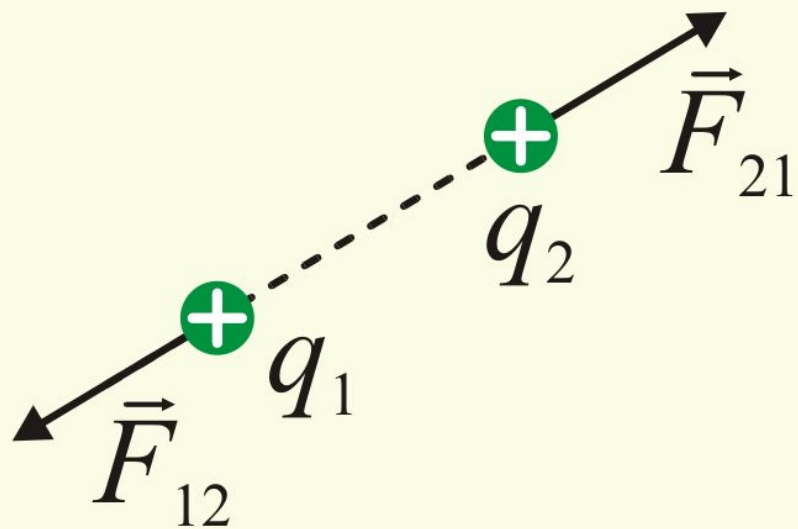


Лекция 6

***Современные
представления о природе сил***

§§ Силовое поле

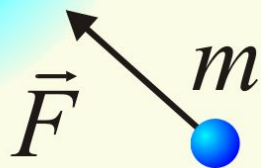


$$F_{12} = F_{21} = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r_{12}^2}$$

$$F_{12} = F_{21} = G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2}$$

Силовое поле –

такая область пространства, где на помещенную м.т. действует сила, зависящая от координат и времени.



Рассмотрим отдельное тело массой M .

Оно создает вокруг себя поле,

наделяя окружающее пространство определенным свойством, которое проявляет себя в воздействии на другое тело, например, m , с силой

$$\vec{F} = m\vec{E}$$

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

\vec{E} – напряженность поля

Принцип суперпозиции

поле источника не зависит от наличия других источников и напряженность поля в любой точке пространства равна векторной сумме полей всех источников

При изменении положения одного из тел, будет изменяться и силовое поле.

Скорость распространения возмущения не превышает скорости света.

Это возмущение переносит импульс и существует независимо от источника.

§§ Связь силы и потенциальной энергии

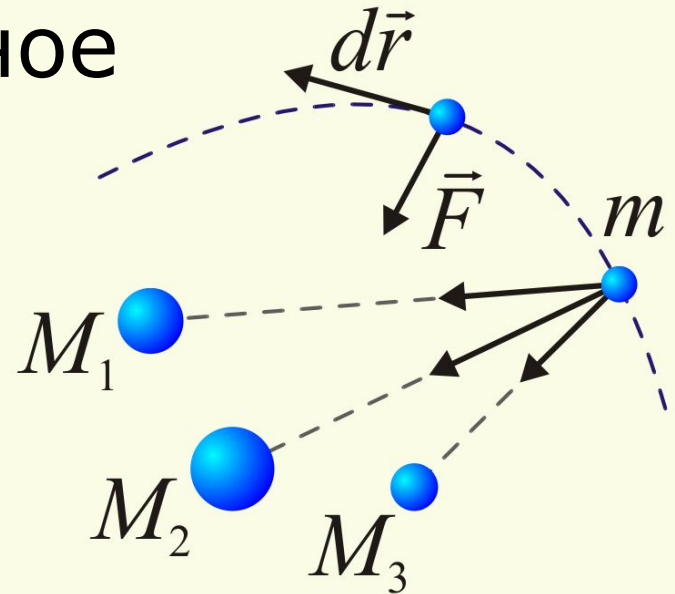
Рассмотрим поле, созданное системой тел M_i .

