

الزکات العلم نشره



Sharif University of Technology
SPE Student Chapter

جریان سیال در محیط متخلخل

نام استاد: دکتر شاهرودی

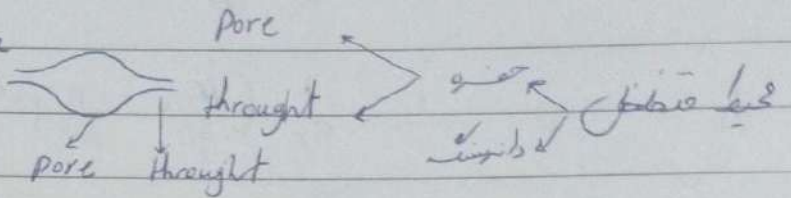
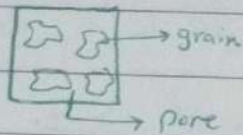
نام دانشگاه: دانشگاه صنعتی اصفهان

گردآورنده: زهرا قادری (Zahraa.ghaderi@gmail.com)

Website: www.SharifSPE.ir Telegram: t.me/SharifSPE

این جزوه در شاخه دانشجویی انجمن بین المللی مهندسان نفت دانشگاه صنعتی شریف به صورت رایگان منتشر شده و هرگونه کپی برداری بدون ذکر منبع (سایت و کانال انجمن) پیگرد قانونی دارد!

1. Fluid flow in porous media (practical approach)
2. 1. Dullien, porous media fluid transport and pore structure
3. 2. Collins, Flow of fluid through P.M
4. 3. fluid flow in PM, Heilmann
5. 4. petrophysics, Peters
6. 5. " , Donaldson

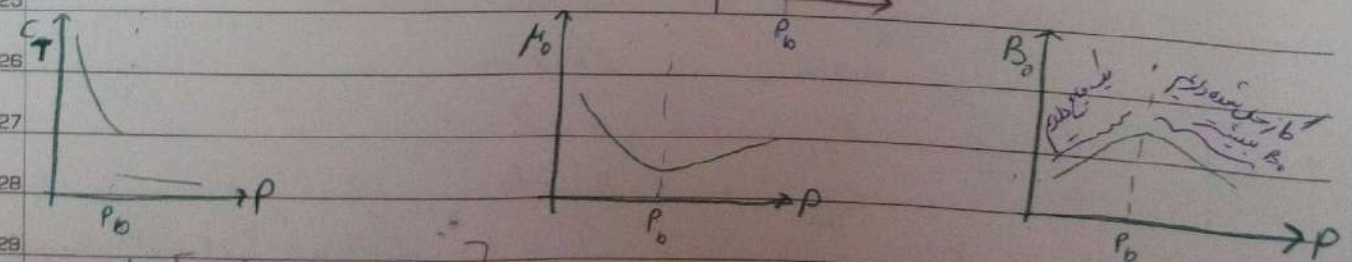


$\rho_{oil}, R_s, B_o, \mu_o, \gamma_o$ ← Fluid properties
 K, ϕ ← Rock
 wettability, R_o, P_c, k_r ← Rock & fluid
 Governing eq for transport phenomena

Specific gravity $\gamma_o = \left(\frac{\rho_o}{\rho_w} \right)_{S.C.} \rightarrow 40\% \text{ at } 14.7 \text{ PSI}$
 $\Delta p_I = \frac{14.7 \gamma_o}{\gamma_o} = 131.5$

سوال: در برنامه Eclipse، γ_o را در چه صورتی مربوط به ST است؟ اما در حال سیمولیشن میزنیم که در حالت استیپ چیست؟
 پاسخ: در حالت استیپ، γ_o را در حالت ST قرار میدهیم و در حالت سیمولیشن، γ_o را در حالت ST قرار میدهیم.

Compressibility, $C_o = -\frac{1}{V_o} \left(\frac{\partial V_o}{\partial P} \right)_T \rightarrow V = V_o \exp[C_o(P_o - P)] \sim V_o [1 + C_o(P_o - P)]$



$C_T = -\frac{1}{B_T} \left[\left(\frac{\partial B_o}{\partial P} \right) - B_o \left(\frac{\partial k_r}{\partial P} \right) \right]$

$$\checkmark B_0 = \frac{V_0 \text{ at } R_c}{V_0 \text{ at } SC} = \frac{bb_2}{STB} \Rightarrow 1$$

معمولاً B_0 بیشتر نشان برساند بر وزن نفت است
 عدد V_0 در SC کمتر باشد و عدد V_0 در R_c بیشتر باشد و نفت سنگینتر است

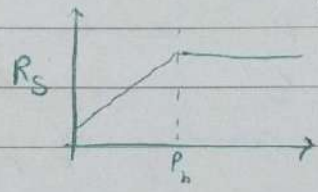
$$P > P_b \rightarrow C_o = -\frac{1}{B_0} \frac{\partial B_0}{\partial P}$$

$$P < P_b \rightarrow C_T = -\frac{1}{B_T} \left[\frac{\partial B_0}{\partial P} - \beta_g \left(\frac{\partial R_s}{\partial P} \right) \right] = \frac{1}{B_T} \frac{\partial R_s}{\partial P} \left[\beta_g - \frac{\partial B_0}{\partial R_s} \right]$$

\checkmark solution gas or dissolved gas R_s gas produced $\frac{scf}{STB}$

در این حالت در سطح آبرفتی محلول گاز زیاد است

$$B_0 \uparrow \rightarrow R_s \uparrow$$



تا این حد هیچ کاری نیست همانطور می بینیم
 R_s نسبت به فشار در فشارها بالاتر از P_b تغییر نمی کند
 پس R_s کاهش نیابد یا

with out Gas Cap

$$R_s = GOR$$

$$GOR > R_s$$

کاملاً اوقات $GOR < R_s$ هستند و این زمان زمانه است که از حد ما گاز شروع به زایل شدن
 حرکت و چول اشباع آن حال است immobile هستند

موارد دیگر شده در حفرات (pore) حیدر cell $P_r T$ حین رفتار را دارند زیرا در صورت

تغییر دینامیک است و کاری به طرف ندارد

نسبت P, T, P

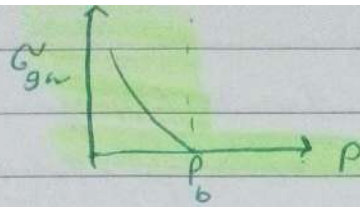
\checkmark surface tension L-g

interfacial tension IFT L-L \rightarrow seb $\frac{dyn}{cm}$

miscible \rightarrow IFT = 0

	گاز در مایع	σ_{OG}	\rightarrow 0-2
	مایع در مایع	σ_{OW}	\rightarrow 20-40

هدف این است به فشار دو سیال را یکی کنیم پس
 به این راه اقدام از BP نقطه سیال



Rock Property

porosity $\frac{V_p}{V_b} = \frac{V_b - V_g}{V_b} = 1 - \frac{V_g}{V_b}$

$\left. \begin{array}{l} \phi_{total} \\ \phi_{eff} \end{array} \right\}$

compressibility pores $C_\phi = \frac{1}{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial P}$

res pressure $\frac{\partial \phi}{\partial P}$

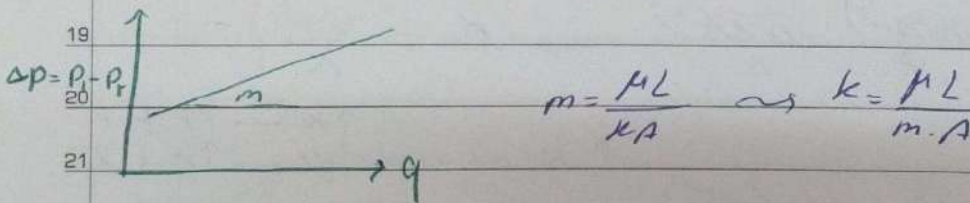
$\rightarrow \phi = \phi_0 [1 + C_\phi (P - P_0)]$

overburden $\phi \leftarrow P \uparrow$

permeability $q = -\frac{kA}{\mu} \frac{\partial P}{\partial x}$

Darcy eq $q = -\frac{kA}{\mu} \frac{\partial P}{\partial x}$

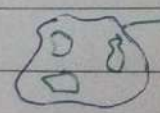
for field unit $1,127$



خاصیت استقامت در شیخخصیت سدهاست پس شرف ندارد چنانچه سیاه
بجز خصوصیات و با جبر در استفاده گردد در کایت شیخ و کایت خواهد بود

$\frac{q}{A} = v_{app}$

$v_{acc} = \frac{v_{app}}{\phi \cdot S}$



shale $\phi \uparrow \rightarrow k \downarrow$

carbonate $\phi \downarrow \rightarrow k \uparrow$

NEGAR. ESFAHAN

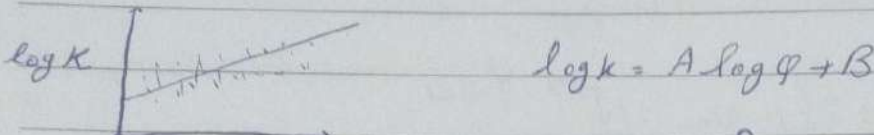
$\phi = \frac{V_p}{V_b}$ چون تم سست بالاست ϕ کوچک و زیاد میشود
ایمان سست باعث عبور جریان بالایی میگردد

خلاصه نکات:

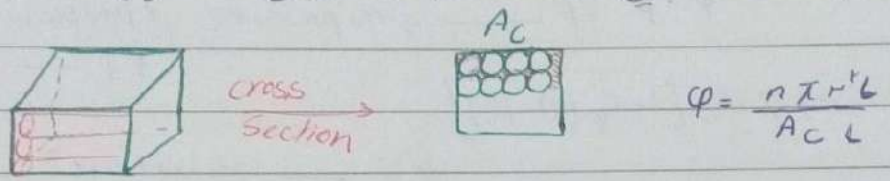
k, ϕ relationship \rightarrow ① for rock typing

② برای تعیین مقدار تخلخل یا پدیده بین k و ϕ در سنگها

معمولاً رابطه بین k و ϕ در سنگها به صورت $k = A \phi^B$ است که در این رابطه A و B ضرایب تجربی هستند.



رابطه کوژنی - کارمان (Kozeny-Carmen) بر مبنای تئوری تخلخل برای سنگهای متخلخل است که بر مبنای تئوری تخلخل بر مبنای هندسه حفره‌ها (grains) است.



Poiseuille's law: $q = \frac{\pi r^4}{8 \mu} \frac{\Delta P}{L}$

Darcy eq: $q_c = \frac{K A_c}{\mu} \frac{\Delta P}{L} \Rightarrow K A_c = \frac{\pi \pi r^4}{8}$

$\phi = \frac{n \pi r^2}{A_c} \Rightarrow K = \frac{\phi r^2}{8}$

↑ K or conductivity ← ↑ φ ↓ r

در سنگهای متخلخل، تخلخل بیشتر از یک طرفه است و در این رابطه هم است.

در هندسه تخلخل واحد K یا mD هر دو واحد یکسان است و تبدیل واحد آنها به هم میسر است.

$10m^2 = 1101 \mu \times 10^4 D$

$S_{vp} = \frac{\text{حجم سطح حفرات}}{\text{حجم حفره}} = \frac{n \cdot 2 \pi r L}{n \cdot \pi r^2 L} = \frac{2}{r}$

$S_{vp} = \frac{2}{r}$

Year. Month. Date. ()

1 $S_{vgr} = \frac{\rho \pi r^2 L}{(1-\phi) A_c L} \cdot \frac{2}{r} \cdot \frac{1}{1-\phi} = \frac{2}{r} \cdot \frac{\phi}{1-\phi}$

3 $S_{vgr} = \frac{2}{r} \cdot \frac{\phi}{1-\phi}$

5 $S_{vgr} = \frac{S_{vp}}{\phi} \cdot \frac{\phi}{1-\phi}$

7 $k = \frac{\phi r^2}{8} \rightarrow S_{vp} = \frac{2}{r} \rightarrow k = \frac{\phi}{2 \cdot S_{vp}^2} = \frac{1}{2 \cdot S_{vgr}^2} \cdot \frac{\phi^3}{(1-\phi)^2}$

9 $k = \frac{\phi}{r \cdot S_{vp}^2} = \frac{1}{2 \cdot S_{vgr}^2} \cdot \frac{\phi^3}{(1-\phi)^2}$

11 از این رابطه می توان برای ضریب انتقال استفاده کرد و رابطه دیگری که می توان از آن استفاده کرد این است که ضریب انتقال در صورتی که ضریب انتقال در آن کمتر از 1 باشد

14 مسئله 2
15 یک عدد در هر سانتی متر (تعداد ستاره ها) برابر 0.17, 480 mD
16 حرکت کند
17 (الف) می توانیم شعاع حفرات این سنگ را حساب کنیم
18 (ب) شعاع ویژه شعاع را حساب کنیم (S_{vp}, S_{vgr})

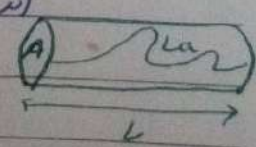
19 $k = \frac{\phi r^2}{8}$

20 $480 \text{ mD} \cdot \frac{1}{1000} = 0.48 \text{ D} \cdot \frac{1 \text{ cm}^2}{1.078 \times 10^8 \text{ D}} = 0.477 \times 10^{-8} \text{ cm}^2$

22 $0.477 \times 10^{-8} = \frac{0.17 r^2}{8} \rightarrow r^2 = 22.165 \times 10^{-8} \rightarrow r = 4.71 \times 10^{-4} \text{ cm}$

24 $S_{vp} = \frac{2}{r} = 0.425 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ $S_{vgr} = \frac{S_{vp}}{\phi} \cdot \frac{\phi}{1-\phi} = 862 \text{ cm}^{-1}$

26 حل اینکام بدون ضرورت و با در نظر گرفتن آن رابطه را می توان به دست آورد
27 اگر در همانی موقوع مستقیم باشد و برای پی و حجم باشد

