

Краткий обзор основных понятий,
законов и формул, изученных ранее.

Обсуждение вопросов итогового теста.

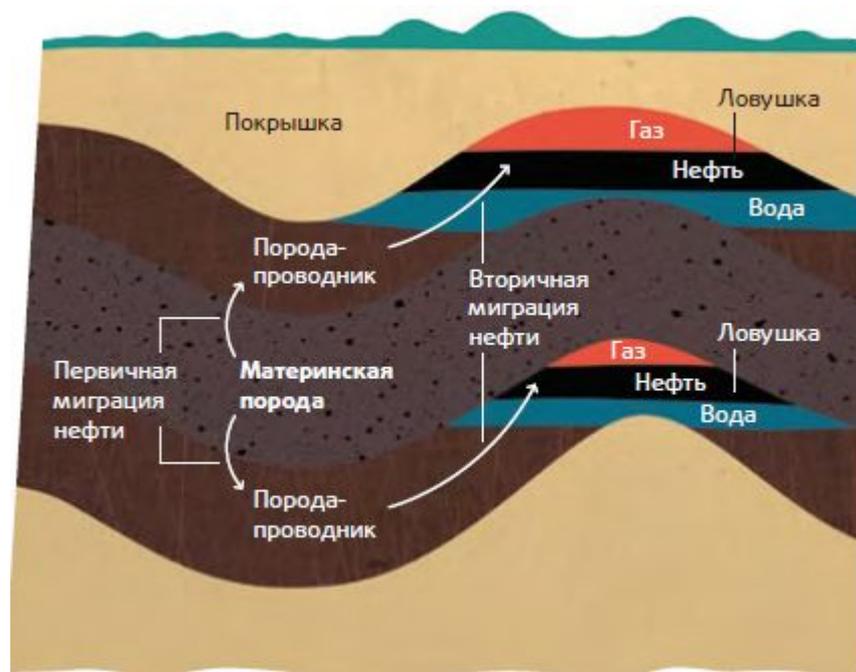
Общая информация о лекциях

- Занятия по физике проводятся каждый второй четверг, начиная с 13.10.16 в 16.00
- Урок начинается с теста по материалам предыдущей лекции



Что такое коллектор и ловушка

Коллектор – горная порода, обладающая пустотным пространством, заполненным флюидами – водой, нефтью и газом, в котором возможно их перемещения под действием межмолекулярных сил, силы тяжести и перепада пластового давления. По форме пустотного пространства коллекторы подразделяются на два типа: поровые и трещинные.

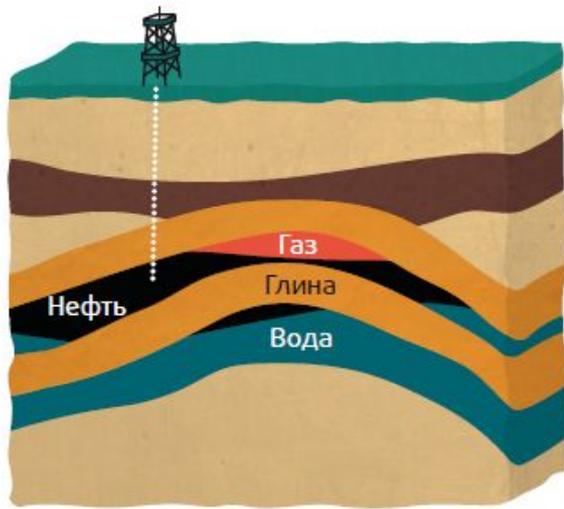


Ловушка – часть природного резервуара, в котором устанавливается равновесие между, с одной стороны, внешним давлением, вызывающим перемещение воды и растворенных в ней веществ, нефти, свободного газа в породах-коллекторах, и с другой – силами, препятствующими перемещению. Наиболее простая ловушка – пласт-коллектор в антиклинали.

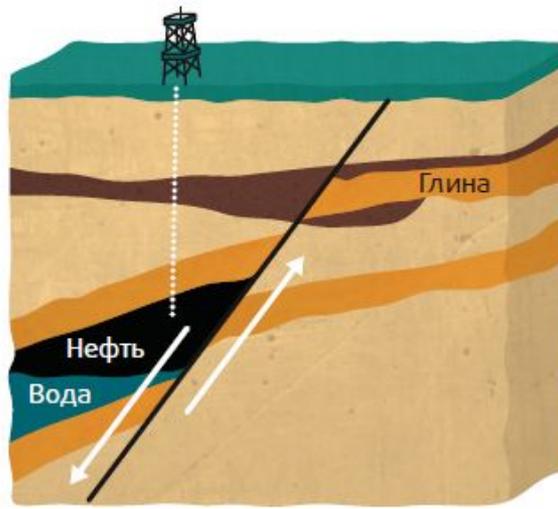
Что необходимо для формирования газонефтяного месторождения

- **Нефтематеринская порода** – это в основном подводные, глинисто-карбонатные осадки, накапливающиеся в областях длительного прогибания, обогащенные органическим веществом
 - Где формируется нефть
- **Природный резервуар** – пласт, участок пласта или группа сообщающихся пластов, обладающих поровым (межзерновым) каверновым или трещинным пространством, вмещающим жидкость или газ, которые могут перемещаться.
 - Где накапливается нефть
- **Покрышки или флюидоупоры** - породы, препятствующие уходу (миграции) нефти, газа и воды из коллектора. Эти породы могут перекрывать коллектор сверху или замещать его по площади и т.д.
 - Чем задерживается нефть

