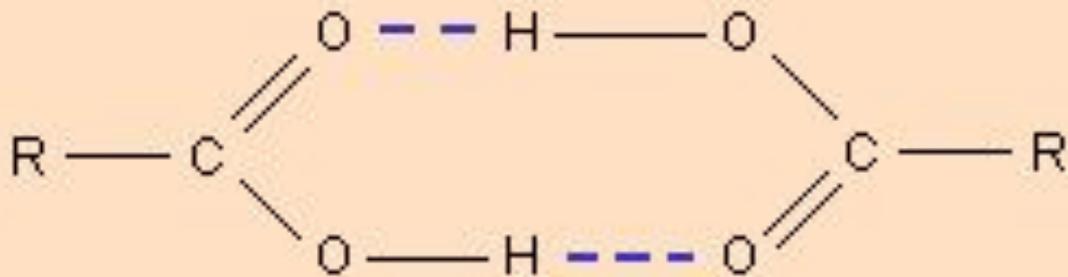


Водородная связь

Ее образование обусловлено тем, что в результате сильного смещения электронной пары к электроотрицательному атому, атом водорода, обладающий эффективным положительным зарядом, может взаимодействовать с другим электроотрицательным атомом (F, O, N, реже Cl, Br, S).



Образование
внутримолекулярной
водородной связи.



Образование
межмолекулярной
водородной связи

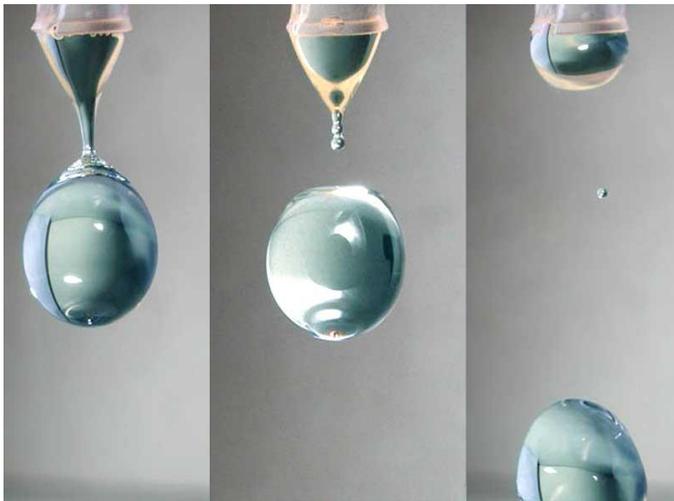
Фтороводород образует нестойкие соединения с водой по донорно-акцепторному механизму

- При низких температурах фтористый водород образует нестойкие соединения с водой состава $\text{H}_2\text{O}\cdot\text{HF}$, $\text{H}_2\text{O}\cdot 2\text{HF}$ и $\text{H}_2\text{O}\cdot 4\text{HF}$. Наиболее устойчиво из них первое ($t_{\text{пл}} -35^\circ \text{C}$), которое следует рассматривать как фторид гидроксония — $[\text{H}_3\text{O}]\text{F}$. Второе является гидрофторидом гидроксония $[\text{H}_3\text{O}][\text{HF}_2]$.

Слабые и сильные водородные связи

	Энергия связи, кДж/моль	Длина связи, нм
Слабые водородные связи (водородные связи в воде, аммиаке, метаноле)	10-30	30
Сильные водородные связи (существуют в ионах: водороддифтор-ион гидратированный $[F-H-F]^-$ гидроксид-ион $[OH-H-OH]^-$)	400	23-24