28 $\text{tortuosity} = \frac{L_a}{L} > 1$ 

30 L_a مسافت چنان طول را می گویند L طول صاف

Hagen - Poiseuille $\rightarrow q_t = \frac{n \pi r^4}{8 \mu} \frac{\Delta p}{L a} \quad \phi = \frac{n \pi r^2 L a}{A_c \cdot L}$

سختی در لوله برای برآورد ضریب در استناد از رابطه ϕ می توانیم

$K = \frac{\phi r^4}{8 \tau} \quad \downarrow K \leftarrow \uparrow \tau \cdot L \cdot 1$

$K = \frac{1}{2 \cdot \tau \cdot S_{vgr}^2} \cdot \frac{\phi^3}{(1-\phi)^2} = \frac{\phi}{2 \cdot \tau \cdot S_p^2}$

از این جا بر می آید که از لحاظ با توجه به رابطه ϕ و τ می توانیم رابطه را بدین صورت واقعی تر کنیم

Wylie & Spangler: $2 = K_{ps} \cdot \text{pore shape factor}$

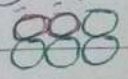
Carman's $2 \cdot K_{ps} \sim 5$

Kozeny - Carman's $K = \frac{1}{K_{ps} \cdot \tau \cdot S_{vgr}^2} \cdot \frac{\phi^3}{(1-\phi)^2}$

1. هر چه رانه ها کوچکتر $\uparrow S_{vgr}$ $\downarrow K$
 2. هر چه رانه ها بزرگتر $\downarrow S_{vgr}$ $\uparrow K$

مثال ۳

Sandpack ساخته شده از رانه های بی شکل با $\phi = 20\%$ و قطر میانگین



قطر $48 \text{ mm} = 0.125 \text{ cm}$ \rightarrow $0.125 \text{ mm} = 0.0125 \text{ cm}$

مساحت دایره πr^2 \rightarrow مساحت مربع $4\pi r^2$

حجم دایره $\frac{2}{3}\pi r^3$ \rightarrow $\frac{4}{3}\pi r^3$

$S_{vgr} = \frac{n \cdot 4\pi r^2}{n \cdot \frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{r} = \frac{6}{0.0125} = 480 \text{ cm}^{-1}$

$K = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{S_{vgr}^2} \cdot \frac{\phi^3}{(1-\phi)^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{(480)^2} \cdot \frac{0.2^3}{0.8^2} = 2.71 \times 10^{-8} \text{ cm}^2 = 2.7587 \text{ D} = 2750 \text{ mD}$

$K = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{S_{vgr}^2} \cdot \frac{\phi^3}{(1-\phi)^2} = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{(480)^2} \cdot \frac{0.2^3}{0.8^2} = 1100 \text{ mD}$

این رابطه دقیق تر است و می توانیم از آن استفاده کنیم

Year. Month. Date. ()

1
2 $K_T = K_{PS} \cdot T$ → K_T effective storage fraction (توانایی ذخیره‌سازی مؤثر)
3 ↳ P (pore & grain size distribution)
4 در واقع هر چه K_T بیشتر باشد (در صورتیکه نوع سنگ مشخص باشد) ...

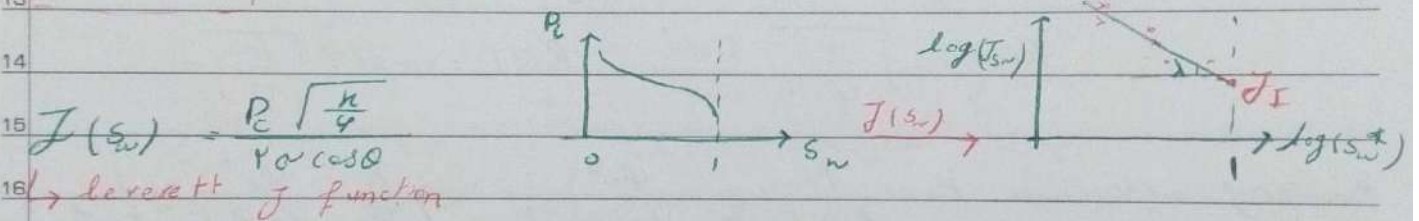
$$K = \frac{1}{k_T} \cdot \frac{1}{S_{gr}^2} \cdot \alpha_R$$

$$\phi_R = \frac{\phi_e^3}{(1 - \phi_e)^2}$$

توانایی ذخیره‌سازی

Mercury Injection

12 $k_T = \frac{1}{J_I^2}$ این پارامتر از P_c تعیین می‌شود. J_I lithology Index



$$S_w^* = \frac{S_w - S_{wi}}{1 - S_{wi}}$$

↳ pore size distribution Index

20 هم چه سازند k و هم چه سازند J_I ...
21 J_I ...

جلد ۱

این حالت این است که چاه در لایه‌ها را دست‌نزدی می‌کند و این حالت سرچاهی

حالت (Flow units) است

مثل زمین شناسی اساس lithology برستی نزدی می‌باشد این دست‌نزدی یعنی
مورد استفاده است که این دست‌نزدی برای چندین مورد غیر نیست زیرا دست‌نزدی

در چندین لایه در چندین اساس fluid flow است یعنی اساس خودی که بر روی
برین اثر نزدیکانه (مثل $K\phi$) دست‌نزدی لایه‌ها را در چندین k_r و P_c multi phase
single phase

wettability را در دست‌نزدی در نظر گرفته

Reservoir quality Index (RQI) (شاخص کیفیت)

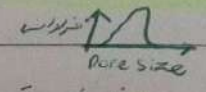
$$RQI = \frac{1}{\mu} \sqrt{\frac{k}{\phi}} \times 10^4$$

$$RQI = 0.00374 \sqrt{\frac{k}{\phi}}$$

Kozeny carman $\rightarrow k = \frac{1}{k_T \cdot S_{gr}^2} \cdot \frac{\phi_e^3}{(1-\phi_e)^2} \rightarrow \frac{k}{\phi_e} = \frac{\phi_e^2}{(1-\phi_e)^2} \cdot \frac{1}{k_T \cdot S_{gr}^2}$

$$RQI = \sqrt{\frac{k}{\phi}} = \frac{\phi_e}{1-\phi_e} \cdot \frac{1}{\sqrt{k_T}} \cdot \frac{1}{S_{gr}}$$

هر چه عرض پوریت بیشتر یعنی (لایه‌ها در هم) (سخت‌یافت‌تر (uniform) - یکنواخت‌تر) - یکنواخت‌تر



غیر یکنواخت‌تر



این شامل همه است چاه دست‌نزدی چاه

h) Flow zone Indicator (شاخص لایه سیل - لایه)

$$FZI = \frac{1}{S_{gr} \cdot \sqrt{k_T}}$$

$$FZI \rightarrow k_T \rightarrow FZI$$

$$RAI = FZI \cdot \frac{\phi_e}{1 - \phi_e}$$

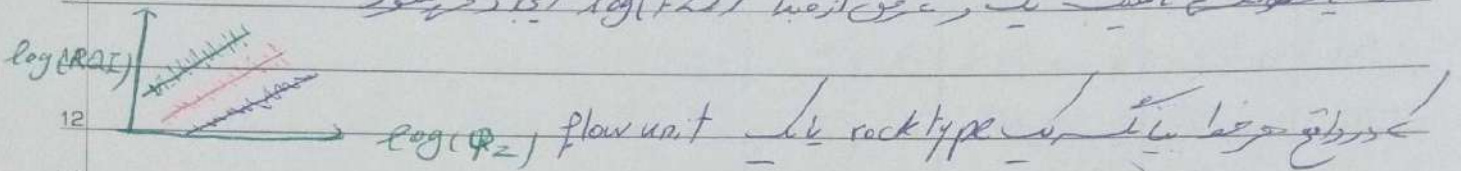
$$\frac{\phi_e}{1 - \phi_e} = \phi_2$$

$$\log RAI = \log(FZI) + \log(\phi_2)$$

داخل آن با افت کاپاسیته
داخل آن با افت کاپاسیته

در عمل با این داده ها ϕ, k از طریق نمودار برسی کنیم، این داده ها داخل یک رستو قرار می دهیم و بررسی می کنیم

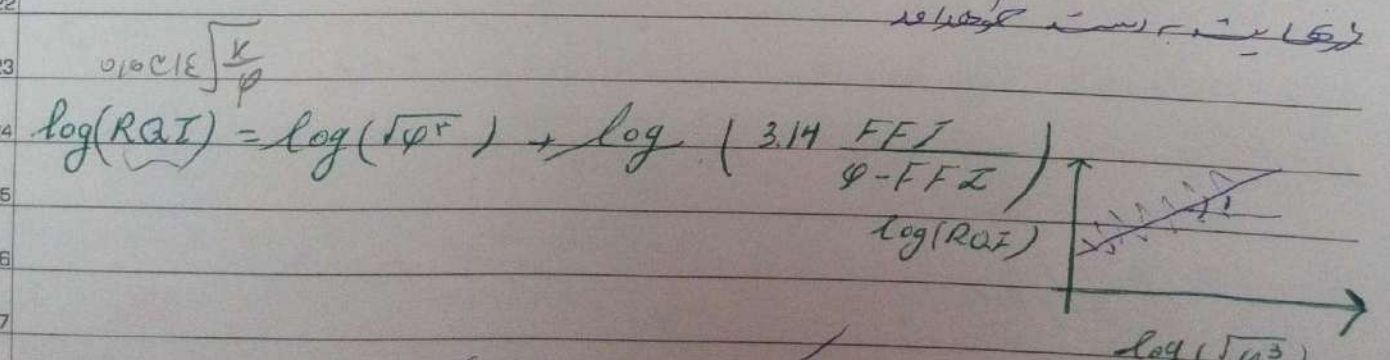
1. محاسبه RAI
2. محاسبه ϕ_2
3. رسم $\log(RAI)$ vs $\log(\phi_2)$



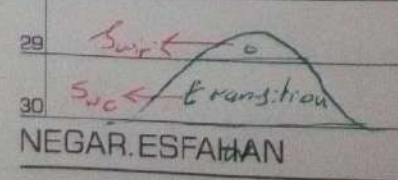
اصول در واقعیت، نمودارهای مثل زیر در دسترس نیستند، در صورتی که صورتی هستی همانا تعیین در خطوط باشد. یک رستو می کشیم سپس این خطوط را آنتی می چک می کنیم تا کمترین خط با داده های موجود را پیدا کنیم

در صورتی که نمودارهای زیر در دسترس نیستند (Free fluid Index)

$$FFI = \phi(1 - S_{wir})$$

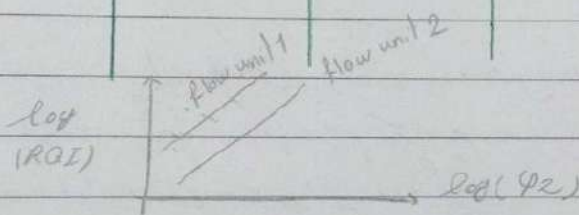


تایید اینکه در ناحیه ای از نمودار (fluid flow) 5 داریم
حکایت: اگر در نمودار مشاهده کنیم که در تمام نقاط است S_{wir} و S_{wc} و S_{wir} که با افت داده و به هیچ وجه تغییر نمی کند



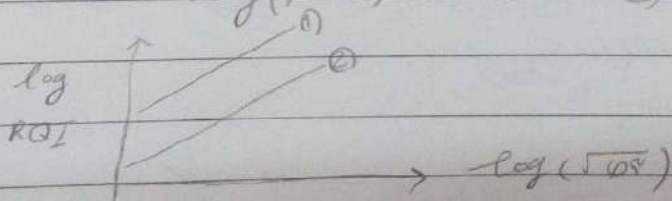
$$RQI = 0.12314 \sqrt{\frac{k}{\phi}} \quad \rho_2 = \frac{\phi}{1-\phi}$$

k.mD	ϕ	$\log(RQI)$	$\log(\rho_2)$	$\log(\sqrt{\phi^2})$
22	0.08	-0.283	-1.06	-1.64
51	0.1	-0.144	-0.954	-1.5
315	0.12	0.204	-0.865	-1.38
344	0.13	0.208	-0.825	-1.32
90	0.11	-0.046	-0.908	-1.43
112	0.09	0.044	-1.004	-1.56
430	0.19	0.1742	-0.627	-1.08
250	0.16	0.0938	0.72	-1.19
490	0.14	0.268	-0.788	-1.22



for flow unit 1 $\log(RQI) = 1.05 \rightarrow FZI_1 = 11.2$

for " " 2 $\log(RQI) = 0.78 \rightarrow FZI_2 = 6.3$



for flow unit 1 $\rightarrow \log(RQI) = \log(\sqrt{\phi^2}) + 1.57$

for flow unit 2 $\rightarrow \log(RQI) = \log(\sqrt{\phi^2}) + 1.32$

$\log\left(\frac{3.14 \cdot FFI}{\phi - FFI}\right) = 1.57$ \rightarrow $\phi = 0.11$ (for flow unit 1)

$10^{1.05} = 3.14 \cdot \frac{x}{0.08 - x} \rightarrow \frac{x}{0.08 - x} = 11.832 \rightarrow 0.94656 - 11.832x = x$

$\rightarrow FFI = 0.0737$

$FFI = \phi(1 - S_{wir}) \rightarrow 0.0737 = 0.08(1 - S_{wir}) \rightarrow S_{wir} = 0.078$

Subject:

Year. Month. Date. ()

فرد - ۱۳۹۰ - تیر
جلسه ۳

Formation Resistivity and water saturation

مقاومت الکتریکی (مقاومت و رسانایی الکتریکی): توانایی سست در عبور جریان الکتریکی از داخل آن
Res log در طول مقاومت سازه اندازه گیری شود

مقاومت (Resistance) $R = \rho \frac{L}{A}$ با ρ عایش هر دو هم
 $\rho = \frac{E}{I} = \frac{\text{افت پتانسیل}}{\text{جریان}}$

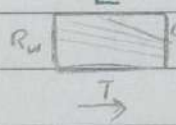
Resistivity R عایش هر دو هم ($\Omega \cdot m$)