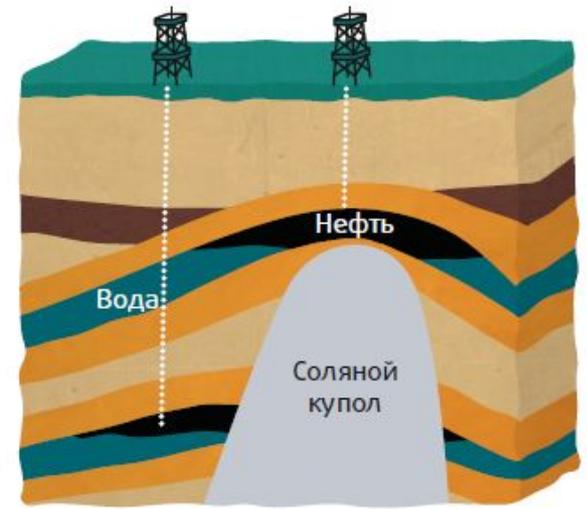
Типы ловушек



Антиклиналь



**Тектоническая
экранированная ловушка**



Соляной купол

Пористость

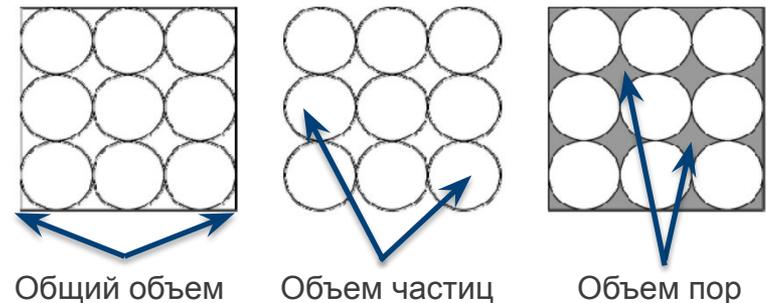
Пористость - одно из наиболее важных свойств горной породы!

Под пористостью горной породы понимается наличие в ней пор (пустот). Пористость характеризует способность горной породы вмещать жидкости и газы.

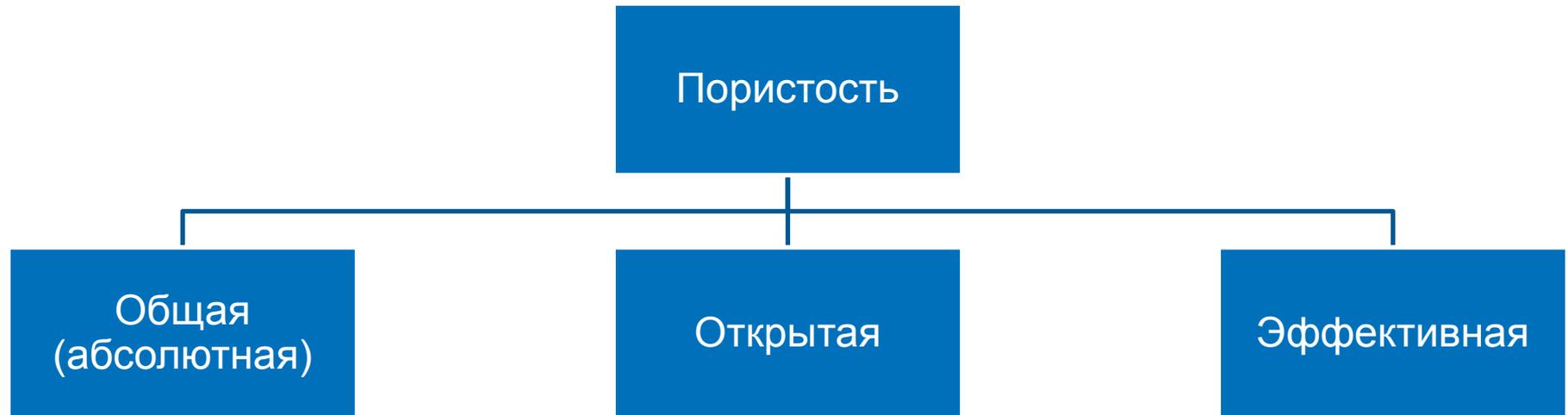
$$\text{Пористость} = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{общий}}}$$

$$\text{Пористость} = \frac{V_{\text{общий}} - V_{\text{объем частиц}}}{V_{\text{общий}}}$$

$$\text{Пористость} = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{пор}} + V_{\text{объем частиц}}}$$



Виды пористости



$$\varphi_a = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{общий}}}$$

Общая пористость определяется как суммарный объем всего порового пространства, которое включает в себя открытые и закрытые поры.

$$\varphi_o = \frac{V_{\text{сообщ пор}}}{V_{\text{общий}}}$$

Под открытой пористостью понимают объем связанных между собой пор.

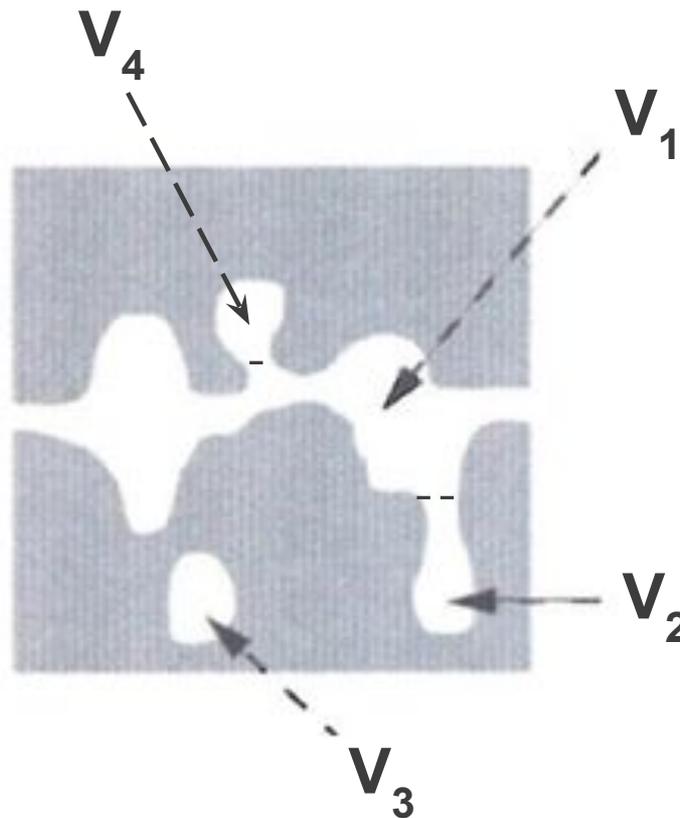
$$\varphi_{\text{эф}} = \frac{V_{\text{фильтр пор}}}{V_{\text{общий}}}$$

Эффективной пористостью является тот объем порового пространства, через которое возможна фильтрация флюидов.