Это поле **неоднородно**
(зависит от координат)

и **стационарно**

(если тела системы M_i неподвижны)

Работа сил поля: $dA = (\vec{F} \cdot d\vec{r}) = -dU$



$$F_x dx + F_y dy + F_z dz = - \left\{ \begin{aligned} &\frac{\partial U}{\partial x} dx \\ &+ \frac{\partial U}{\partial y} dy + \frac{\partial U}{\partial z} dz \end{aligned} \right\}$$

∂ – знак частной производной

сравнивая коэффициенты при dx, dy, dz ,
получаем

$$\vec{F} = \{F_x, F_y, F_z\} = - \left\{ \frac{\partial U}{\partial x}, \frac{\partial U}{\partial y}, \frac{\partial U}{\partial z} \right\}$$

ИЛИ

$$\vec{F} = -\text{grad} U$$

grad – градиент, вектор, равный
производной функции в направлении
наибольшего роста

Для нестационарного поля:

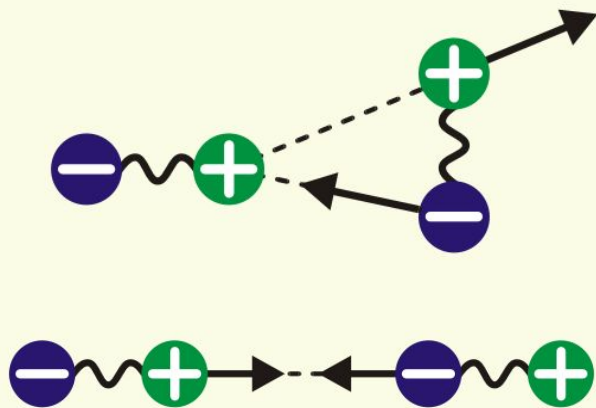
$$\underline{\delta A} = (\vec{F} \cdot d\vec{r}) = -dU + \frac{\partial U}{\partial t} dt$$

т.е. работу **нельзя** представить в виде
полного дифференциала какой-либо
функции (**зависит** от способа перевода)

δ – вариация, или бесконечно малое
приращение функции

§§ Взаимодействие молекул

Каждая молекула состоит из зарядов. Взаимодействие молекул объясняется действием электрических сил.



Молекулы нейтральны, но положения $+$ и $-$ не совпадают и их поля **не компенсируются.**

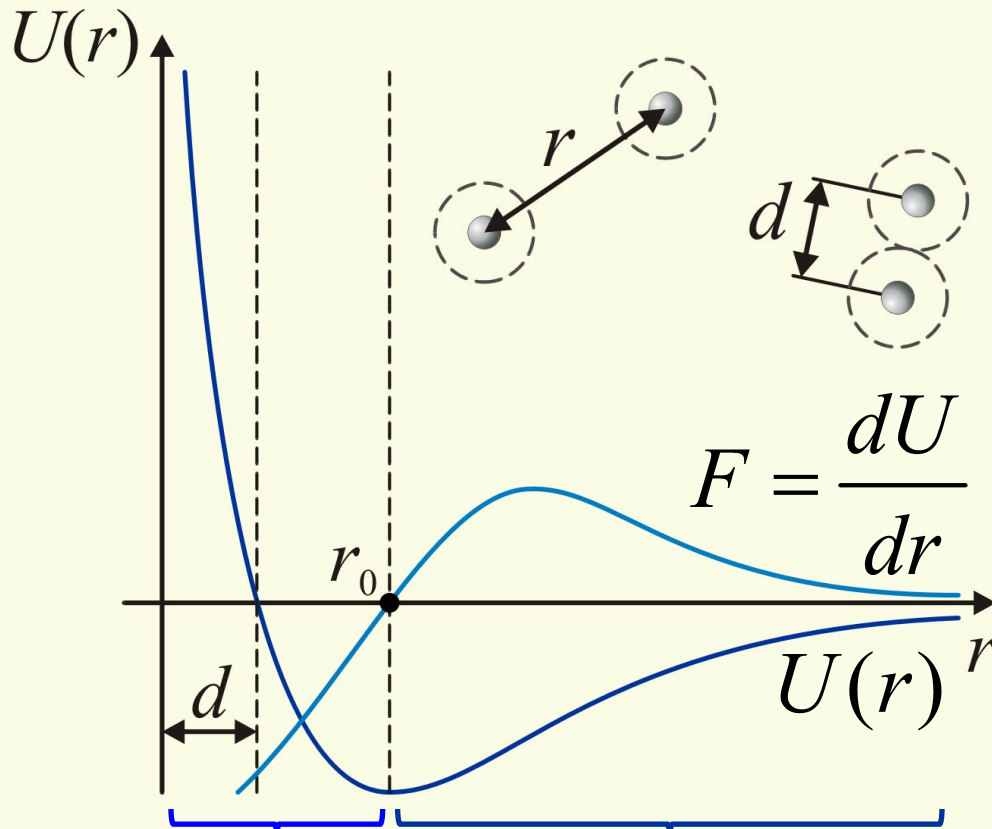
На больших расстояниях это силы притяжения (**силы Ван-дер-Ваальса**)