$R = \rho \frac{A}{L}$
مساحت مقطع A
طول L

Brine Resistivity R_w عایش هر دو هم

عین آن طرف استوانه ای داشته باشم ۱۰۰ اشباع شده Brine به مقاومت برابر R_w

$R_w = \rho_w \frac{A}{L}$



نمودار ۴.۴ صفحه ۲۵۷ کتاب fixab

Formation Resistivity

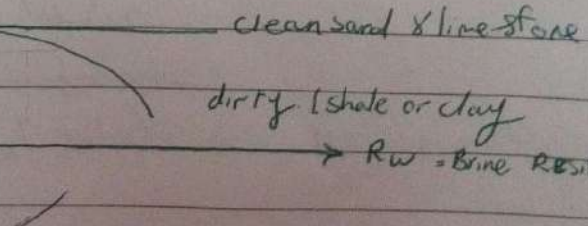
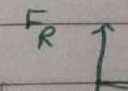
عین آن طرف استوانه ای داشته باشم ۱۰۰ اشباع شده clay و shale داشته باشم در آن طرفت هر دو
سست در وقت

$R_o = \rho_o \frac{A}{L}$

$R_o \rho_w = I_w I_o$ در پایین

Resistivity factor

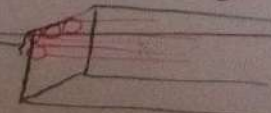
$F_R = \frac{R_o}{R_w} > 1$



با افزایش R_w F_R \downarrow و چون R_o درست است R_w از آن
باید در جریان اثر افزایش آن در شکل اثر رسوبی
همه در وقت سست در آن طرفت هر دو در آن

بدرستی استخوان / Bundle of tube در نظر گرفته می شود F_R چقدر بیشتر شود

porous line



* نسبت جاری نفت و سایر مایعات حاوی ماسه به آب در حفره های مویس حاوی ماسه برابر با مقدار F_R است

مساحت مقطع المان مویس

Year. Month. Date. ()

$$R_{wc} = \frac{E}{I_{wc}} \cdot \frac{A_n}{L}$$

$(A_n) = n \pi r^2$: cross section of tubes

$$R_o = \frac{E}{I_o} \cdot \frac{A}{L}$$

(A) - total cross section

$$A_n = \phi A$$

$$F_R = \frac{R_o}{R_{wc}} = \frac{A}{A_n} \cdot \frac{I_{wc}}{I_o}$$

مساحت مقطع المان مویس \rightarrow Distance \rightarrow مساحت در برابر مساحت است

$$I_{wc} = I_o$$

$$\phi = \frac{A_n}{A}$$

$$F_R = \frac{1}{\phi}$$

مساحت در نظر گرفته شده در برابر

$$L = \left(\frac{La}{L}\right)^2$$

$$R_o = \frac{E}{I} \cdot \frac{A}{L}$$

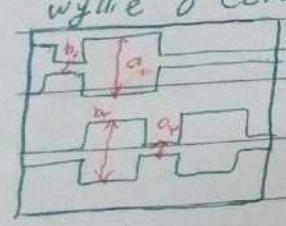
$$F_R = \frac{R_o}{R_{wc}} = \frac{I_{wc}}{I_o} \cdot \left(\frac{A}{L}\right) \cdot \left(\frac{La}{A_n}\right) = \frac{\sqrt{L}}{\phi}$$

$$R_w = \frac{E}{I_{wc}} \cdot \frac{A_n}{La}$$

$$F_R = \frac{\sqrt{L}}{\phi}$$

$\downarrow F_R \leftarrow$ و عوارض دیگری $\rightarrow \uparrow \phi$

wyllie & cordner



نسبت مساحت المان مویس در برابر مساحت ماسه های حفره

$$F_R = \frac{\sqrt{L}}{\phi^2}$$

F_R با میزان سیمنس شدن نسبت به نیر رابطه دارد

مساحت ماسه در برابر مساحت مویس

higher cementation \Rightarrow higher F_R

Archie Law

$$F_R = \frac{1}{\phi^m}$$

m: cementation Factor = 2

NEGAR.ESFAHAN
شماره 3 و هم در نظر داشته

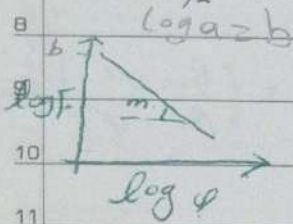
رابطه خطی از Humble

$$F = \frac{a}{\phi^m}$$

Humble

$$\left. \begin{array}{l} \frac{0.62}{\phi^{2.75}} \\ \frac{0.81}{\phi^2} \end{array} \right\}$$

log F vs log φ رابطه خطی می توانیم a, m را بدست آوریم



$$\log F = \log a - m \log \phi$$

مثال

Nach 1 شعاع 1100 (consolidated)

D=3in l=12in قطر 850 Ω در 72.0 °F 34000ppm

at 34000 ppm & 72.0 °F Fig 4-4 → R_w = 0.12 Ω m

محاسبه R₀ → R₀ = 850 Ω → R₀' = r₀ $\frac{\pi D^2}{L}$ = 850 $\frac{\pi (3/2)^2}{12}$

R₀ = 500 Ω in = 1.27 Ω m

Humble law → F_R = $\frac{0.81}{\phi^2}$, F_{R} = $\frac{R_0}{R_w}$ = 7.57 ⇒ φ = 0.28}

R_w = cte

φ	R ₀	F = $\frac{R_0}{R_w}$
,	,	,
,	,	,
,	,	,
,	,	,

→ log F vs log φ → a, m

رابطه خطی

Formation Resistivity and water

SS water saturation, F_R (سازگاری)

سازگاری در چاه آب است زیرا حاوی نمک است و آب را جذب می کند
Resistivity

R_F = true Resistivity of formation oil-water
- gas
contains oil, water, gas

Archie $\rightarrow \left(\frac{R_o}{R_t} \right)^{1/n} = S_w \rightarrow \left(\frac{R_w \cdot F_R}{R_t} \right)^{1/n} = \left(\frac{R_w \cdot a}{R_t \cdot \phi^m} \right)^{1/n} S_w$

$\left(\frac{R_w \cdot a}{R_t \cdot \phi^m} \right)^{1/n} = S_w \rightarrow \frac{R_t}{R_o} = I_R$ - resistivity index

از نمودار رسم log-log استفاده می شود

$S_w = I_R^{-1/n}$ = resistivity Index $\rightarrow \log S_w = \left(-\frac{1}{n} \right) \log I_R$

(R_o) - سازگاری

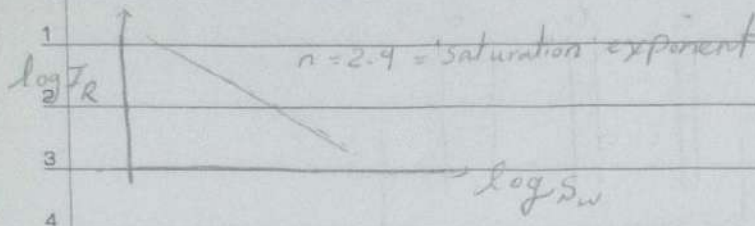
R_t - سازگاری در آب شور
flood zone - منطقه اشباع در آب شور

مثال:

$R_w = 0.55$ Mm Brine از $(D = 19 \text{ cm } l = 32 \text{ cm})$ سازگاری
desaturate / سازگاری در آب شور

$R_t = r_o A$

S_w	I_R	R_t (m.m)	$I_R \left(\frac{R_o}{R_t} \right)$	A ()	ϕ ()
1	521	4.61 = R_o	1		
0.9	678	6.007	1.301	$F_R = \frac{R_o}{R_w} = \frac{4.61}{0.55} = 8.37 \text{ HU}$	$\rightarrow \frac{0.81}{\phi^2}$
0.8	913	8.089	1.71		
0.73	1151	10.198	2.21		
0.64	1510	13.379	2.90		
0.56	2255	19.229	4.33		
0.48	3125	27.777	6.03		
0.375	5270	46.694	10.13		
0.35	6820	60.427	13.11		
0.3	10400	89.489	19.41		



نوعی از چسبندگی در نوعی از سنگ رسوبی
 که در نوعی از سنگ رسوبی

Multiphase flow

capillary force

در طول C.F, G.F نیروی ای برآیندی
 وقتیکه با نیروی بالا ترین غلبه
 viscous F بالا می رود در راس
 capillary

$$P_c = P_{nw} - P_w$$

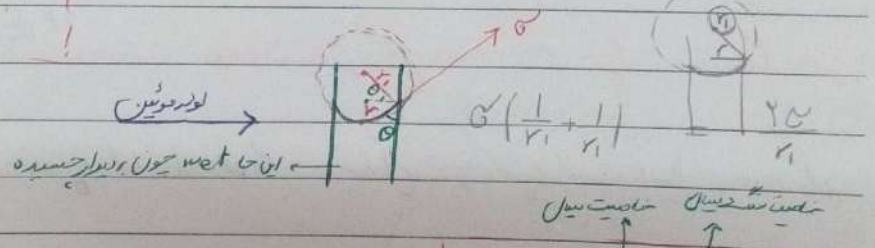
oil wet → $P_c < 0$
 water wet → $P_c > 0$

$$\begin{cases} P_{c_{ow}} = P_o - P_w \\ P_{c_{og}} = P_g - P_o \\ P_{c_{gw}} = P_g - P_w \end{cases}$$

در قطر لوله
 spherical

$$P_c = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$R_1 = R_2 \Rightarrow P_c = \frac{2\sigma}{R}$$



$$P_c = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = \frac{2\sigma}{r_1} \quad r = r_1 \cos \theta$$

$$P_c = \frac{2\sigma \cos \theta}{r}$$

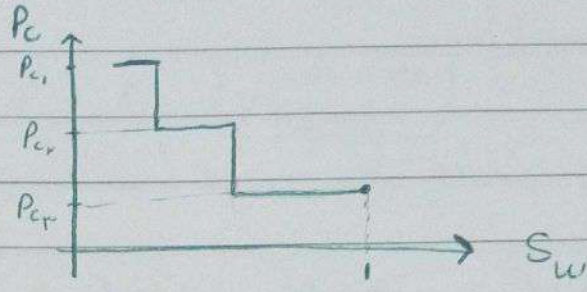
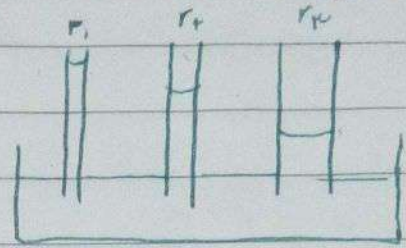
$$r = \sqrt{\frac{2\sigma}{P_c}}$$

معادله بالا چه کوله معنوی، چه منفی، چه صفر باشد چون اثر جهت ندارد پس همیشه مثبت می باشد

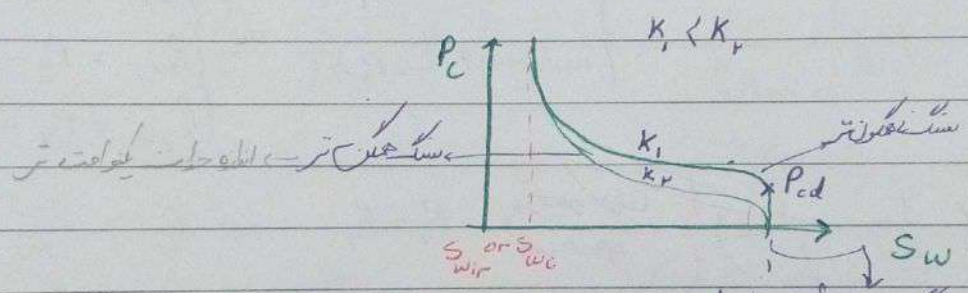
در عین حال که از P_c که از S_w تابع می باشد و در رابطه با نیروی ای برآیندی بالا اثر ندارد

NEGAR. ESFAHAN
 در صورتیکه اطلاعات معنی در مورد پارامترها موجود نباشد چنانچه در این رابطه به شما کمک کند
 مقادیر مثبت قابل استفاده است و در این رابطه به شما کمک کند
 در صورتیکه P_c در جهت مثبت باشد (معنوی باشد) یا در جهت منفی

$P_c = f(S_w) \rightarrow$ wet phase



تفاوت در شعاع منافذ منجر به تفاوت در P_c می شود

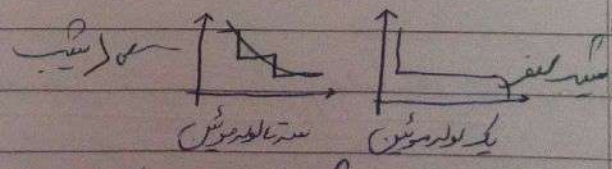


feature of capillary pressure curves

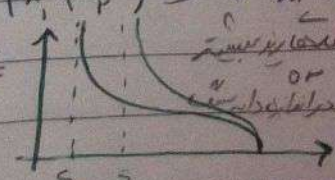
1- threshold P_c or entry pressure = P_{cd}

2- فاز Sw در ابتدای جریان در منافذ بزرگتر است

3- هر چه شعاع منافذ بزرگتر باشد، شعاع منافذ نیز بیشتر است

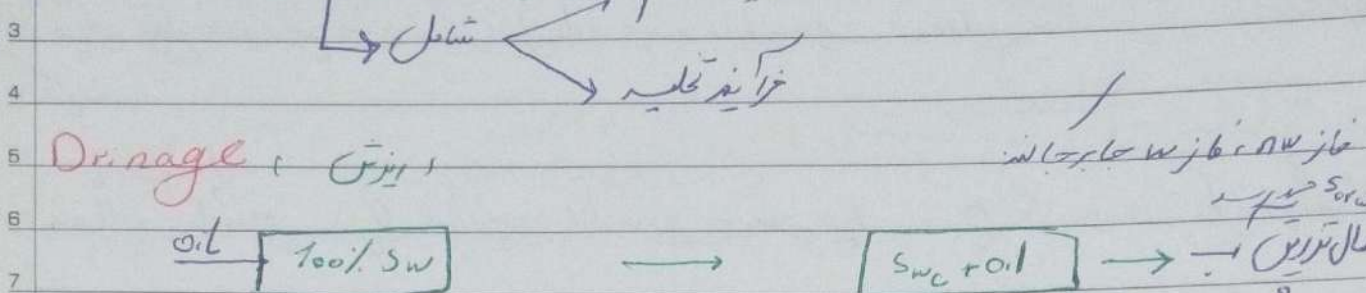


4- افزایش شعاع منافذ باعث کاهش P_c می شود ($k_1 < k_2$)

