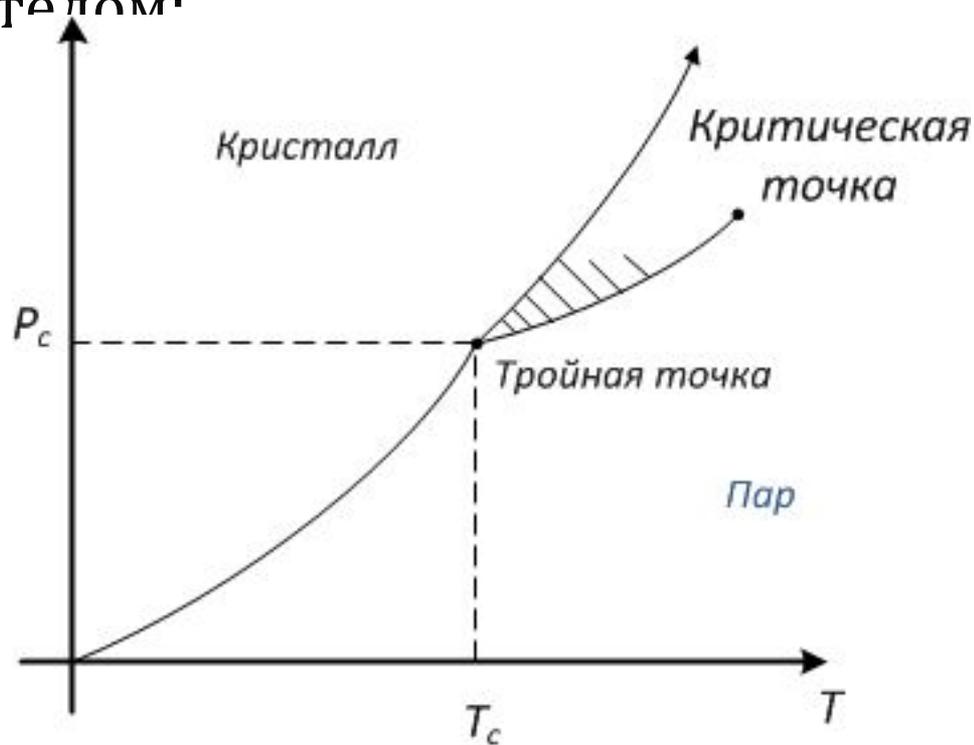


# Физика конденсированного состояния вещества

Лекция 3  
Жидкости

С одной стороны жидкости и аморфные тела имеют общее внутреннее строение – отсутствует дальний порядок во взаимодействии микрочастиц, а ближний присутствует.

Качественные отличия между жидкостью и аморфным телом:



- твердое тело, в том числе и аморфное твердое тело существует **во всем диапазоне  $p$  и  $t$** ;

- твердое тело имеет границу с другими фазами (газом и жидкостью), пересечение границы приводит к фазовому переходу (**возгонка и плавление**);

- жидкость не может существовать во всем диапазоне изменения объема и давления. Диапазон ограничен тройной точкой.

- при переходе в критическую область жидкость переходит в двухфазное состояние **жидкость + пар**.

Жидкости подразделяются на следующие группы:

- простые жидкости - это жидкости, состоящие из атомов или сферических молекул, связанных силами Ван-дер-Ваальса, а также двухатомных молекул, содержащих одинаковые атомы ( $H_2$ ,  $O_2$ ).

- жидкие металлы (например Na, Hg) - ионы связаны кулоновскими силами;

- жидкости в которых молекулы связаны водородными связями (например  $H_2O$ );

- жидкости, состоящие из больших молекул, для которых существенны внутренние степени свободы.

## Макроструктура жидкости

1. Основным критерием определения жидкости - **текучесть**. Благодаря текучести жидкость не препятствует изменению формы. Обратной пропорциональной величиной текучести – **вязкость**.
2. Давление в жидкости, создаваемое внешним воздействием согласно **закону Паскаля** передается без изменения в каждую точку жидкости. **Гидростатическое давление** (давление, нормальное к стенке сосуда) равно произведению плотности, на ускорение свободного падения и на глубину погружения в жидкость.

3. На тело, погруженное в жидкость, она оказывает давление определяемое **законом Архимеда**, - выталкивающая сила равна силе тяжести, действующей на жидкость в объеме тела, эта сила направлена вверх и приложена в центре тяжести этого объема.
4. Течение жидкости из ламинарного (струйного) при малой скорости превращается в турбулентное (перемешанное) при большой скорости; большая вязкость жидкости препятствует этому превращению.
5. Давление жидкости, текущей по трубе, определяется законом Бернулли. Давление больше там, где скорость течения

Свойства жидкости как качественно так и количественно постепенно изменяются от газа к твердым телам:

- связь между молекулами как в газах так и в жидкостях описывается уравнением Ван-дер-Ваальса:

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты характеризующее конкретное вещество.