Задача

Записать формулы для всех видов пористости: общая, открытая, эффективная.

- Флюид движется по объему V_1
- Объем V_1 связан с V_2 и V_4



Насыщенность

Насыщенность определяет, какую часть порового пространства занимает рассматриваемый флюид. Насыщенность является количественной мерой и выражается в долях или процентах от порового объема.

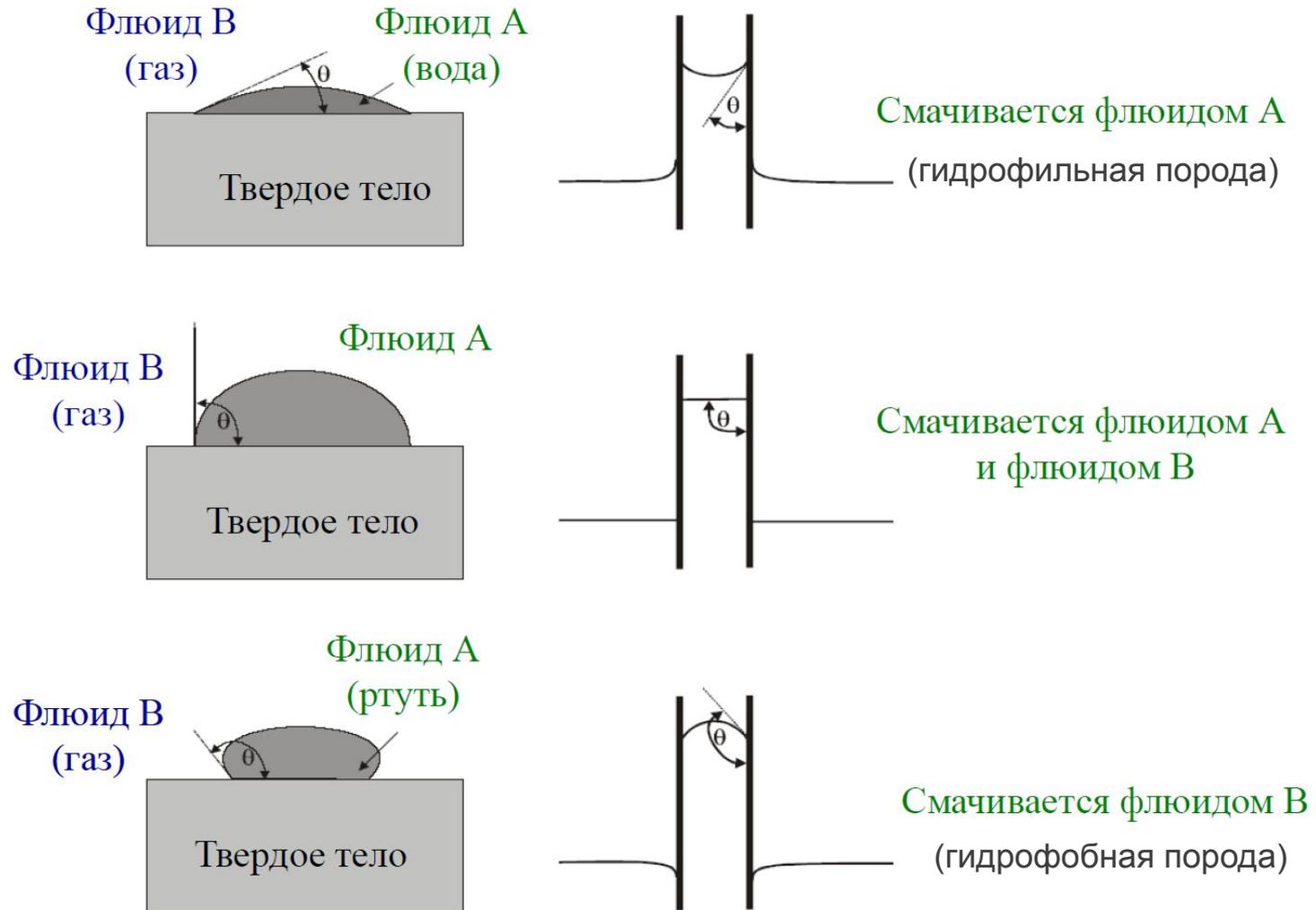
$$K_{\text{нн}} = \frac{V_{\text{нефти}}}{V_{\text{пор}}} \quad - \text{коэффициент нефтенасыщенности}$$

$$K_{\text{нг}} = \frac{V_{\text{газа}}}{V_{\text{пор}}} \quad - \text{коэффициент газонасыщенности}$$

$$K_{\text{нв}} = \frac{V_{\text{воды}}}{V_{\text{пор}}} \quad - \text{коэффициент водонасыщенности}$$

$$K_{\text{нн}} + K_{\text{нг}} + K_{\text{нв}} = 1 \leftarrow \text{доказать}$$

Смачиваемость



Проницаемость

Проницаемость – способность породы пласта пропускать флюид при наличии перепада давления

Абсолютная проницаемость – проницаемость породы, заполненной одним флюидом (водой или нефтью). Не зависит от насыщающего флюида.

Эффективная проницаемость (фазовая) – проницаемость породы для отдельно взятого флюида (K_o , K_w), когда число присутствующих в породе фаз больше единицы. Эффективная проницаемость зависит от флюидонасыщения (степени насыщенности флюидов и их физико-химических свойств).