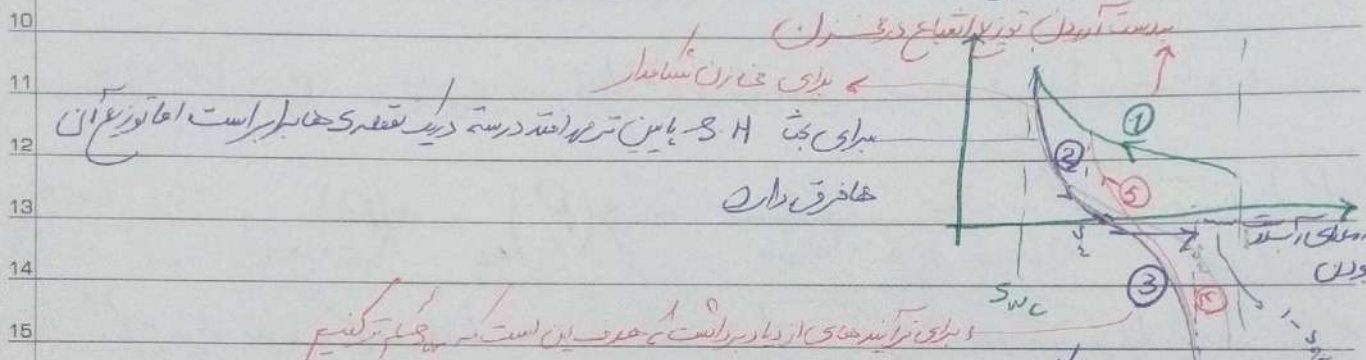


شعاع منافذ بزرگتر $\rightarrow k \downarrow \rightarrow Sw_i \uparrow$

$\rho_c = f$ (pore and grain size distribution, IFT, wettability, k, ϕ , saturation history)
 تاریخچه آنتام
 شامل
 فرآیند تخلیه



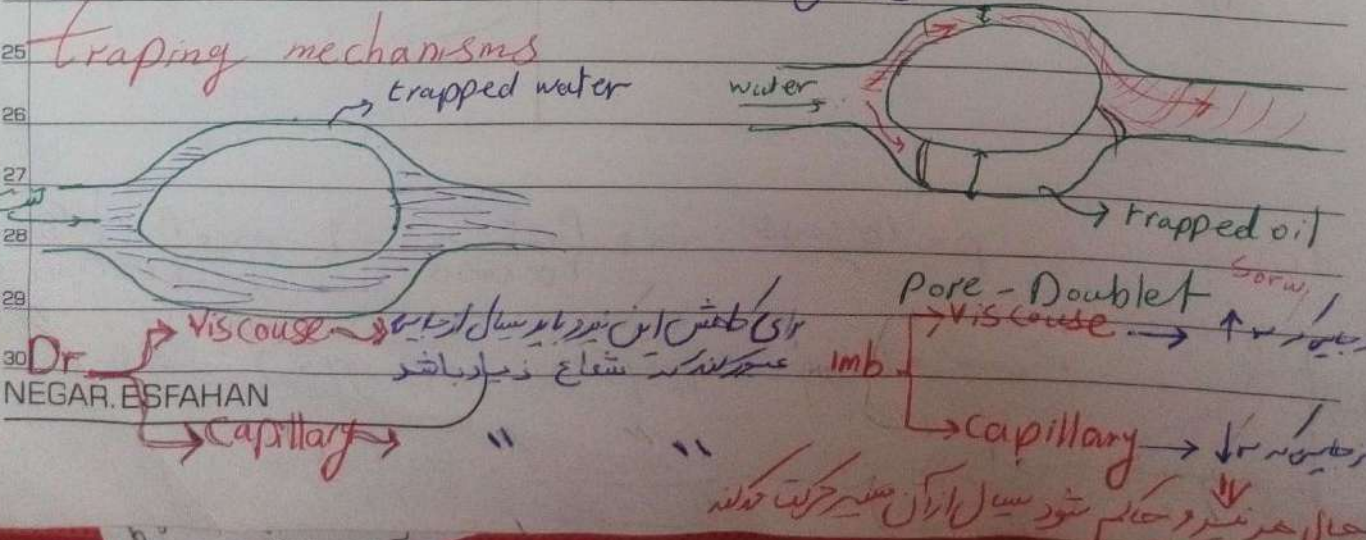
Primary Drainage
 Primary migration
 چگونگی حرکت در داخل
 حفره ها و سوراخ ها
 1
 2



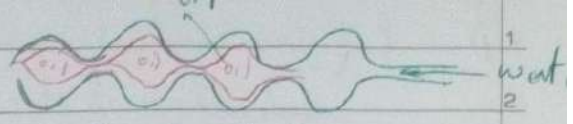
Force imbibition
 3
 آنتام اجباری
 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30

secondary drainage (spontaneous)
 (Force)
 4
 5

trapping mechanisms
 trapped water
 water
 trapped oil
 Pore - Doublet
 Viscouse
 Capillary
 Viscouse
 Capillary
 Viscouse
 Capillary

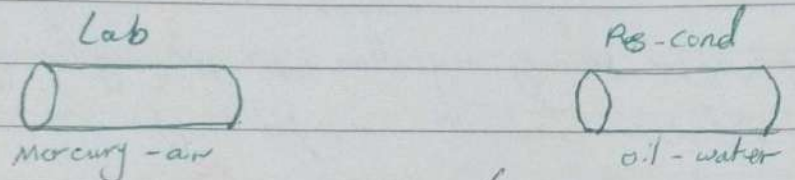


تاریخچه استوار حلقه در سوراخ
 Snap-off (تنگ شدن) - نمودار تغییرات در سراسر حلقه استوار
 حلقه شمع حفره کوچک شود بیشتر قابل باربرداری و در صورت لزوم تا جایی که نتواند باربرداری کند



$$P_c = \frac{2\sigma \cos \theta}{r}$$

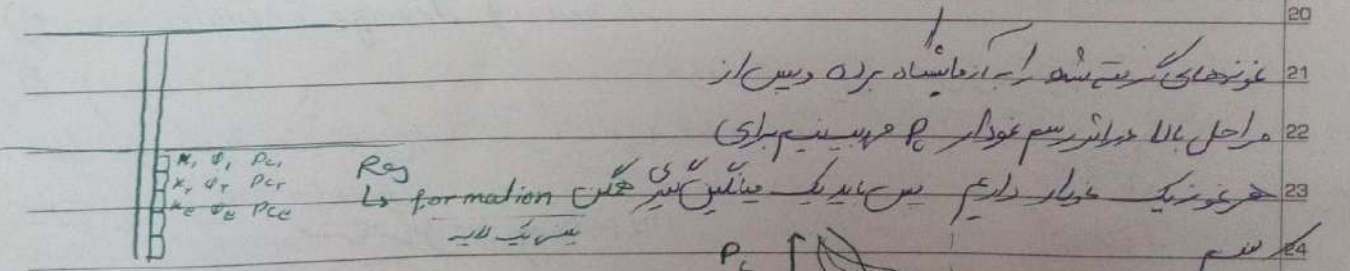
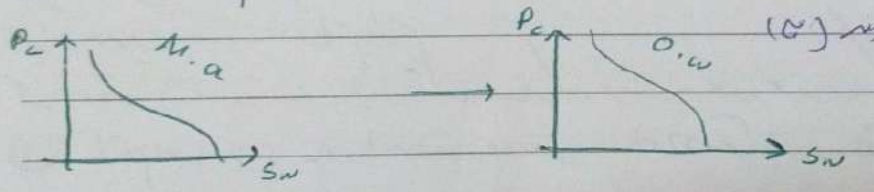
معادله در آزمایشگاه P_c معادله عمومی (تاریخچه) در سوراخ حلقه P_c در وقت تشکیل حلقه در سوراخ



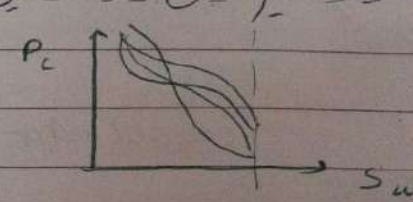
این در شرایط $P_c = \frac{2\sigma \cos \theta}{r}$ تغییر می کند و در حلقه استوار است

$$\frac{(P_c)_{Lab}}{(P_c)_{Res}} = \frac{\sigma_{air-mer} \cos \theta_{air}}{\sigma_{o-w} \cos \theta_{ow}} \rightarrow (P_c)_{Res} = (P_c)_{Lab} \frac{\sigma_{ow} \cos \theta_{ow}}{\sigma_{a.m} \cos \theta_{a.m}}$$

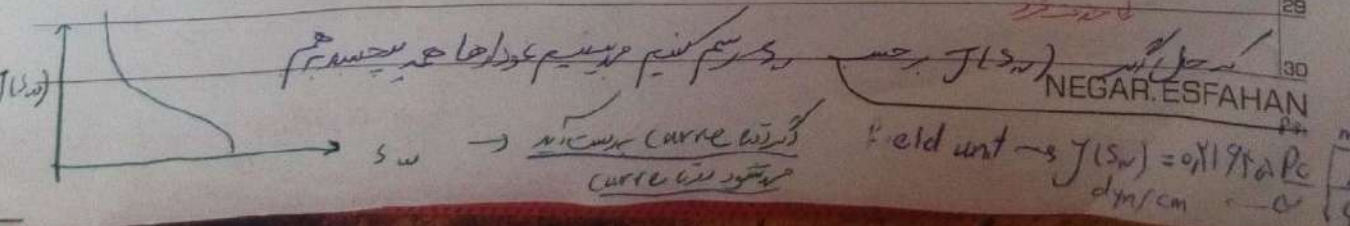
نسل خوب تغییر کند فقط در حالت غلبه سیف و حرکت چرخشی تقسیم (تاریخچه) حلقه استوار است فقط سیال تغییر می کند (5)



تاریخچه استوار حلقه در سوراخ
 مراحل بالا در این رسم خودکار P_c همیشه برای
 حلقه استوار در این رسم خودکار P_c همیشه برای
 تغییرات



Leverette $P_c = \frac{2\sigma \cos \theta}{r}$ $\rightarrow \frac{P_c \cdot r}{2\sigma \cos \theta} = 1 \rightarrow \frac{P_c \cdot |k_f|}{\sigma \cos \theta}$



old unit $\rightarrow J(S_w) = 0.1925 P_c \frac{k}{\sigma}$

Year. Month. Date. ()

چهارشنبه ششم

کاربرد سی P

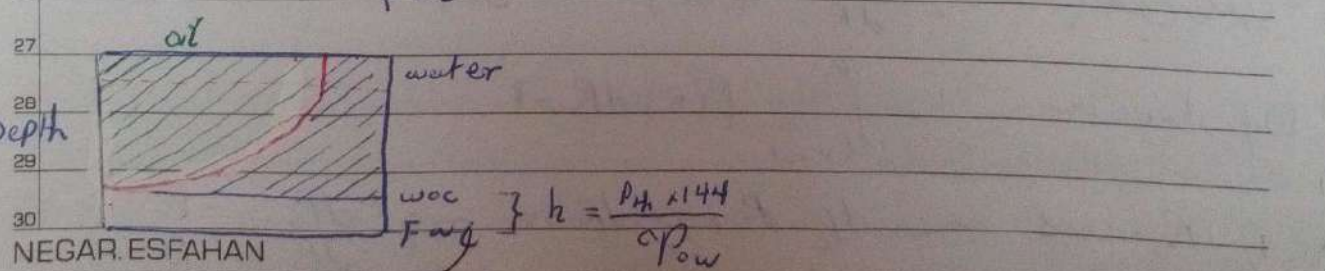
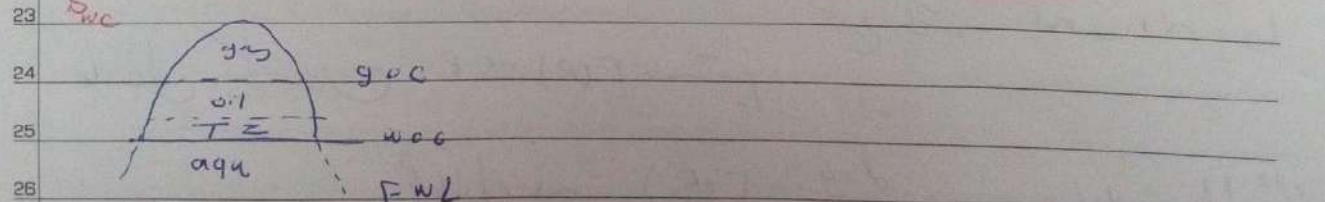
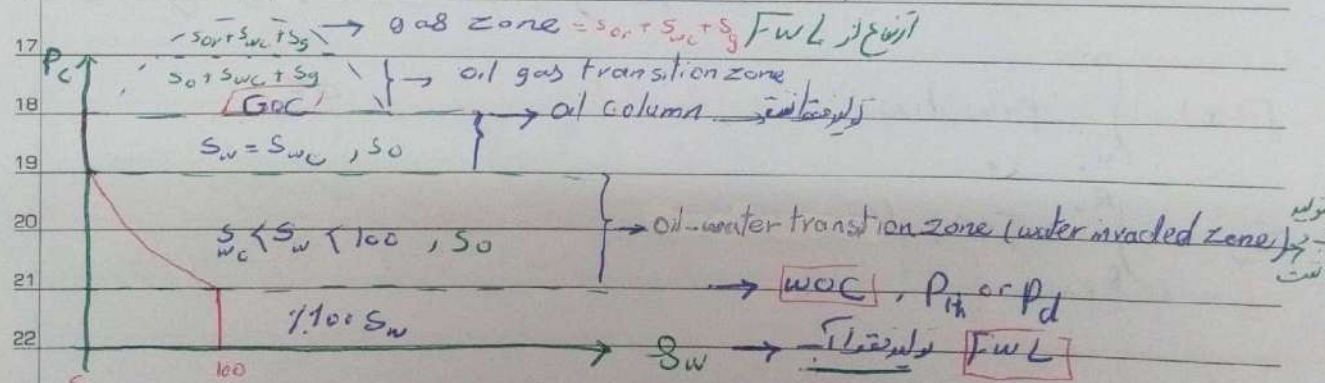
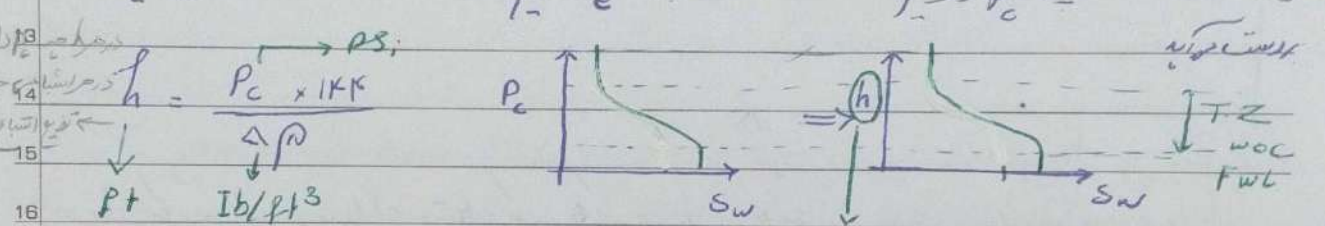
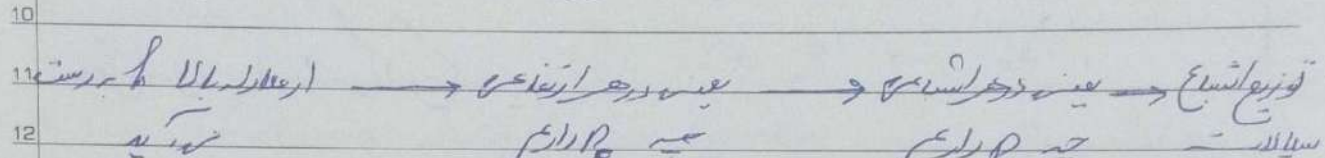
① توزیع سیال در عمق مختلف ② توزیع حرارت است ③ پهنای منطقه آبریزی