- твердые тела обладают текучестью, а жидкости обладают сдвиговой упругостью.

- результаты рентгеноскопии жидкостей, находящихся при температурах близких к кристаллизации показывают, что их молекулу уже находятся в порядке близком к кристаллическому.

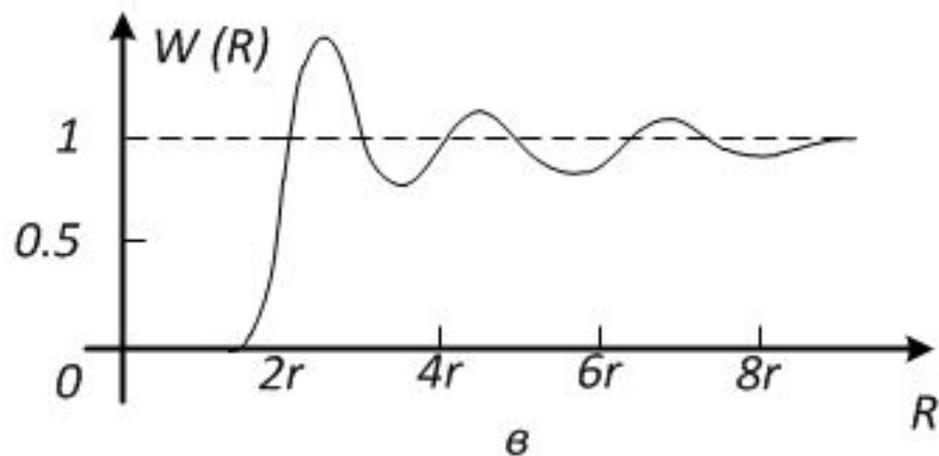
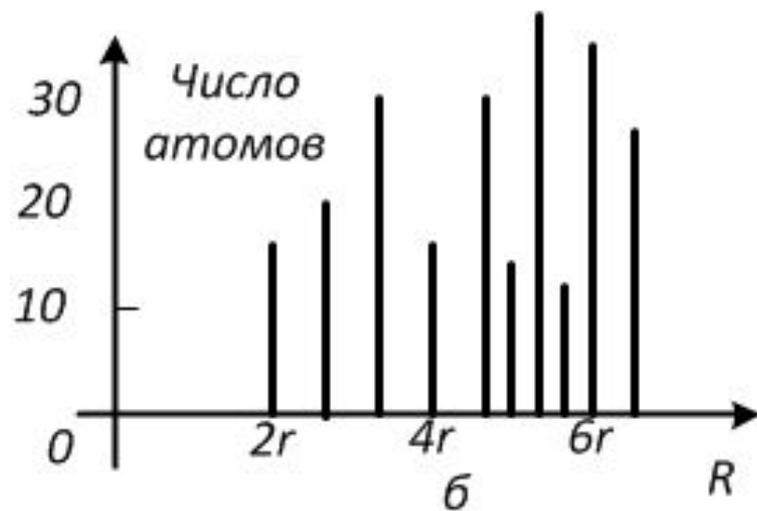
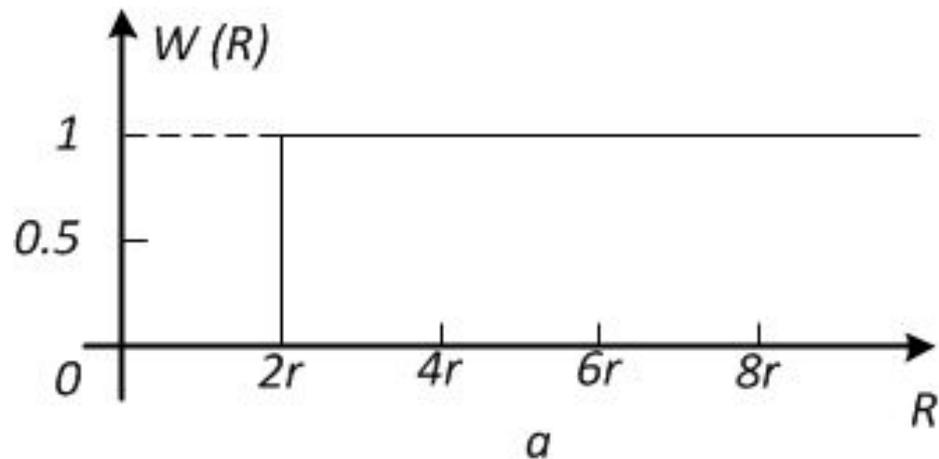
- жидкие кристаллы и анизотропные жидкости отличаются малой степенью порядка в расположении микрочастиц и большой степенью их ориентации.