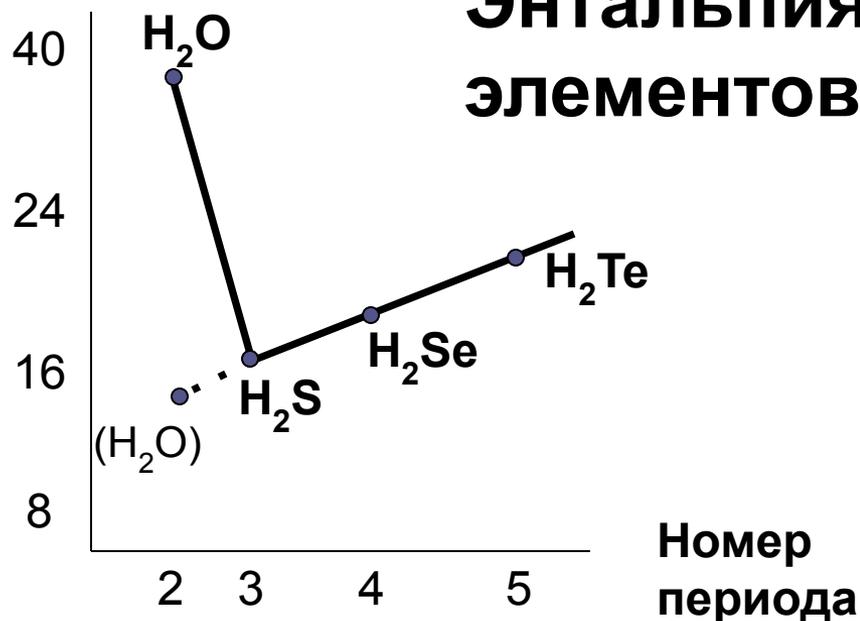
Влияние межмолекулярных сил на структуру и свойства



Диполь-дипольное притяжение обуславливает втягивание молекул воды с поверхности внутрь жидкости, капли сферической формы и объясняет существование вогнутого мениска воды.