توزیع سیال در عمق مختلف

در یک cell آبریزش می افتد به پهنای وسیع و در خارج پهنای است. در کنار آن به صورت آبریزش عمیق در عمق مختلف می افتد و در کنار آن

در برابری در عمق مختلف است.

$P_c = \Delta \rho g h$ — پهنای (معمول) نیروی فرس در سیال

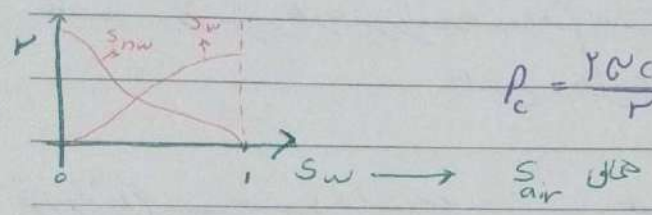


Depth FWL = Depth woc + h

parc size distribution ^{توزیع}

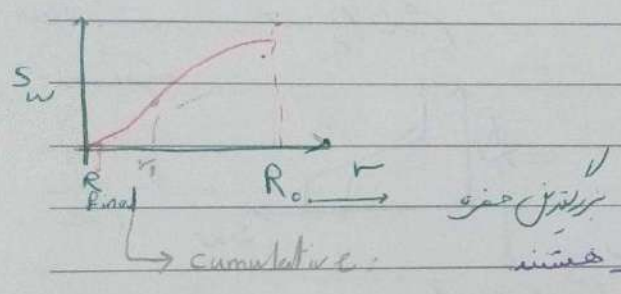
روش های مختلف اندازه گیری P_c ① توزیع جبهه اول نامعکس برای
 P.Z.D استفاده میکنند از توزیع جبهه است. (یعنی استفاده می شود برای P.Z.D)

چون جبهه فارغ تر رطوبت و فشار [Drainage] استفاده می شود



$$P_c = \frac{25 \times 80}{r}$$

اگر P_c را به v تبدیل کنیم
 حال اگر v و P_c را برعکس کنیم



برای توزیع جبهه
 در نمودار جبهه برای شعاع R و P_c هستند

$$F(x) = \int_{x_0}^{\infty} p(x) dx \rightarrow \text{cumulative function}$$

$$S_w = \int_{R_{min}}^{R_0} F(R) dR$$

تابع $F(R)$ تابع S_w
 تابع $F(R)$ و R در $R < R_0$

مانند یکدیگر $F(R)$ vs R هستند

$$\frac{dS_w}{dR} = F(R)$$

$$\int_{R_{min}}^{R_0} p(R) dR = 1$$

$$P_c \cdot R = \text{const} \rightarrow dP_c \cdot R + P_c \cdot dR = 0 \rightarrow \frac{dP_c}{dR} = -\frac{P_c}{R}$$

1 $\frac{dS_w}{dP_c} = f(R) \rightarrow \frac{dS_w}{dP_c} = f(R) \frac{dR}{R^2}$ (تبدیل تبدیل کنیم)

2 $\frac{dS_w}{dP_c} = f(R) \frac{dR}{R^2}$ (تبدیل تبدیل کنیم)

3 $\frac{dS_w}{dP_c} = \frac{-P_c}{R} = -\frac{2\sigma \cos \theta}{R^2} \frac{dS_w}{dP_c}$

4 $f(R) = -\frac{2\sigma \cos \theta}{R^2} \left(\frac{dS_w}{dP_c} \right)$

5 $f(R) = -\frac{2\sigma \cos \theta}{R^2} \left(\frac{dS_w}{dP_c} \right)$ (تبدیل تبدیل کنیم)

6 $f(R) = -\frac{2\sigma \cos \theta}{R^2} \left(\frac{dS_w}{dP_c} \right)$ (تبدیل تبدیل کنیم)

7 $f(R) = -\frac{2\sigma \cos \theta}{R^2} \left(\frac{dS_w}{dP_c} \right)$ (تبدیل تبدیل کنیم)

8 pore size distribution

9 R شعاع حفره یا پورتال است

10 R های مختلف در حجم (بخصوص عدلی) در هر سنگ

11 سوال

12 در نمودار J با رسم $\log - \log$ شب این نمودار هر چه R است

13 $\log - \log$ pore size dist

14 $\log - \log$ pore size dist

15 $\log - \log$ pore size dist

16 $\log - \log$ pore size dist

17 $\log - \log$ pore size dist

18 $\log - \log$ pore size dist

19 $\log - \log$ pore size dist

20 $\log - \log$ pore size dist

21 $\log - \log$ pore size dist

22 $\log - \log$ pore size dist

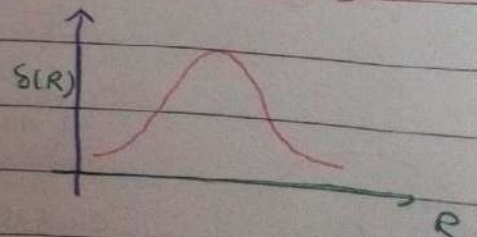
23 $\log - \log$ pore size dist

24 $\log - \log$ pore size dist

25 $\log - \log$ pore size dist

26 $\log - \log$ pore size dist

27 $\log - \log$ pore size dist



28 $\log - \log$ pore size dist

29 $\log - \log$ pore size dist

30 $\log - \log$ pore size dist

1 برای محاسبه $S(R)$ باید الوریتم وجود دارد

3 1- استفاده از رابطه بالا $\frac{SR}{R^2}$ رابطه برقرار نیستیم. (برای R خیلی کم تلف محاسبه می‌شود)

5 2- مساحت زیر $\frac{SR}{R^2}$ vs R رابطه برقرار نیستیم و اسم آن را A_g می‌گذاریم

7 3- لفتیم $\int_0^{\infty} S(R) dR = 1$ مساحت زیر نمودار را هم برابر $\frac{1}{R^2}$ می‌کنیم
 $\Rightarrow \int \frac{dR}{R^2} S(R) = \frac{1}{R^2} \int dR S(R)$

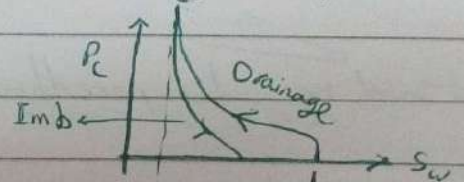
10 4- نام $S(R)$

11 $hysteresis$ (تاریخچه اشباع)

13 تفاوت بین فرآیند شارژ و تخلیه

15 یک سست لازم باید بین این اشباع گزینش شده P_c وجود داشته باشد

17 باید تاریخچه اشباع را دانست یعنی در چه زمانی این اشباع برسیده

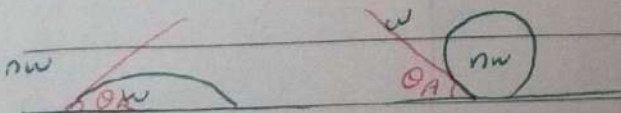


18 \leftarrow بر این نمودار $bounding$ کوئیندر وجود دارد و این اشباع برسیده است
 19 این به سبب فرآیند برسی می‌باشد

21 الان در یک اشباع مشخص دو تا P_c داریم که دلیل آن $Hysteresis$ عامل است

22 اما چون تاریخچه اشباع متفاوت است، مقدار اشباع یکس و دوسم توپوع اشباع متفاوت است

24 تفاوت در $contact\ angle$



27 $\theta_A > \theta_R \rightarrow \cos \theta_A < \cos \theta_R \rightarrow P_{c\text{ max}} < P_{c\text{ min}}$

29 اشباع می‌شود و اشباع می‌ماند؟ یک کوئیندر منحنی را طر افش آن احاطه شده است

30 تفاوت در روش اندازه‌گیری اشباع در فرآیند شارژ و تخلیه با هم تفاوت دارد و در فرآیند شارژ برسی می‌شود

1 هفت خطری است که برای عمل های hysteresis ارائه شده برای برست کردن
2 hysteresis

3 عمل عینه چه برست کردن hysteresis؟؟؟ عینه خواهیم ببینیم H است

4
5 B.C. خاصیت آنست که برست نمودن در هر دو جهت چینی مثل + چینی کنیم

6 هر دو این نمودارهای سن Scanning curve گویند

7
8 نمودارهای سن B.C. به بیان

9 هر دو B.C. برست کردن مثل خود
10 hysteresis است B.C.

11 در نتیجه وقتی که بخواهیم عمل hysteresis یعنی S.C. کار را انجام دهیم

12
13 طبیعت عمل hysteresis

14 بین B.C. خاصیت روش های مختلف می باشد و در برست استیل اشباع انجام می دهیم

15
16 مثال:

17 کیست که در Transition zone در این ناحیه $S_w + S_r$ داریم

18 عمل یک نوع غرض داریم که خواصیم ببینیم نرم افزار چه P_c بر آن افتاده

19
20 موردی برای عمل بستاری S_w این بود که در شرایط اولیاست پس در $drainage$

21 و مستلزم آن برآزشش نرسیده چون در T.Z است

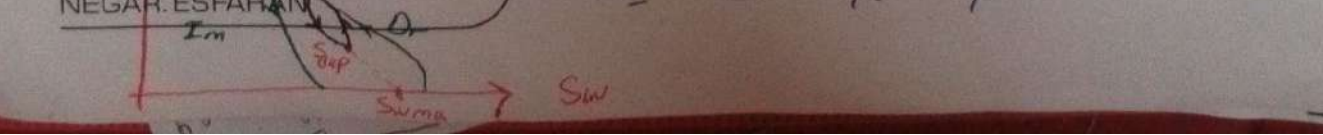
22
23 حال اگر این نوع حرکت را که حرکت می دهد را I_m (لاگاریتم) بین آن شروع می شود و جزو

24 شدن حرکت در نتیجه فرآیند گس می شود یعنی I_m پس آن حرکت

25
26 حال اگر در آن S_w در برست پس عرض شود چیزی را $drainage$ یعنی I_m که

27
28 این خاصیت گویند S.C. عمل در برست مثل H عینه این کار را می توانیم

29 B.C. در برست آوریم به دستیم روش های مختلف

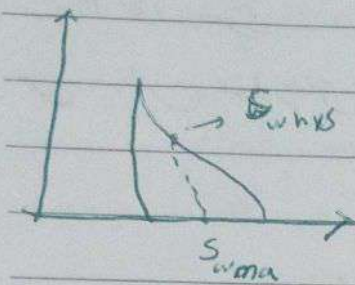


Killough hysteresis model

این مدل برای I-D است ←

$$P_c = P_{cd} - F (P_{cd} - P_c)$$

\leftarrow P_{cd} \leftarrow P_c
 \leftarrow F



$$F = \left(\frac{1}{S_w - S_{whys} + E} - \frac{1}{E} \right) / \left(\frac{1}{S_{wma} - S_{whys} + E} - \frac{1}{E} \right)$$

E: curvature parameter ≈ 0.1

S_w : water saturation (اشباع آب در حین نفوذ و خروج از حوض H درست است)

S_{whys} : Deviation شروع می شود

S_{wma} : max اشباع آب در حین خروج از حوض و نفوذ از حوض H درست است
 T_{mb} در حین نفوذ از حوض و نفوذ از حوض H درست است