Относительная проницаемость (K_{ro} , K_{rw}) – отношение эффективной проницаемости (K_o , K_w) к абсолютной проницаемости:

$$K_{ro} = K_o / K_a \qquad K_{rw} = K_w / K_a$$

Линейный закон фильтрации Дарси

$$V = \frac{Q}{F} = \frac{k \cdot \Delta P}{\mu \cdot L}$$

V – скорость линейной фильтрации, (см/с)

Q – объемный расход флюида в единицу времени, (см³/с)

μ – вязкость флюида, (сП)

ΔP – перепад давления, (атм)

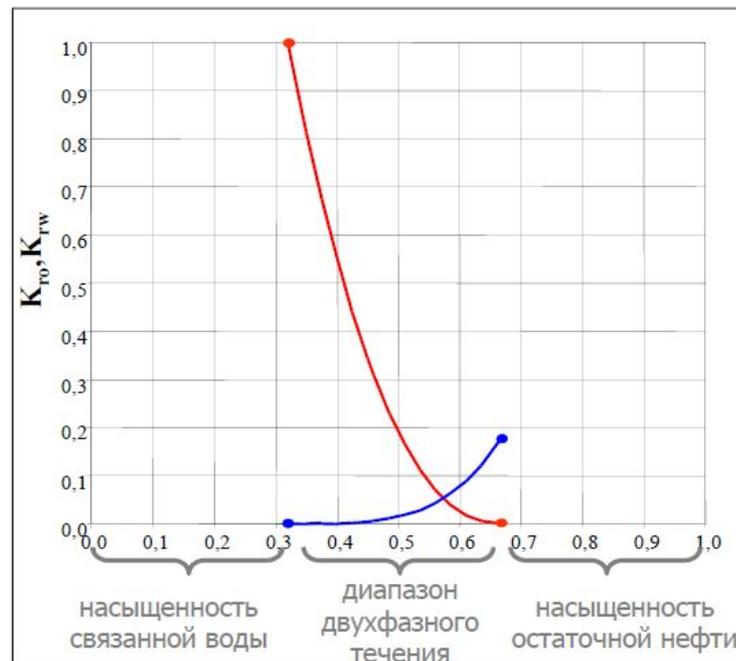
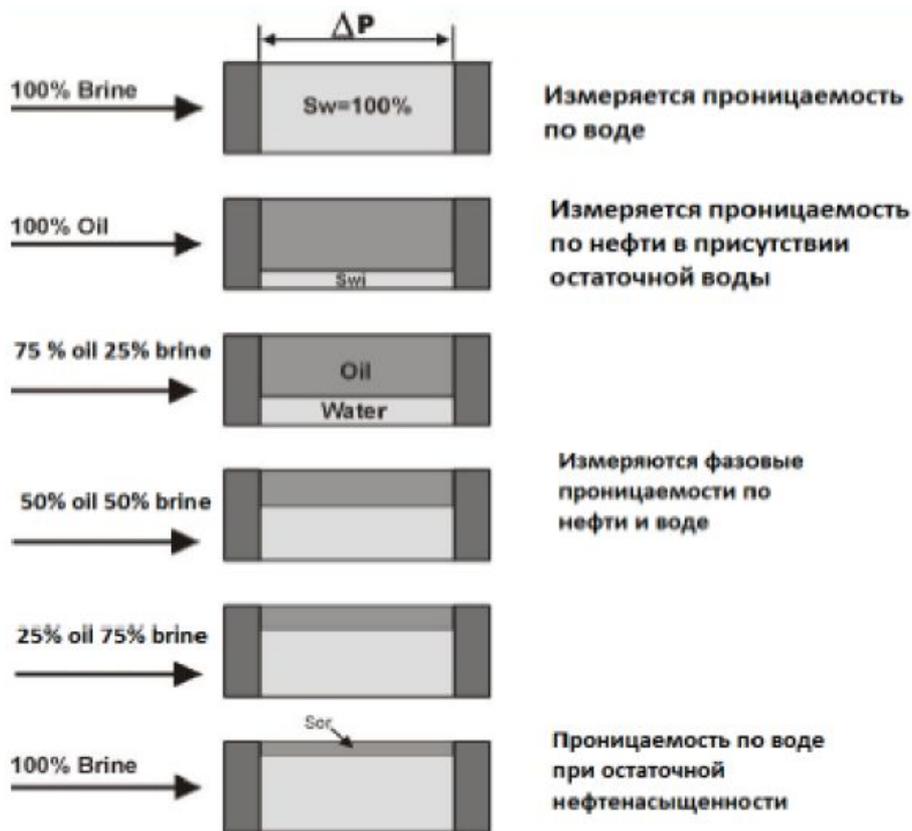
F – площадь фильтрации, (см²)

L – длина образца, (см)

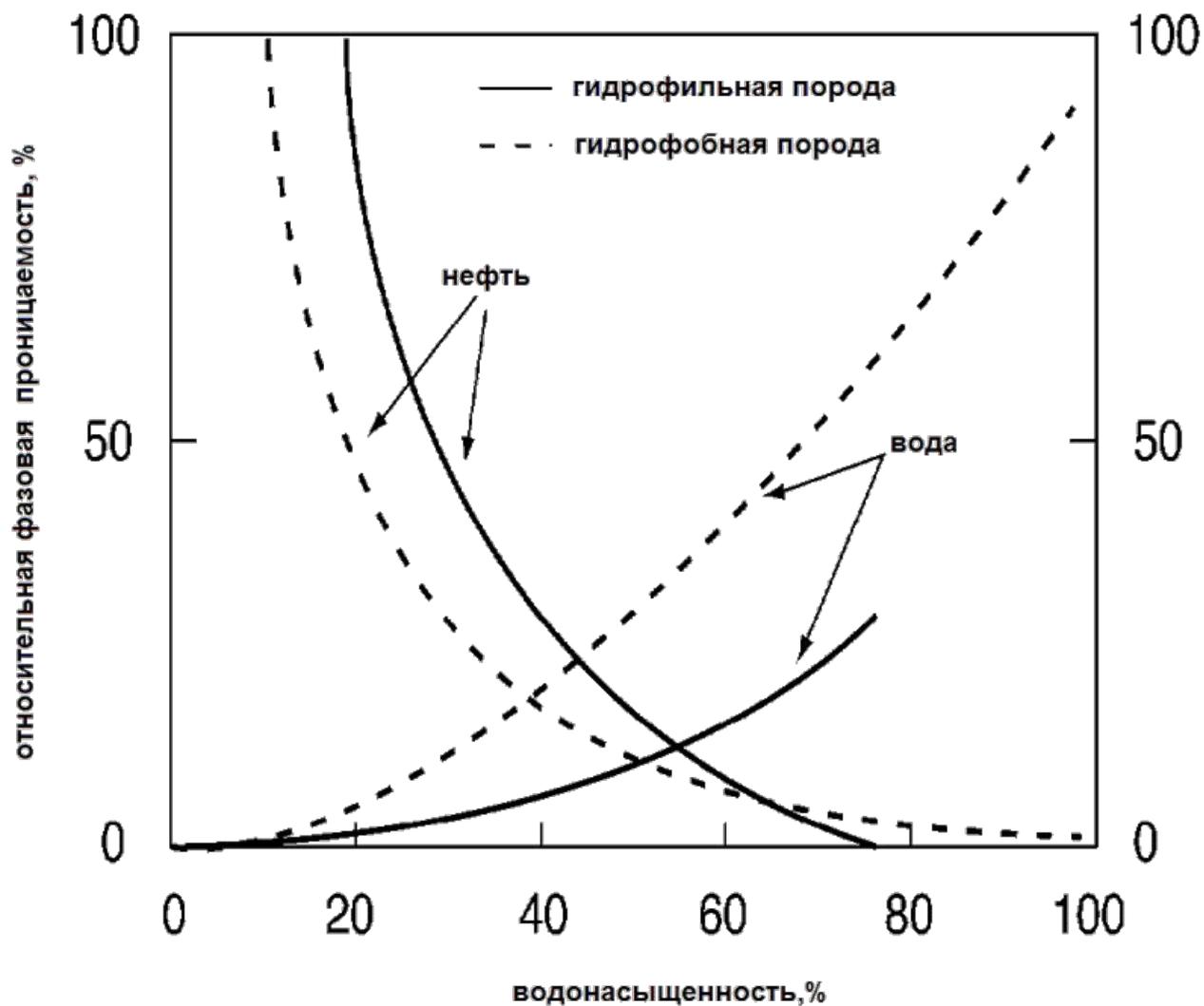
K – **ФАЗОВАЯ** проницаемость, (мД).