В поле соседних молекул заряды смещаются – молекула поворачивается или деформируется и притягивается к ним

С позиций классической физики невозможно установить зависимость силы взаимодействия от расстояния

Необходимо рассмотрение с позиций квантовой механики.

§§ Потенциал Леннард-Джонса



r_0 – расстояние, соответствующее минимуму потенциала (положение равновесия)

отталкивание притяжение

d – диаметр молекулы в приближении Ван-дер-Ваальса

Эмпирическое выражение:

$$U(r) = \frac{a_1}{r^n} - \frac{a_2}{r^m}$$

a_1, a_2, n, m – выбирают для наилучшего приближения реального потенциала

Для большинства газов: $n = 12, m = 6$

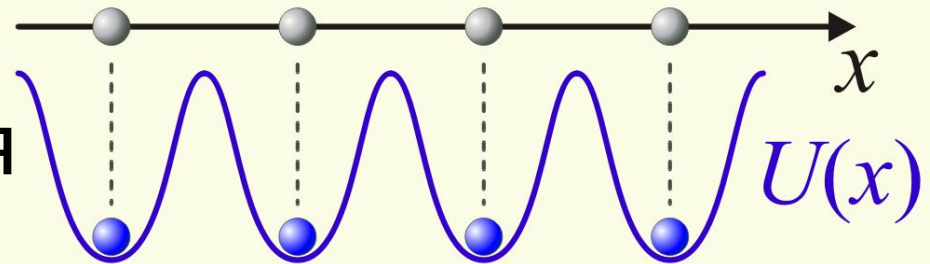
(это потенциал Леннард-Джонса)

§§ Твердое тело

Вид потенциальной функции будет более сложным, т.к. одновременно взаимодействуют три и более молекулы

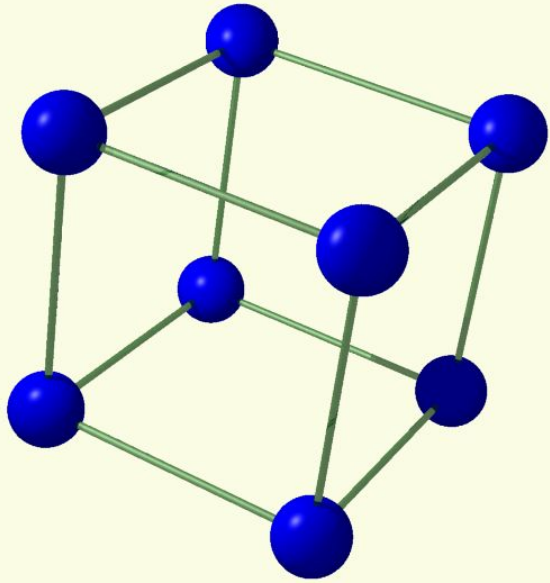
Порядок расположения атомов и вид функции будут определять друг друга