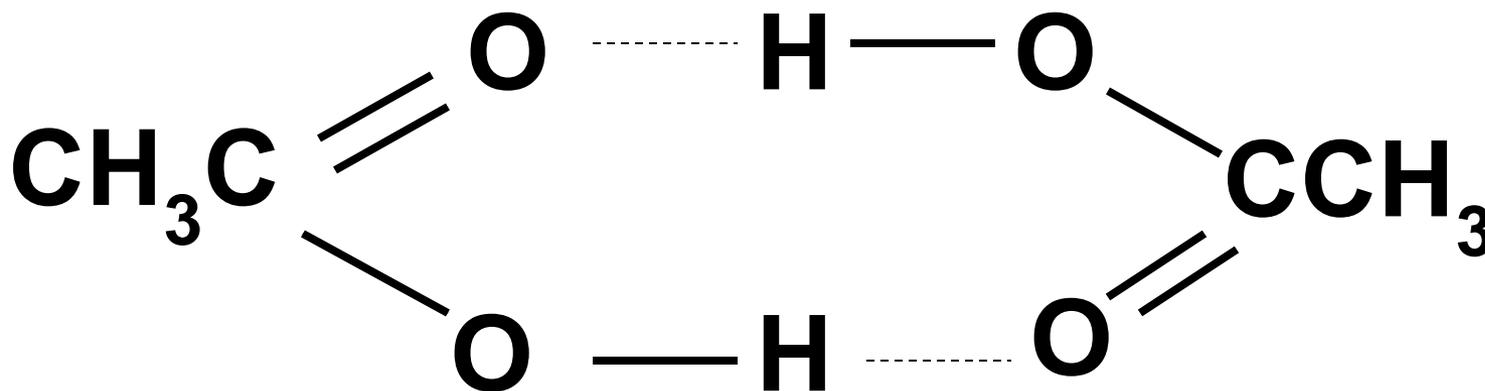
Влияние водородной связи

ΔH , кДж/моль

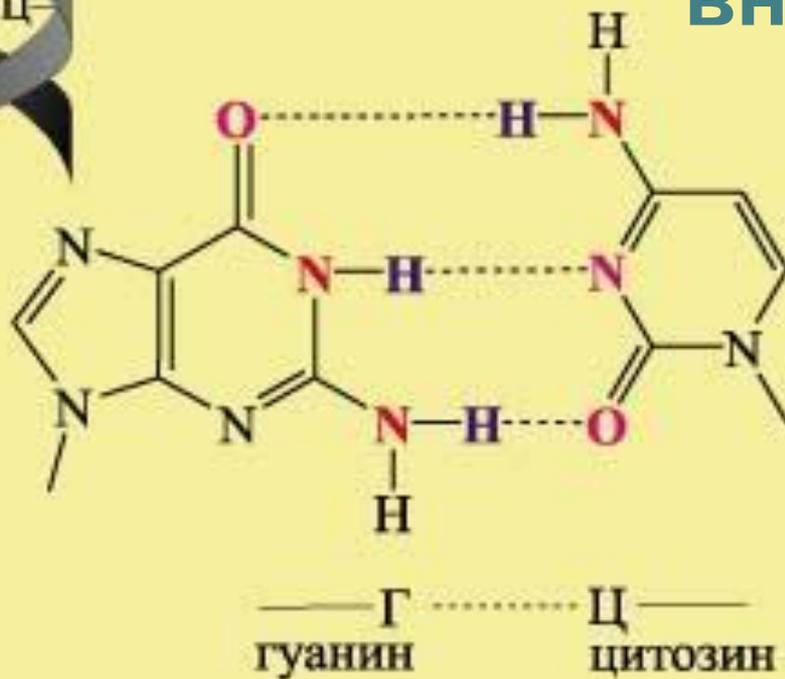
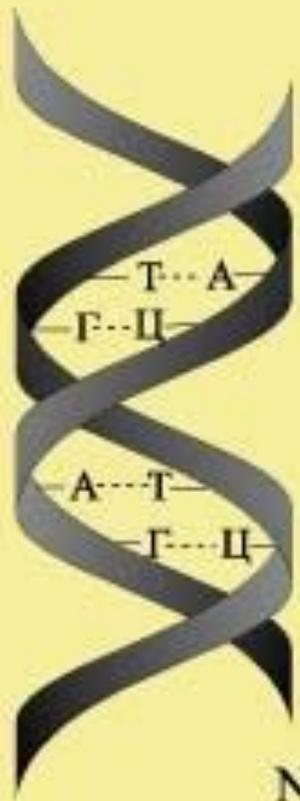


Вода, в которой существует водородная связь, имеет аномальное значение указанного свойства.

Влияние водородной связи



Некоторые карбоновые кислоты существуют в виде *димеров*, что обусловлено существованием водородной связи между двумя молекулами.



Молекула ДНК

Влияние
внутримолекулярной
водородной связи

Влияние вандерваальсовых сил

Молекулы с большим числом электронов и более диффузным распределением электронов притягиваются друг к другу сильнее, чем молекулы с малым числом электронов.



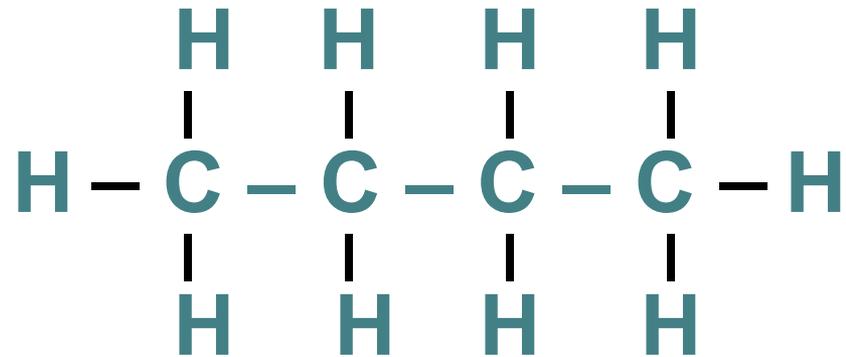
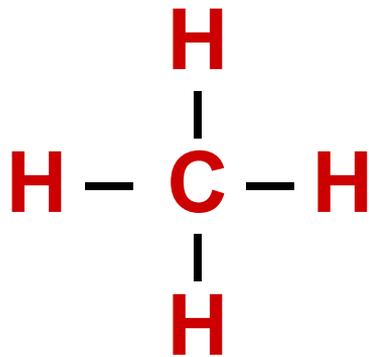
Метан