$$1 \text{ Дарси} = 10^{-12} \text{ м}^2$$

Лабораторные исследования относительных фазовых проницаемостей



Фазовые проницаемости: гидрофильная порода vs гидрофобная



Давление насыщения.

Давление насыщения (P_b) - давление, при котором газ начинает выделяться из жидкости. Зависит от соотношения объемов нефти и растворенного газа, от их состава и пластовой температуры.

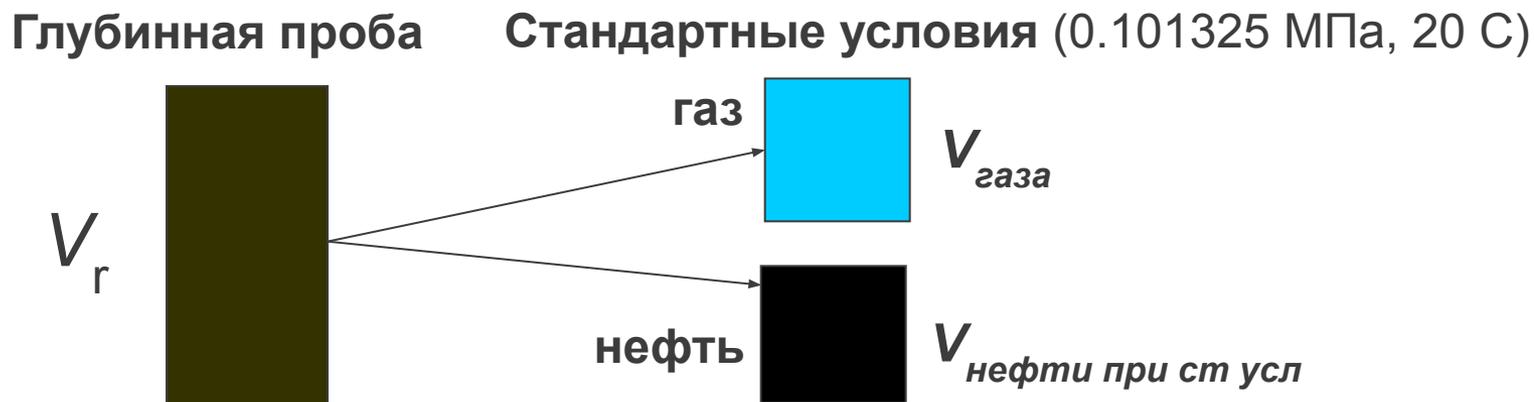
В природных условиях давление насыщения может соответствовать пластовому или же быть меньше его. При первом условии нефть будет полностью насыщена газом, при втором недонасыщена.



Газосодержание vs газовый фактор

Газосодержание пластовой нефти – отношение количества газа, выделившегося из нефти при изменении условий от пластовых до стандартных к объему дегазированной нефти при стандартных условиях

$$R_{sb} = V_{\text{газа из нефти}} / V_{\text{нефти при ст усл}}$$



Газовый фактор – отношение количества газа, которое получено на поверхности к объему дегазированной нефти при стандартных условиях

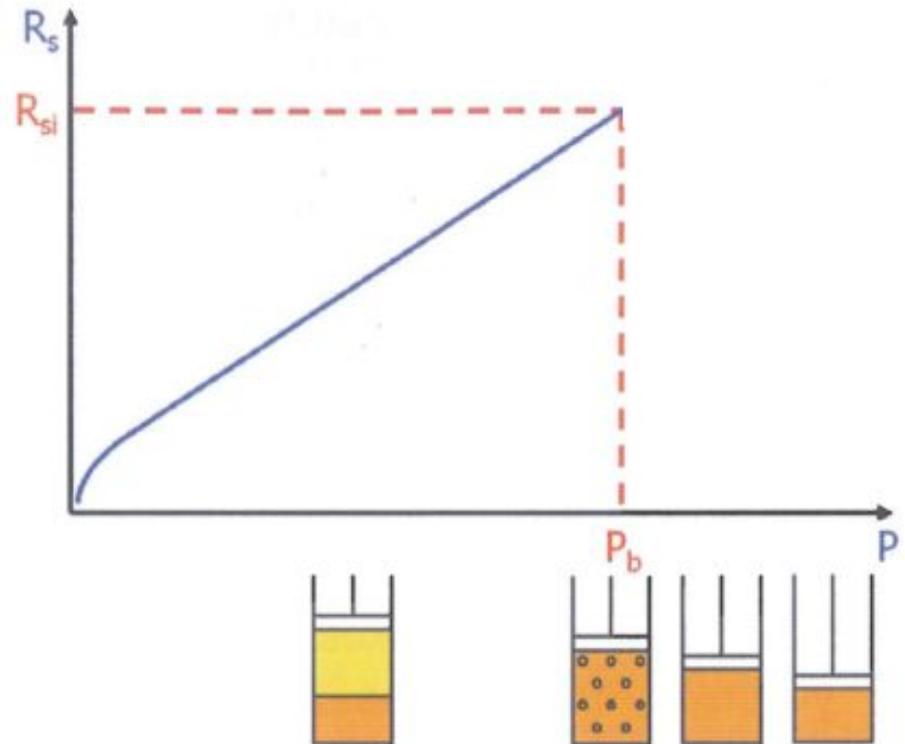
$$\Gamma\Phi = (V_{\text{газа из нефти}} + V_{\text{газа из газ шапки}}) / V_{\text{нефти при ст усл}}$$