$F=0 \rightarrow P_c = P_{cd}$ ؟ $F=0$ چیزهایی

$$S_w = S_{whys}$$

؟ $F=1$ چیزهایی

$$S_w = S_{wma}$$

حساب و محاسبه

calculation of perm using Drainage P_c

bundle of tube P_c - k در یک بسته از لوله ها P_c است

$k = \frac{\phi r_w^2}{8}$ for bundle of tube

$P_c = \frac{2\phi \cos \theta}{r_w}$ for one tube

باید در این مورد در نظر داشته باشیم که در یک بسته از لوله ها P_c است

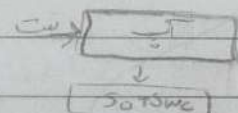
$k = 10.65 (\phi \cos \theta)^2 F \phi \int_0^1 \frac{ds_w}{P_c^2}$ F: lithology factor

در این رابطه P_c vs S_w در نظر بگیریم

Empirical correlation of P_c

Brooks & Corey (1966) بهترین و دقیق ترین رابطه برای P_c در نظر گرفته شده است

$P_c = P_{cH} \left(\frac{S_w^*}{S_{wc}^*} \right)^{-\frac{1}{\lambda}}$



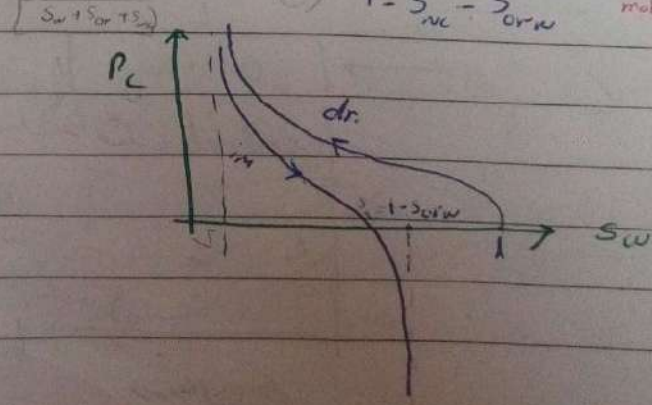
$\log(P_c) = \log(P_{cH}) - \frac{1}{\lambda} \log(S_w^*)$

$S_w^* = S_w - S_{wc}$ effective pore volume
 $S_w^* = \frac{S_w - S_{wc}}{1 - S_{nc} - S_{orw}}$ normalized saturation

توجه داشته باشید

$P_c = P_{cH} \left(\left(\frac{S_w^*}{S_{wc}^*} \right)^{-\frac{1}{\lambda}} - 1 \right)$

imbibition $S_w^* = \frac{S_w - S_{wc}}{1 - S_{nc} - S_{orw}}$ در این رابطه S_w^* در نظر گرفته شده است



اگر $s_w^* < s_w < s_{wc}$ باشد در حالت برعکس هر چند نمودار P_c vs s_w

طایفه s_{wc} مختلف برای مقایسه آن‌ها P_c vs s_w^* رسم می‌شود در نقطه اشتراک

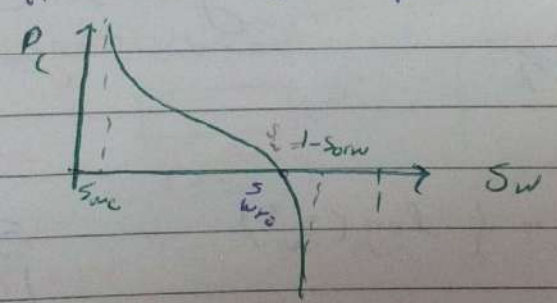
انتقالی هم‌راهِ هم‌نشینی و مقایسه آسانتر است.

مسل ندان \rightarrow برای تولید sk gaerland \rightarrow imbibition

$$P_c = \frac{C_w}{\left(\frac{s_w - s_{wc}}{1 - s_{wc}}\right)^{a_w}} - \frac{C_o}{\left(\frac{1 - s_w - s_{or}}{1 - s_{or}}\right)^{a_o}}$$

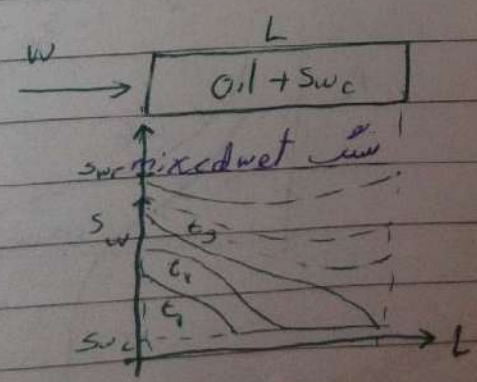
این معادله از دو جزء تشکیل شده است: $\frac{C_w}{\left(\frac{s_w - s_{wc}}{1 - s_{wc}}\right)^{a_w}}$ و $\frac{C_o}{\left(\frac{1 - s_w - s_{or}}{1 - s_{or}}\right)^{a_o}}$
 قسمت اول P_c کنترل می‌کند: قسمت P_c کنترل می‌کند
 هر چه بیشتر P_c بیشتر باشد سیستم $water$ wet تر است
 هر چه کمتر P_c کمتر باشد سیستم oil wet تر است

هر چه P_c بیشتر قسمت - کنترل می‌شود پس سنگ oil wet تر است
 و $water$ wet تر است



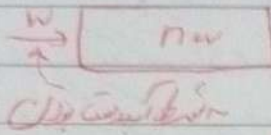
Capillary End-effect:

این پدیده در آزمایش‌های انتقالی مشاهده می‌شود و به آن Capillary End-effect می‌گویند. این پدیده در آزمایش‌های انتقالی مشاهده می‌شود و به آن Capillary End-effect می‌گویند.



1 فصل ۲: اشتغال آب در منافذ و سطوح مرزها و تاثیر آن بر خواص انتقالی
 2 بالایی مثل نفوذناپذیری و نفوذپذیری

3
 4 برای جدولی که در این بیهوده (۱) اشتباه است و (۲) افزایش سرعت نفوذ است
 5 در شکل (۳) دانه‌ها را در نظر بگیرید و در ابتدا و انتهای خود را با هم مقایسه کنید تا بفهمید که نفوذپذیری چگونه تغییر می‌کند
 6



7
 8 نفوذپذیری در این حالت
 9 P_c
 10
 11 $P_c = 0$
 12 سطح از خود چسبندگی و لوله‌ای است
 13 $P_c = 0$ است.

14 یک استیلون قبل از تزریق به درون
 15 میان P_c بافت می‌شود
 16 آب را بر روی منافذ بسیار کوچک قرار می‌دهد
 17 نفوذپذیری پس از اشتغال با آب
 18 یک سری نفوذپذیری وجود دارد که به حالت گویه تمام منافذ را در اختیار خود می‌گیرد
 19 نفوذپذیری و سیالیزه شدن: نفوذپذیری بیشتر از تزریق و سیال شدن همان نفوذپذیری است
 20 نکته دیگر یعنی تفاوت سیالیزه شدن بین ΔP_c در این مقدار یا نفوذپذیری P_c است
 21 نکته دیگر در اشتغال در لوله

21 Capillary number $\rightarrow N_c = \frac{\text{viscouse force}}{\text{capillary force}}$ $N_c = \frac{\mu u}{\sigma}$
 22 $N_c = \frac{k \Delta P}{4 \sigma L}$

23 $u = \frac{k \Delta P}{\mu L}$
 24 Capillary Dominant $\rightarrow N_c < 10^{-7}$

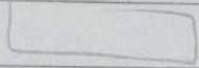
26 Bond number $\rightarrow N_B = \frac{\text{Gravity force}}{\text{Capillary force}} = \frac{\Delta P g L^2}{\sigma}$
 27 $\rightarrow N_B$

28 capillary Dominant $\rightarrow N_B < 10^{-4}$
 29 gravity number $\rightarrow = \frac{\text{gravity force}}{\text{viscouse force}} = \frac{\Delta P g (k/\phi)}{\mu u}$
 30

1. سرعده سوزی برای مقایسه است برای مقایسه سبب سوزهای مختلف

2. با کاهش اختلاف در سرعده سوزی میزان سوزها در کلک است

3. مثلاً در حوضچه سوزی در سوزی با $Rate$ تریپل $Rate$ تریپل $Rate$ تریپل
بار در تریپل بار است. اطلاعات در سوزی مثلاً $Rate$ است و در سوزی $Rate$ است
گویم باید بهترین باشد که در حال سوزها در $Rate$ است و نیز $Rate$ است
* در هر دو طرف کیفیت سوزی در وقت سوزی است



حالت ۱ (initial)

Residual & trap saturation

میل فزونی

capillary

حالت ۱

residual (باقی ماندگی) استفاذه می شود و trap (تله) استفاذه می شود

اعتبار residual & trap sat :

نیاز به حوضچه جمعیت در چتران کم است و در مساله اعتقادی است

چون می توان میزان (نسبت قابل قبیل) Reserve را تعدیل کرد

نیاز به احتیاط در برابر تراکم شیب و فشار و عویس را در نظر

هر دو صفر و در آنجا های خاص است و حجم سیال هستند

در هر دو $K_r = 0$, max در P_c است

Trap model

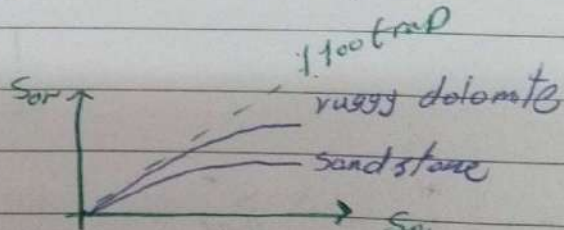
عمل چتران در وجود تله (Trap) و residual & trap

یک جدول ظرفیت S_{oi} و S_{or} (گاز)

100 S_{oi}

5 S_{oi}

Trap



این سبب تله است

Land model

$$\frac{1}{S_{or}^*} - \frac{1}{S_{ci}^*} = C, \text{ Land coefficient } 1 < C < 10$$

$$S_{nr}^* = \frac{S_{nr}}{1 - S_{wi}}$$

$$S_{ni}^* = \frac{S_{ni}}{S_{wi}}$$

در این مدل نسبت دریا در این است
 (میل فزونی) (میل فزونی)
 بین باقی ماندگی دریا و نسبت
 تراکم دریا در چتران است

توانایی حرکت چاه در جهت غربی
 max A → nonwet → imbibition → چاه

$$S_{wi} + (S_{nwi})_{max}$$

water flooding → rule → NW → water flooding → چاه

$$C = \frac{1}{(S_{nwr}^*)_{max}} - \frac{1}{(S_{nwr})_{max} - (S_{nwi})_{max}}$$

$$S_{nwr}^* = \frac{S_{nwi}^*}{1 + C S_{nwi}^*}$$

→ flowing → trapping
 → S_{nwr} = A → زمان

$$S_{nwt} + S_{nwf}$$

SS (t) → S_{nwf} → چاه

trap → BT → trap → چاه

$$\frac{S_{nwr}}{water} \text{ end of displacement}$$

$$S_{nwr}^* - S_{nwt}^* = \Delta S_{nwt}^* \Rightarrow \text{trap} \rightarrow \text{flow} \rightarrow \text{end of displacement}$$

$$\frac{1}{\Delta S_{nwt}^*} - \frac{1}{S_{nwt}^*} = C = \frac{1}{S_{nwr}^* - S_{nwt}^*} - \frac{1}{S_{nwt}^*}$$

$$S_{nwt}^* = S_{nwr}^* - S_{nwf}^* \Rightarrow S_{nw}^* = S_{nwt}^* + S_{nwf}^*$$

$$S_{nwf}^* = \frac{cte}{2} \left[(S_{nw}^* - S_{nwr}^*) + \sqrt{(S_{nw}^* - S_{nwr}^*)^2 + \frac{4}{C} (S_{nw}^* - S_{nwr}^*)} \right]$$

free nonwet sat → nw sat at any time → ultimate nw trap → چاه

1 Land model :

$$S_{nwt}^* = \frac{S_{nwi}^*}{1 + C S_{nwi}^*}$$

S_{oi}

4 Jerauld :

trap (بند)
علاقه (مناطق)

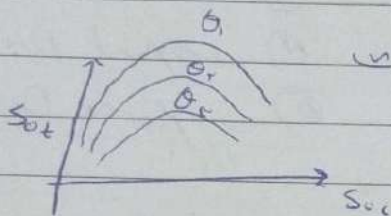
$$S_{gt} = \frac{S_{gi}}{1 + C \cdot S_{gi}^{(1 + b/c)}}$$

C: land parameter
b: a tuning parameter

7 Spiteri :

$$S_{ot} = \alpha S_{oi} - \beta S_{oi}^2$$

$\alpha < 1$ $\beta > 0$

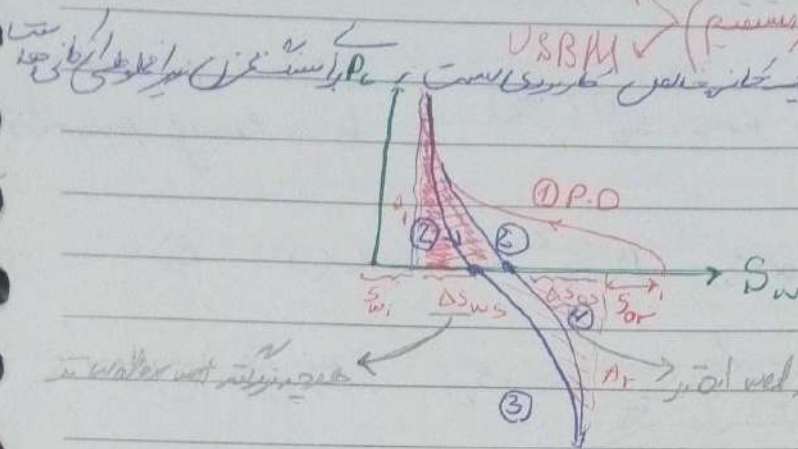


منحنی (Curve) S_{ot} vs S_{oi} را به شکل زیر نشان دهید!