**Вязкость** - свойство любого текучего вещества оказывать сопротивление перемещению одной части вещества относительно другой. Причина – взаимодействие (притяжение) между микрочастицами. Исключение - сверхтекучесть жидкостей при криогенно низких температурах. Для описания этого явления необходимо применять методы квантовой физики.

## Микроструктура жидкости

Три этапа образования жидкостей: образуются кластеры, зародышевые капли и наконец образуются макроскопические капли.

Структуры тел исследуются при помощи следующей экспериментальной установки. Хорошо коллимированный пучок монохроматического рентгеновского излучения проходит через кювету с жидкостью, имеющую небольшую толщину. За кюветой расположен фотоэмульсионный детектор. Почернение эмульсии указывает на распределение излучения, прошедшего через кювету с жидкостью.

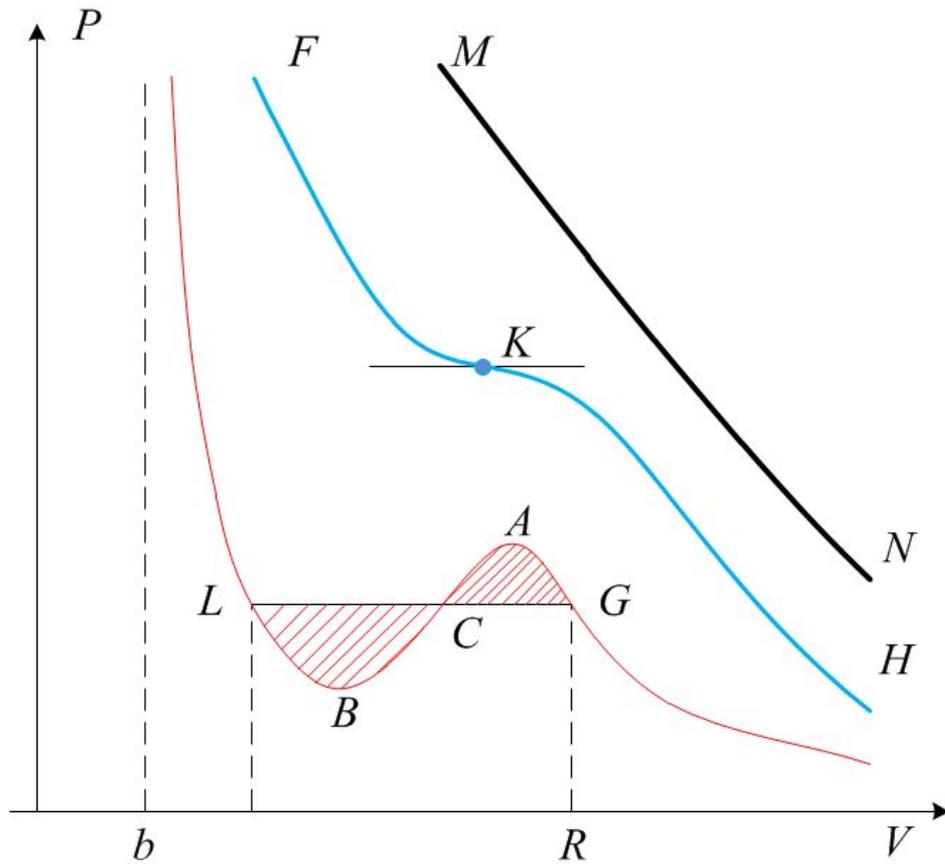


Пространственное распределение микрочастиц в газе (а), кристалле (б) и жидкости

Жидкость – это такая форма существования вещества, в которой отсутствует дальний порядок, но присутствует ближний порядок во взаимодействии микрочастиц.