Вопрос

Газосодержание при давлении выше давления насыщения будет

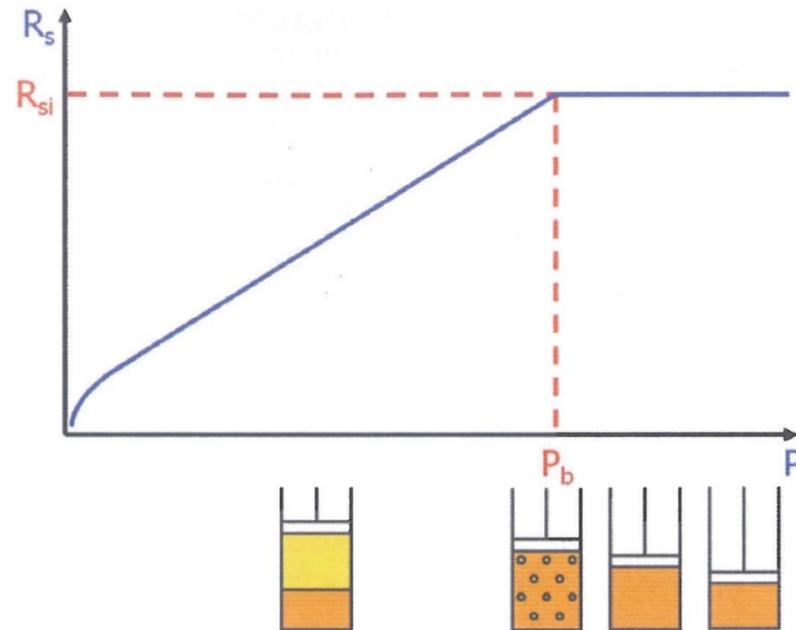
- постоянным
- снижаться
- увеличиваться

$$R_{sb} = V_{\text{газа из нефти}} / V_{\text{нефти при ст усл}}$$



Ответ

Газосодержание при давлении выше давления насыщения будет постоянным



Объемный коэффициент

Объемный коэффициент пластовой нефти равен отношению объема, занимаемого углеводородной жидкой фазой пластовой смеси при пластовых условиях V_r , к объему дегазированной нефти при стандартных условиях V_{osc}

$$B_o = V_{o\ res} / V_{o\ sc}$$

Аналогично для газа $B_g = V_{g\ res} / V_{g\ sc}$

Вопросы:

• Где нефть занимает больший объем в пласте или на поверхности (при нормальных условиях)? Почему?

$$B_o \begin{matrix} < \\ > \\ = \end{matrix} 1 ?$$

• Где газ занимает больший объем в пласте или на поверхности (при нормальных условиях)? Почему?

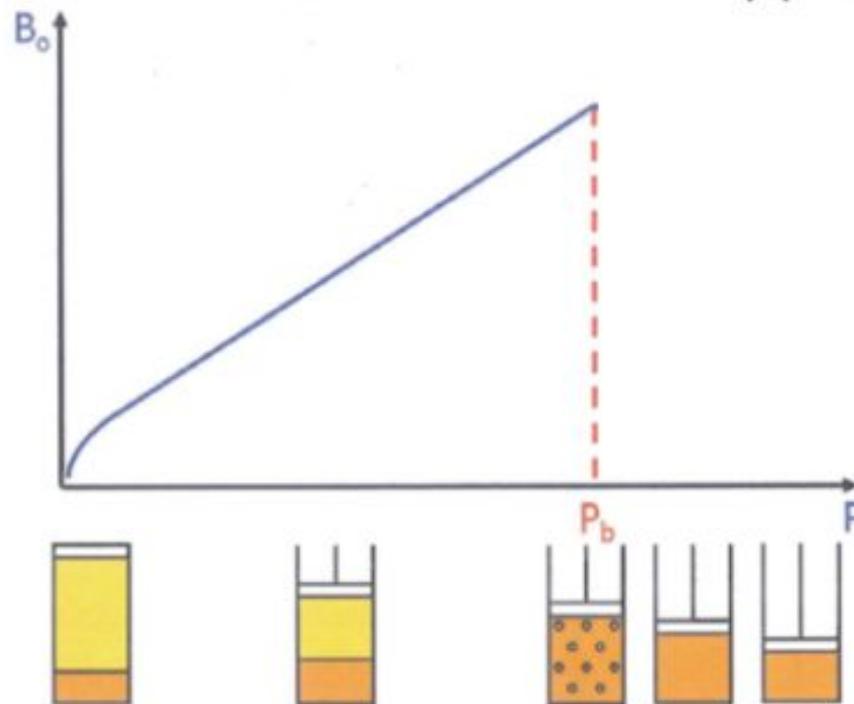
$$B_g \begin{matrix} < \\ > \\ = \end{matrix} 1 ?$$