Бутан

T кип, °C

-164,0

-0,5



Пропан-бутановая смесь



- Бутан -0,5
- Пропан -43
- Сжиженный бутан в чистом виде не будет работать при отрицательных температурах. Тогда как применение чистого пропана противопоказано в условиях жаркого климата, поскольку высокая температура вызывает чрезмерное повышение давления в газовом резервуаре.

T кип, °C

Йод J₂

165

106 электронов

Хлор Cl₂

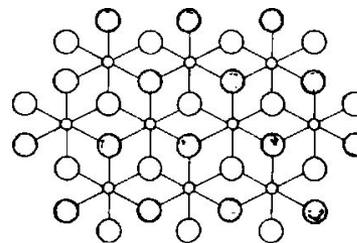
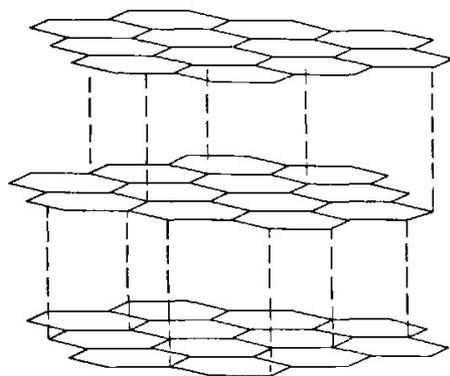
-35

34 электрона



Вандерваальсовы силы

обуславливают также связывающее взаимодействие между соседними слоями в кристаллах со слоистой структурой, как в графите или йодиде кадмия.



- Кадмий
- ◐ Передний слой атомов иода
- ◑ Задний слой атомов иода

Выводы по теме:

1. Межмолекулярные взаимодействия имеют как электростатическую, так и донорно-акцепторную природу и отличаются от химической связи по энергии, длине связи.
2. Тип ММВ определяется природой вещества и его строением, типом химической связи и донорно-акцепторными свойствами атомов соединения.
3. Межмолекулярные взаимодействия влияют на агрегатное состояние вещества и его свойства.
4. Водородная связь относится как к внутри-, так и к межмолекулярным связям. Механизм ее образования и ее характеристики зависят от условий формирования связи.

Вопросы к лекции

1. Какова природа преобладающих сил межмолекулярного взаимодействия в системе $\text{H}_2\text{O}_2 - \text{HF}$:

- а) дисперсионное и индукционное;
- б) ориентационное и донорно-акцепторное;
- в) водородное и ориентационное.

2. Указать как изменяется природа преобладающих сил межмолекулярного взаимодействия в жидких веществах при переходе от CO_2 к H_2S :

- а) от дисперсионного к ориентационному и водородному;
- б) от дисперсионного к индукционному;
- в) от ориентационного к водородному.

3. Объяснить, почему такие жидкости, как спирты, уксусная кислота, аммиак, имеют более высокие вязкость и температуры кипения, в отличие от ароматических соединений – нитрофенола и салицилового альдегида:

- а) у них есть межмолекулярная водородная связь;
- б) у них нет межмолекулярной водородной связи;
- в) у них есть внутримолекулярная водородная связь.

4. На основании типа межмолекулярного взаимодействия в кристаллических веществах

NH_3 , CO_2 , CH_3COOH , J_2 предсказать их свойства $T_{\text{кип}}$, $T_{\text{пл}}$, прочность, твердость:

- а) высокие;
- б) низкие.