wettability

تغییر ضریب چسبندگی فاز بر حسب درصد فاز

Amott



Amott Index

- ① → P.O
- ② → spont Iwb
- ③ → force Iwb
- ④ → spont Dr
- ⑤ → force Dr

Amott Index

$$I_o = \frac{\Delta S_{os}}{1 - S_{wi} - S_{or}}$$

$$I_w = \frac{\Delta S_{ws}}{1 - S_{wi} - S_{or}}$$

oil wet $I_o = 1$

water wet $I_w = 1$

Amott-Harvey index

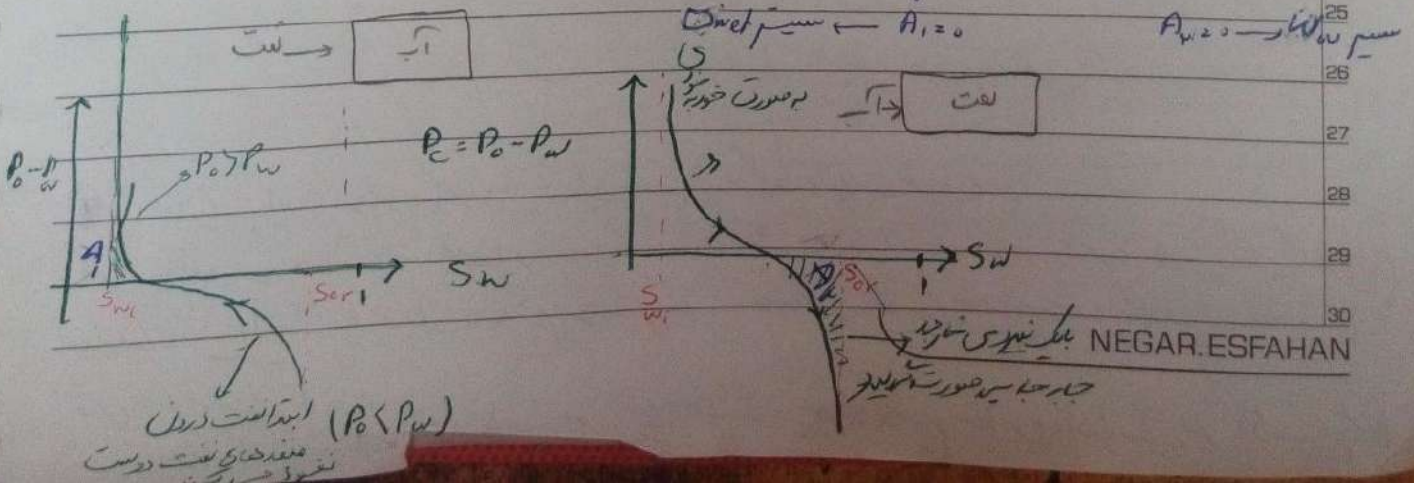
$$I_{AH} = I_w - I_o$$

- $-1 < I_{AH} < -0.3$ → نفت سنگین
- $-0.3 < I_{AH} < 0.3$ → میان
- $0.3 < I_{AH} < 1$ → آب شور

USBM wettability index

$$N_w = \log \left(\frac{A_1}{A_2} \right)$$

$$-\infty < N_w < +\infty$$

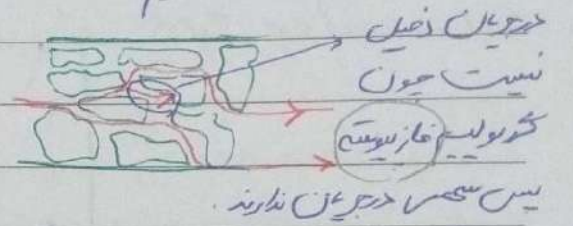


1 multi phase flow حالت ۳
 2 Relative permeability
 3 same flow function $\sim P_c, k_r$

$$k_{ri} = \frac{k_i}{k}$$

۷ k_{ri} = ترازیبیه نسبی
 k_i = ترازیبیه مطلق

۸ اینر چینه سیال داشته باشم
 ۹ بین سیالات ترتیبی ای در هر سنگ رسوبی یک ترازیبیه نسبی داریم



$$k_{ri} = \frac{\text{ترازیبیه فاز به حجم پوئیت}}{\text{effective perm}} \leftarrow \text{نسبت ترازیبیه نسبی}$$

$$u_i = -\frac{k_i}{\mu_i} \nabla P \quad \xrightarrow{\text{چون}} \quad -\frac{k k_{ri}}{\mu} \nabla P$$

multiphase

۱۹ k_{ri} تابع توزیع حفرات ۱، ترازیبیه نسبی ۲، ترازیبیه مطلق ۳، ترازیبیه نسبی ۴، ترازیبیه نسبی ۵

۲۲ برای محاسبه ترازیبیه نسبی k_{ri} باید ترازیبیه مطلق را بدانیم
 ۲۳ $k_{ro} = S_o$ چون حوض خالی نیست $P_c = 0$
 ۲۴ $k_{rw} = S_w$

$$k = \frac{r^2}{\mu}$$

۲۷ در حفران وقت داریم
 ۲۸ $k_{ri} = S_i \leftarrow P_c = 0$ fracture (۱)
 ۲۹ $k_{ri} = S_i \leftarrow$ missible $I_{FT} = 0$ (۲)
 ۳۰ P_c ترازیبیه نسبی

ترازی نسبی چگونه افزایش کنیم؟

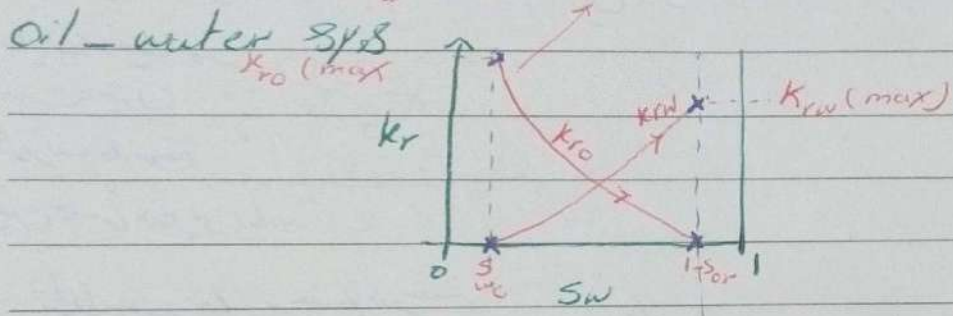
تغییر اشباع k_{ri} تغییر می کند پس صورت کلی لغت $k_{ri} = f(S_i)$ یا تغییر

دیگر تغییر نمودار در k_{ri} می کند

تغییر اشباع k_{ri}

با افزایش اشباع آن فاز، ترازی نسبی همان فاز زیاد می شود.

نقطه چگون بر اساس k_{ri} می باشد



1- برای سیستم miscible $k_{ri} = S_i$ پس هر چه اشباع زیاد است پس هر چه P_c زیاد شود یا تنش P_c بیشتر شود curvature بیشتر می شود

2- $\frac{dk_{ro}}{dS_o}$ و $\frac{dk_{rw}}{dS_w}$ هر چه مشتق دوم مثبت نیست چون کمین دارد تغییر نمی کند

3- $k_{ro} + k_{rw} < 1$ فازهای sw trap در $flow$ آبگیر کنار نیست و آن ها را در معادله در نظر نمی گیریم

4- $k_{ri}(S_i=1) = 1$

5- endpoint x

Year: Month: Date:

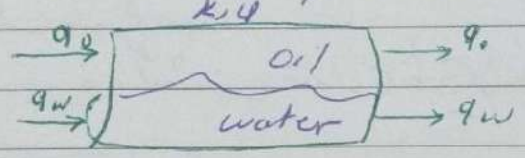
1. *Wetting layer* (لایه چسبندگی) در سطح خازن (reservoir) ...
 2. *oil* (روغن) ...
 3. *wetting layer* (لایه چسبندگی) ...
 4. $k_{ro} = S_o^2$ (نسبت هدایت روغن به توان دوم اشباع روغن)
 5. $k_{rw} = S_w^2$ (نسبت هدایت آب به توان دوم اشباع آب)

روش‌های اندازه‌گیری تراکم نسبی (Relative Permeability Measurement Methods)

۱. روش پایدار (Steady State) ۲. روش ناپایدار (Unsteady State)

1. *Steady state*

در حالت پایدار، نرخ جریان روغن و آب در هر مقطع از خازن یکسان است.
 (In steady state, the flow rate of oil and water is constant throughout the core.)



$$K_{ro} = \frac{\mu_o L q_o}{K A \Delta P_o}$$

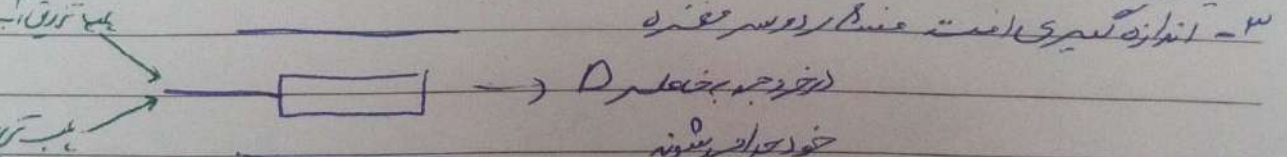
$$K_{rw} = \frac{\mu_w L q_w}{K A \Delta P_w}$$

$$\Delta P_o = \Delta P_w$$

Core preparation (آماده‌سازی خازن) شامل اندازه‌گیری طول (L) و مساحت مقطع (A) و هدایت (K) است.
 (Core preparation includes measuring length (L) and cross-sectional area (A) and permeability (K).)

۱. آماده‌سازی خازن (Core preparation) شامل اندازه‌گیری طول (L) و مساحت مقطع (A) و هدایت (K) است.
 (Core preparation includes measuring length (L) and cross-sectional area (A) and permeability (K).)

۲. *ratio* (نسبت) جریان روغن و آب (oil and water flow ratio) (عینه مثل *ratio*)، اندازه‌گیری.
 (Measurement of the ratio of oil and water flow (oil and water flow ratio), similar to *ratio*).



۳. اندازه‌گیری هدایت (Permeability measurement) ...
 ۴. هدایت (Permeability) ...

$$S_w = \frac{q_w}{q_w + q_o}$$

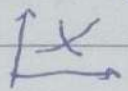
NEGAR. ESFAHAN

$$S_w = \frac{\text{حجم روغن در خازن}}{PV} + S_{oi} = \frac{\text{حجم آب در خازن}}{PV}$$

معادله S.S

از زمان بر

۲. در عملیات بارش پاشی، کسری محقق نمی شود و بنابراین اشباع نمی شود
۴. اگر این نسبت آن را محاسبه کنیم فقط وسط بردست حرکتیید



۳. در این محاسبات ρ وجود ندارد بلکه عمده متغیر است و اعلام ندارد

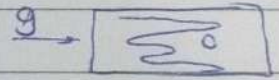
شرایط SS برای شرایط خاص از جمله آب است

۹. در حالت خاص در حالت خاص لغت رفتار با حجم تولید می شود پس شرایط S.S
۱۰. برای اطراف در حالت خاص

شرایط S.S

این عبارت است

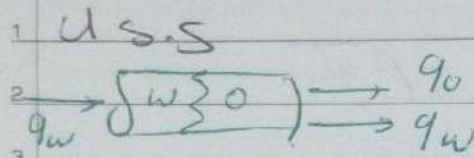
۲. پدیده اشباع شدن ندارد



۱. در خط افتاده D، بار بیستون لایه است جریان

$\left(\frac{\rho_{displaced}}{\rho_{displacing}} \right) > 1$

این پدیده $\rho_{displaced} > \rho_{displacing}$ flow instability & viscous fingering



تکثیر بار

1. core preparation (cleaning, \$S_{wc}\$ establishment, aging)
2. inject water (imbibition) or oil Drainage
3. measure fluid production and ap across the core
4. calculate \$k_r\$ by Analytical method or history matching (optimization)

JBN

forward simulation
 inverse problem

تولید از روش های Analytical

تولید از روش های Analytical ← JBN است

Buckley Leverett

حکمت شوری برای مقدار جریان سیال

Core section
 Core section
 Fractional flow

$$S_j = \frac{S_j^0}{J} - \frac{R_j}{J} + p_{v,ing} \frac{dR_j}{d(p_{v,ing})} \quad \left. \begin{matrix} \text{fractional flow} \\ \text{phase } j \end{matrix} \right\} f_{j2} = \frac{dR_j}{d(p_{v,ing})}$$

$$\frac{\Delta p}{X=1} = \Delta p - (p_{v,ing}) \frac{d(\Delta p)}{d(p_{v,ing})}$$

$$R_j = \frac{\text{prod of phase } j \cdot \text{cm}^3}{p_{v,ing} \cdot \text{cm}^3} \quad \left. \begin{matrix} p_{v,ing} \\ \downarrow \\ \text{مقدار رقیق است} \end{matrix} \right\} f_{i2} = \frac{q_i}{q_{tot}}$$

NEGAR.ESFAHAN

دیندر در فرمول

تشریح wgl

$$K_j = \frac{q_{j1} P_{j1} L}{K \cdot A} \cdot \frac{f_{j2}}{(\Delta P)_{x=1} - P_{i,j} g L}$$

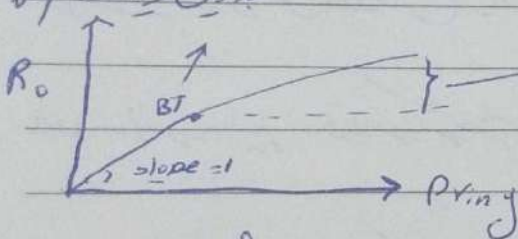
همان رابطه دارس است

مقایسه section کنونی

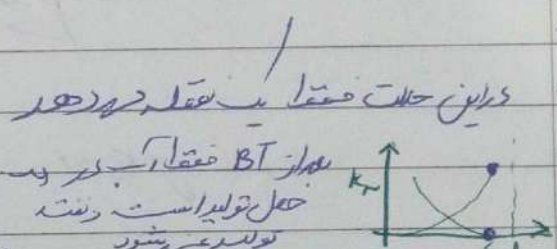
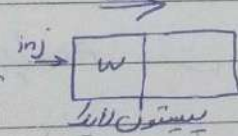
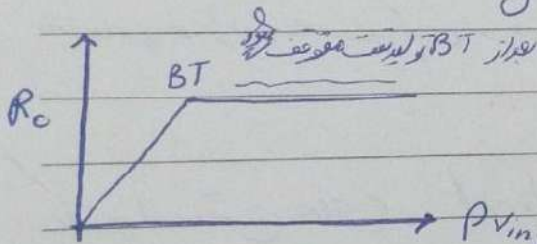
این روش تفاوت در Breakthrough است و در section آخر ترسیم در فرمول