Вопрос

Объемный коэффициент нефти при давлении выше давления насыщения будет

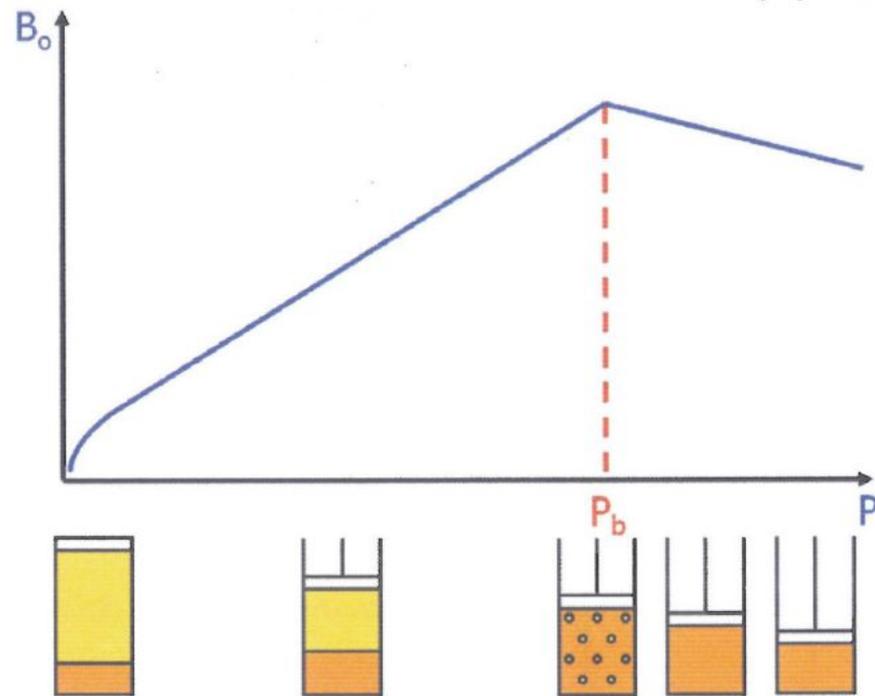
- ПОСТОЯННЫМ
- СНИЖАТЬСЯ
- УВЕЛИЧИВАТЬСЯ

$$B_o = V_{o\text{ res}} / V_{o\text{ sc}}$$



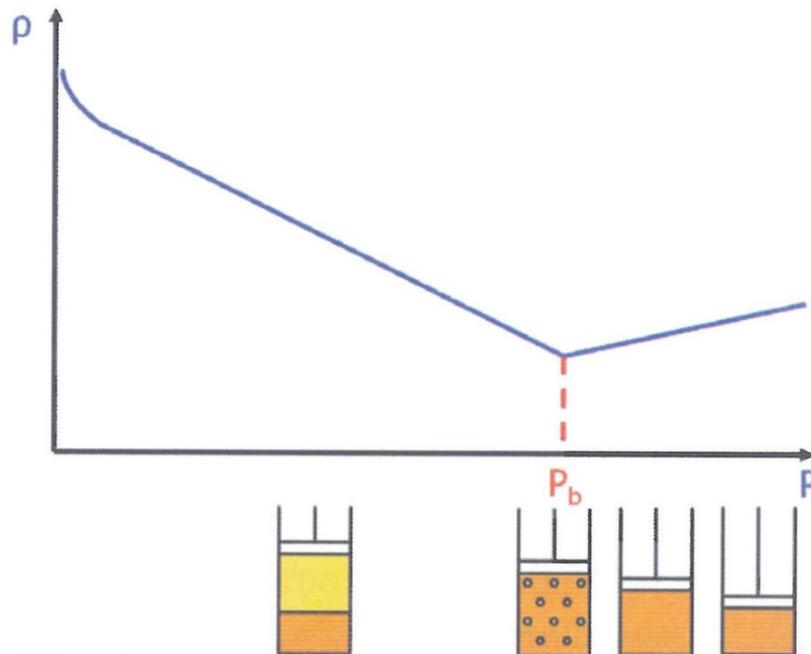
Ответ

Объемный коэффициент нефти при давлении выше давления насыщения будет снижаться



Плотность

Под **плотностью** пластовой нефти понимается масса нефти, извлеченной из недр с сохранением пластовых условий, в единице объема. Плотность пластовой нефти обычно в 1.2 – 1.8 раза меньше плотности дегазированной нефти, что объясняется увеличением ее объема в пластовых условиях за счет растворенного газа.



Вопрос

Сколько тонн в барреле легкой нефти (плотность 850 кг/м³)?

Ответ

Сколько тонн в барреле легкой нефти (плотность 850 кг/м³)?

1 баррель \approx 159 литров

1 литр = 1 дм³

1 баррель = 159 дм³

1 дм³ = 10⁻³ м³

1 баррель = 159 * 10⁻³ м³

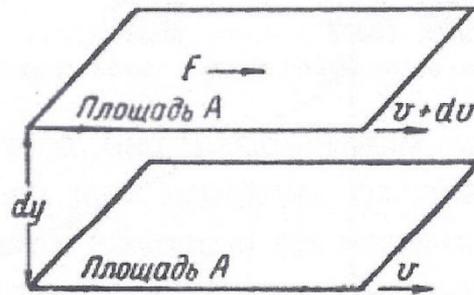
$$m = \rho * V$$

$$m = 850 \text{ кг/м}^3 * 159 * 10^{-3} \text{ м}^3 = 135,15 \text{ кг}$$

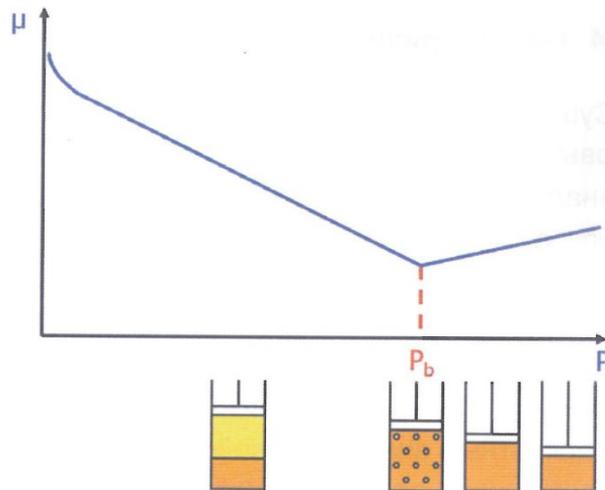
$$135,15 \text{ кг} \approx 0,135 \text{ т}$$

Вязкость

Под **вязкостью** пластовой нефти понимают силу трения (внутреннего сопротивления), возникающую между двумя смежными слоями внутри жидкости или газа на единицу поверхности при их взаимном перемещении



$$\frac{F}{A} = \mu \frac{dv}{dy}$$



Вязкость нефти увеличивается при выделении газа (снижение давления ниже давления насыщения) и увеличении плотности.