Атомы (молекулы) будут располагаться в точках *min* $U(x)$

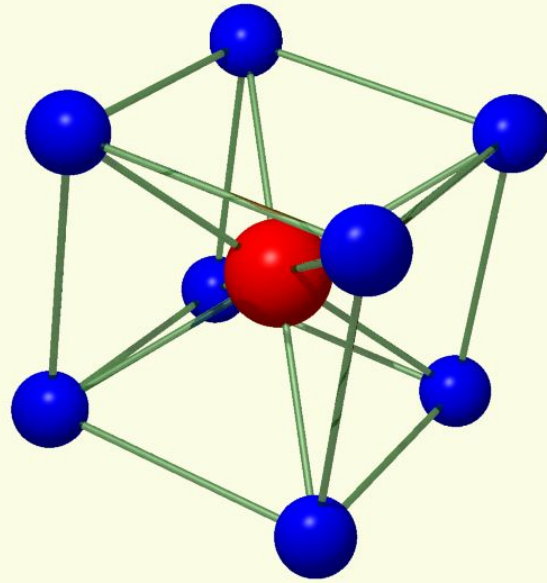


т.е. на расстоянии r_0 друг от друга

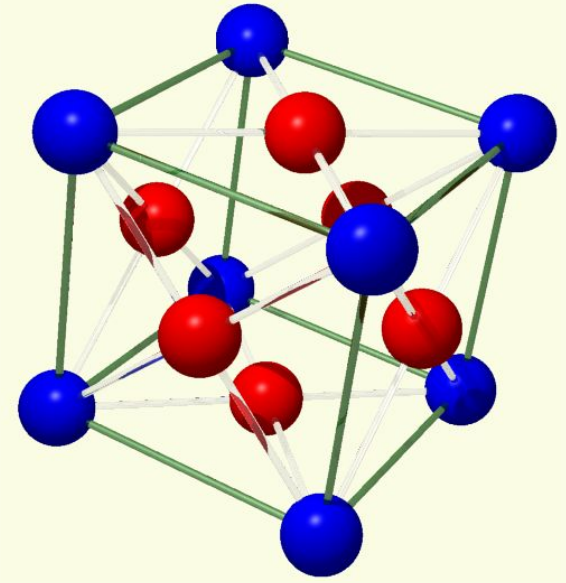
Твердые тела характеризуются
пространственным упорядочением



К



ОЦК



ГЦК

Размер ячейки $d \approx 0,5-1,0$ нм (5–10 Å)

Кин. энергия молекулы: $E_k \approx k_b T$

Полная энергия молекулы в т.т.

$$E = E_k + U < 0$$

т.е. тело устойчиво, частицы колеблются относительно положений равновесия

С температурой растет и амплитуда колебаний, атомы занимают новые положения (тепловое расширение).

Если полная энергия молекул больше 0, то вещество переходит в газообразное состояние, которое **неупорядоченно**.

§§ Жидкости

Это промежуточный случай между реальным газом и кристаллом.

Полная энергия молекул $E \leq 0$ (+, иногда)

и амплитуда колебаний сравнима с r_0

Это **не** бесструктурное образование (например, как сжатый газ), но в ней отсутствует и порядок, присущий т.т.

Молекула в жидкости окружена соседями, которые расположены **симметрично**, как в кристалле.

Такие группы существуют недолго и распадаются, чтобы образовались новые

Жидкость состоит из зерен и пустот, которые рождаются и исчезают.

Переходов молекул много и они сливаются для наблюдателя в «непрерывное» течение.

При уменьшении температуры (полной энергии), реальный газ превращается в жидкость (**конденсируется**) или кристалл (**кристаллизуется**)