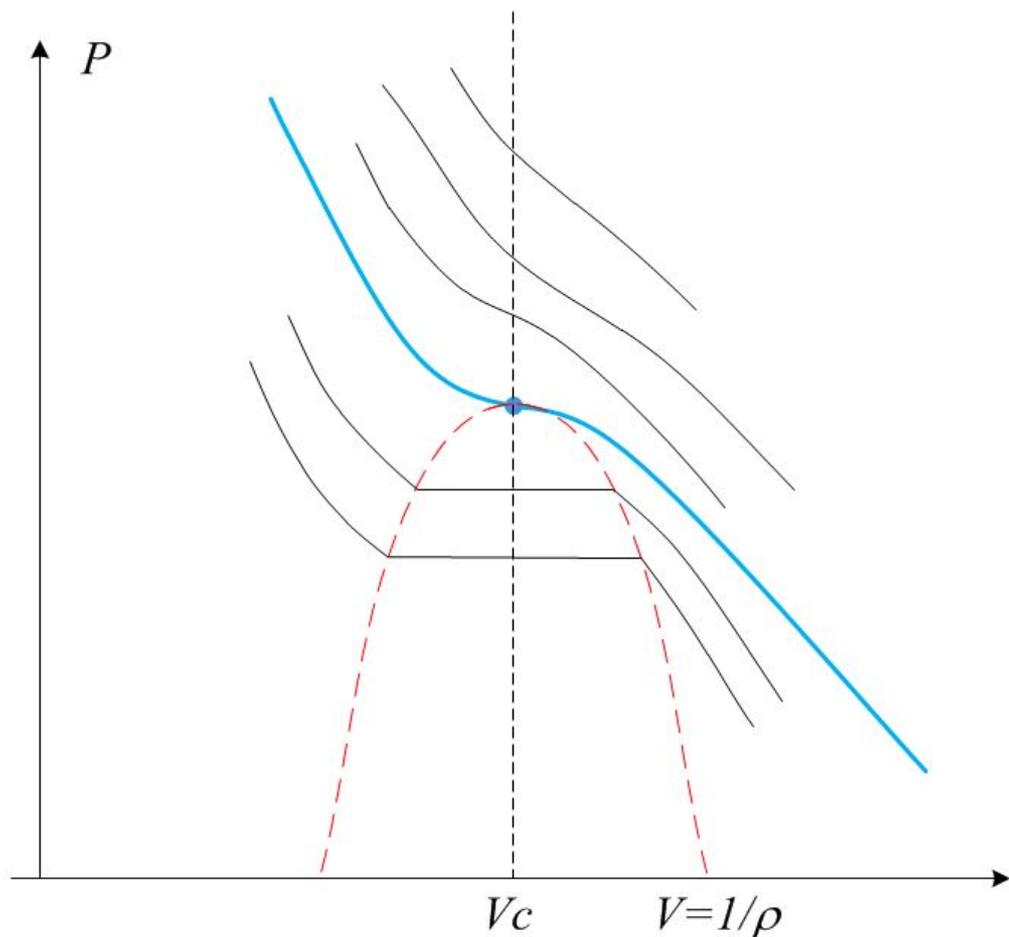
Движение микрочастиц в жидкости (атомов, молекул, атомарных и молекулярных ионов) заключается в перемещении микрочастиц из одного временного положения равновесия в другое, а также в наличии колебательных движений в положения временного равновесия. Такой тип движения обусловлен тем, что среднее расстояние между микрочастицами в жидкости в несколько раз больше размера самих микрочастиц.

## Двухфазное состояние жидкость + газ



*pV – диаграмма для жидкостей*

На pV- диаграмме показаны изотермы жидкостей. При низких температурах изотермы имеют крайне неустойчивую область – с отрицательным  $dp/dv$ .



$pV$  – диаграмма для жидкостей; выделена область двухфазного состояния жидкость-пар

При сжатии газа (аммиака) давление в нем увеличивается, а его объем уменьшается но лишь **до определенной величины давления.**

Затем изотермическое сжатие приводит к его конденсации.

Наличие двухфазного состояния вещества жидкость + газ изменяет традиционное разделение конденсированного вещества на три формы существования - на газы, жидкости и твердые тела, добавляя к ним вполне самостоятельную четвертую форму - двухфазное состояние жидкость + газ.

Вещество в этой области не однородно, а состоит из жидкости и растворенного в ней пара, находящихся в состоянии **термодинамического равновесия**.

## Электропроводность жидкостей

Жидкости обладают всем спектром удельной электропроводности от диэлектрической до проводников.

Особенно интересны жидкие металлы. Они обладают практически такой электропроводностью, как и кристаллические металлы.

Как жидкие, так и твердые металлы обладают свободными электронами, однако в жидких нет **дальнего порядка**. Существует лишь ближкодействие.

Существуют жидкие среды, в которых нет электронной проводимости, но существует ионно-дырочная проводимость – это электролиты, расплавы солей.

## Заключение

Необходимо отметить :

- существенное влияние микроструктуры на макроскопические свойства жидкостей;
- наличие четвертой формы состояния вещества
- двухфазного состояния жидкость + пар;
- высокую электропроводность металлов, в которых отсутствует дальний порядок в пространственном расположении микрочастиц.