Сжимаемость.

Сжимаемость — свойство вещества изменять свой объём под действием всестороннего равномерного внешнего давления. Сжимаемость характеризуется коэффициентом сжимаемости, который определяется формулой

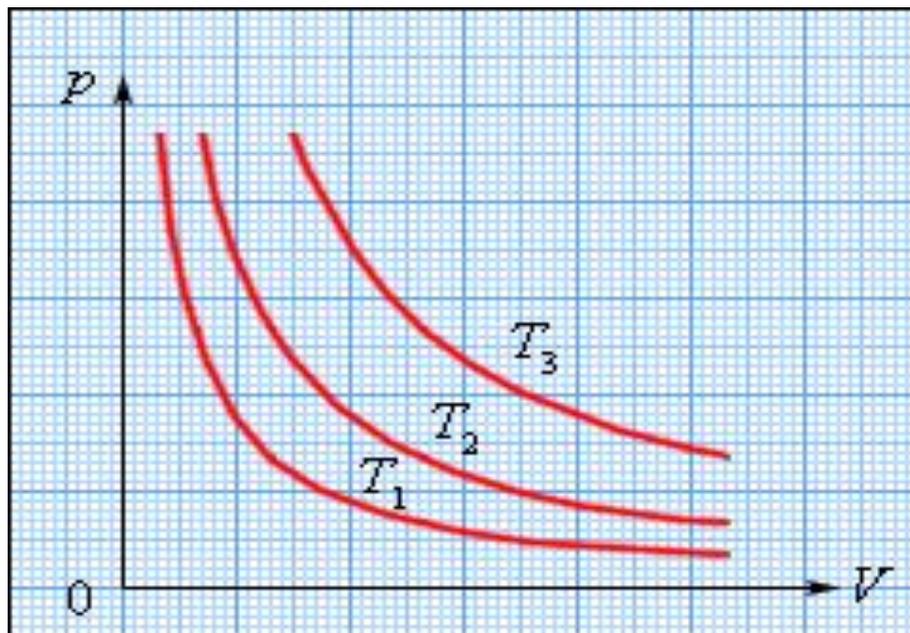
$$\beta = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp},$$

где V — это объём вещества, p — давление; знак минус указывает на уменьшение объёма с повышением давления.

- Коэффициент сжимаемости показывает, на сколько увеличится объём нефти при снижении давления на одну атмосферу.
- Данный коэффициент необходим для оценки упругих сил, развиваемых нефтью в пласте в процессе ее отбора при давлениях выше давления насыщения.

Уравнение состояния идеального газа

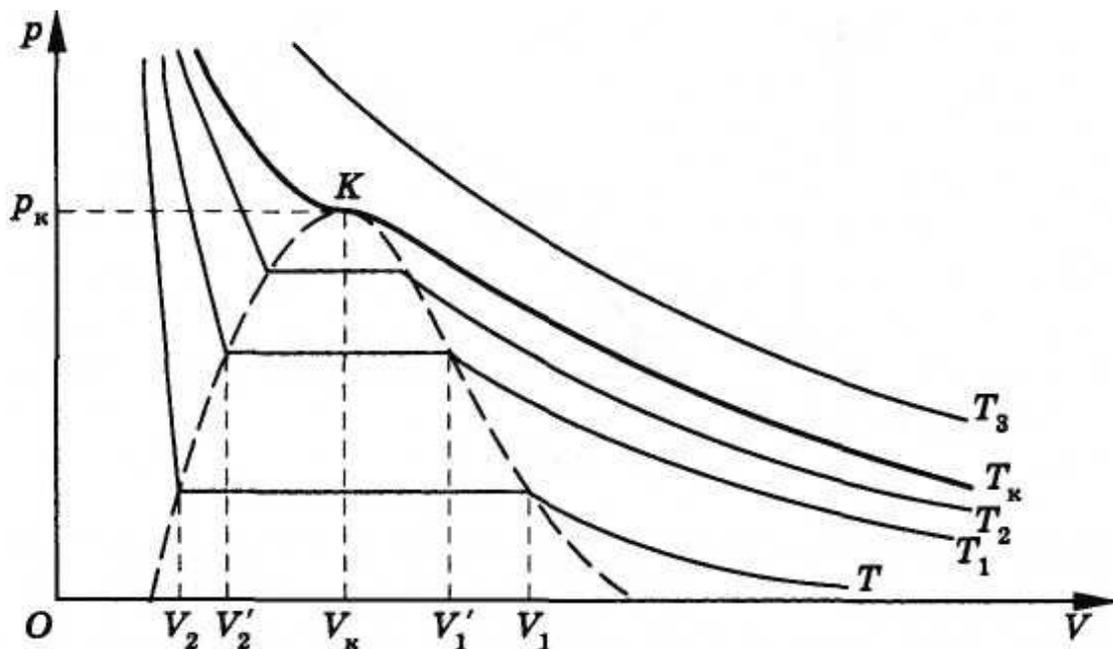
$$PV = nRT$$



где P – давление,
 V – объём,
 n – количество вещества,
 R – универсальная газовая
постоянная,
 T – абсолютная температура.

Уравнение состояния реального газа

$$PV = ZnRT$$



где Z – коэффициент сжимаемости газа;
 P – давление,
 V – объём,
 n – количество вещества,
 R – универсальная газовая постоянная,
 T – абсолютная температура.

После этой лекции я должен знать

Что такое и в каких единицах измеряется:

- Пористость, виды пористости
- Проницаемость, виды проницаемости, какая проницаемость используется при вычисление дебита скважины
- Насыщенность
- Смачиваемость, отличие гидрофильной породы от гидрофобной
- Давление насыщения
- Объемный коэффициент
- Сжимаемость
- Вязкость

Закон Дарси, а также размерность и определение всех физических величин, входящих в этот закон

Чем отличается:

- газосодержание и газовый фактор
- реальных газ от идеального