مقدار این تولید است که می شود

مقایسه این روش



این روش برای مقدار BT اینجور در حد



3 احتمال bend effect که از تولید است جلوگیری کنند

4 اثر P_c وجود ندارد

مقایسه

1 آنرا به شرح زیر انجام می شود

یک ربع از اشباع فرود در یک ربع دیگر فرود قبل از نقطه

برای محدوددهای در از حیا این فرآیند در واقع غایب جریان سیال در از حیا است

Year. Month. Date. ()

o Jā

$$\left(\begin{array}{l} S_o = 82\% \\ S_{wc} = 18\% \end{array} \right) \updownarrow D = 5 \text{ cm}$$

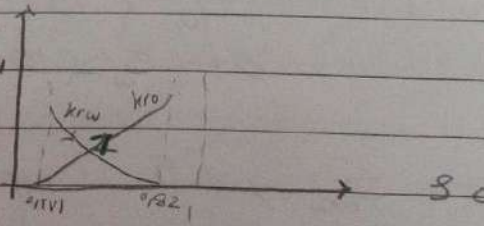
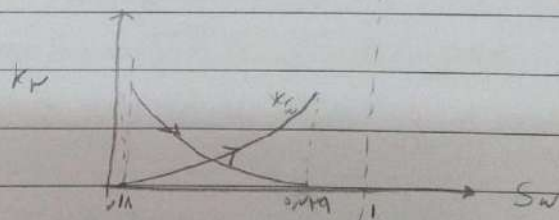
$$L = 60 \text{ cm} \quad \phi = 0.25 \quad K = 100 \text{ mD}$$

a) core is fully saturated with oil then flooded by water the remaining oil in the core is 80 cc (immobile)

plot k_{ro} & k_{rw} vs s_w and s_o

b) core is fully saturated with oil then flooded by gas at rate of 35 cc/h for 10 hours. The total gas production is 150 cc plot k_{rg} vs s_o & s_g

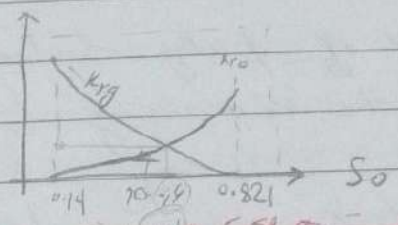
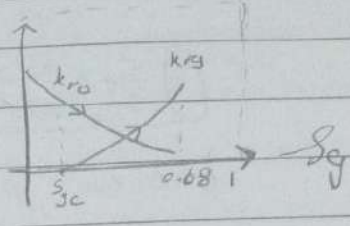
a) $\xrightarrow{w} S_o + S_{wc}$ $S_{orw} = \frac{10}{\frac{100}{0.25} \times (10) \times (0.25)} = 0.271$



$\frac{150 \text{ cc}}{h} \xrightarrow{g} S_o + S_{wc}$

10 hr \times 35 cc/hr = 150 = 200 cc $S_g = \frac{200}{\frac{100}{0.25} \times D^2 \times L \times \phi} = 0.68$

$S_{org} = 1 - \frac{M}{S_{wc}} - \frac{S_g}{\phi} = 0.14$



0.5 S_{wc} S_{orw} S_{ow} S_{oc}

تحتین اینها Wettability IFT

water wet $\rightarrow \uparrow S_{wc}$
oil wet $\rightarrow \uparrow S_{orw}$

water wet $S_{wi} > 25\%$
 $k_{rw} = k_{ro}$ at $S_w > 50\%$
جداگانه

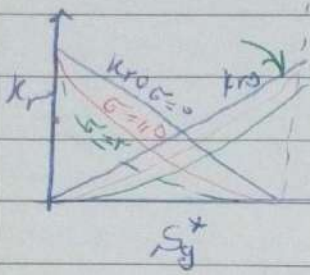
$k_{rw} / k_{ro} = 1$ at $S_{orw} < 0.3$

oil wet $S_{wi} < 15\%$
 $k_{rw} = k_{ro}$ at $S_w < 50\%$

$k_{rw} / k_{ro} > 1$ at $S_{orw} > 0.5$ approaching

جلد 5 شماره 3

اثر IFT روی تراکم نسبی



تولید نسبی

IFT = 0

miscible

P_c = 0

eff perm(k)

total perm(k)

$$k_{ro} = S_o^* \quad , \quad k_{rg} = S_g^*$$

$$S_o = \frac{S_o - S_{or}}{1 - S_{or}}$$

تولید نسبی تراکم نسبی

در تقسیم با ایدار P_c و در افزایش P_c

اگر در تقسیم با ایدار P_c و در افزایش P_c

IFT ↑ ← P_c ↑ ← resistance ↑ ← k_{ro}, k_{rg} ↓

اثر IFT روی k_{ro} و k_{rg}

① سیستم oil-gas IFT در فصل تغییر است → در واقع تغییر IFT

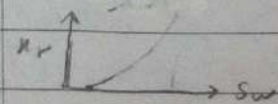
تغییر تولید (Solution gas drive, MCM)

② برای سیستم oil-water در تقسیم با ایدار و در افزایش P_c

surfactant باعث تغییر کشش سطحی می شود.

Coats for IFT effect

در تقسیم با ایدار نسبی در تقسیم با ایدار نسبی



Immiscible

Miscible

$$k_{ri} = f(\alpha) k_{ri} + (1 - f(\alpha)) k_{ri}$$

maximum IFT → k_{ri}

نسبت نفوذی به قطر پودانسی نسبت در آن کار بیشتر

$$f(\sigma) = \left(\frac{\sigma}{\sigma_c} \right)^{-2}$$

$\frac{1}{N_c}$ → Luning factor

نسبت نفوذی به قطر پودانسی نسبت در آن کار بیشتر
immiscible

$$K_{ri} = \frac{S_i - S_{ir}}{1 - S_{wir} - S_{ir}}$$

Whitson & Ferang 1996

$$f(\sigma) = \frac{1}{1 + \left(\frac{N_c}{\sigma} \right)^2}$$

برای نفوذ نفوذی سنگین
non darcy flow → برای نفوذ گلزار

عبارت stable f و p (نسبت نفوذی)
rate نسبت نفوذی نسبت به قطر پودانسی σ است

خاصیت نشانه سیال است در عمل بیرونی

instability unstable

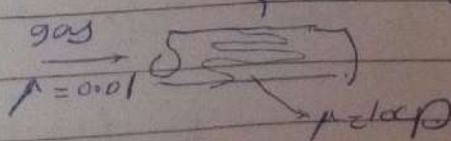
rate در نفوذی با σ \rightarrow viscouse fingering باعث نفوذ در خودی

کثر با سیال شدن نفوذی یعنی σ \rightarrow rate است

فاز سنگین \rightarrow نفوذی نسبت به قطر پودانسی

افزون کردن \rightarrow یک لکه خنثی به هم بر جاس که بیشتر به جاس

viscosity ratio \rightarrow fingering \rightarrow instabilty



مدل های برادری نسبی

1. Corey (1954)

کری نسبت به آب

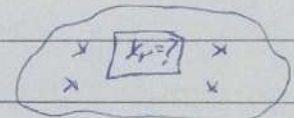
$$k_{rwo} = k_{rwo}^0 (S_w^*)^{N_w}$$

↓
 k_r / k_{maxw}
 تغییر نقطه تقاطع با محور عمودی

$$k_{row} = k_{row}^0 \left(\frac{1 - S_w^*}{S_o^*} \right)^{N_o}$$

$$S_w^* = \frac{S_w - S_{wc}}{1 - S_{wc} = S_{orw}}$$

k_{maxo}



Burdine (1964)

$(\lambda + 3\lambda)$ مدل نسبی، Bundle of openings =

$$k_{rwo} = k_{rwo}^0 (S_w^*)^\lambda$$

$$k_{row} = k_{row}^0 \left[1 - (S_w^*)^{1 + \frac{1}{\lambda}} \right]$$

λ : pore distribution

Sigmund & McCaffery (1979)

$$k_{rwo} = k_{rwo}^0 \frac{(S_w^*)^{N_w} + A S_w^*}{1 + A}$$

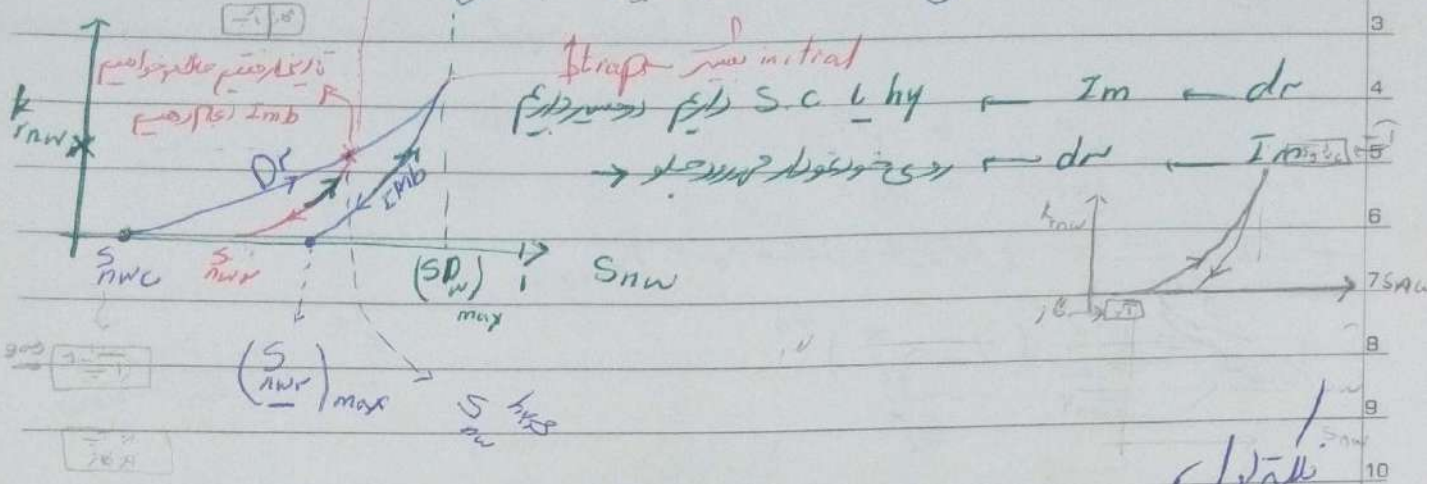
$$k_{row} = k_{row}^0 \frac{(1 - S_w^*)^{N_o} + B(1 - S_w^*)}{1 + B}$$

LET (2008)

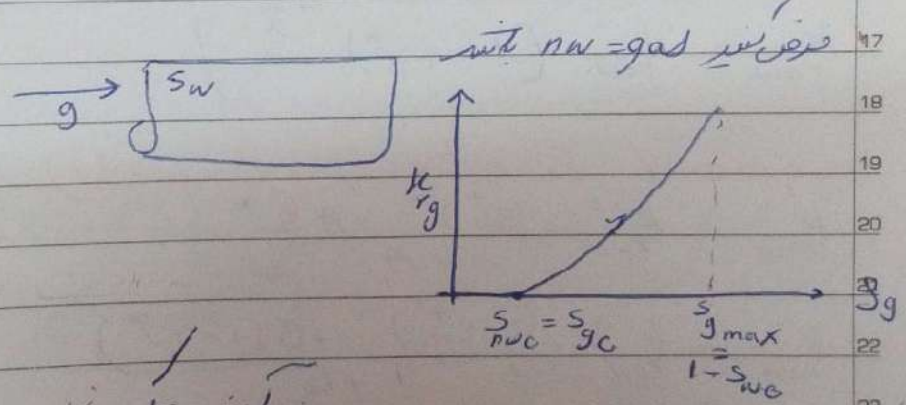
$$k_{rwo} = k_{rwo}^0 \frac{(S_w^*)^{L_w}}{(S_w^*)^{L_w} + E_w (1 - S_w^*)^{T_w}}$$

$$k_{row} = k_{row}^0 \frac{(1 - S_w^*)^{L_o}}{(1 - S_w^*)^{L_o} + E_o (S_w^*)^{T_o}}$$

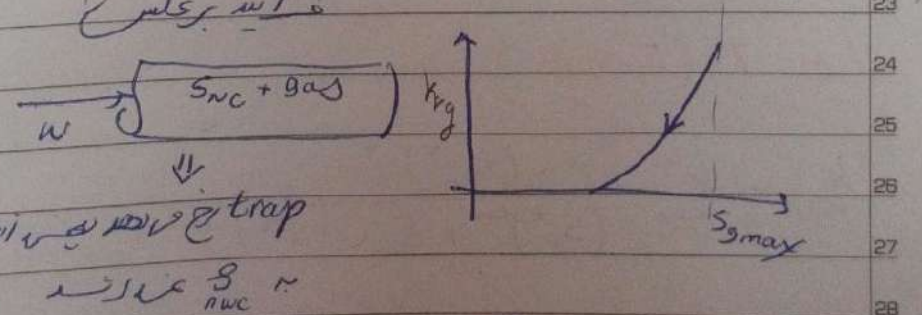
Scanning curve (بررسی کردن) - اواخرین - initial trap



hysteresis (تفاوت) - (بالی ۱.۰) در زمان غیر متراکم و در زمان
 trapping - imbibition (تفاوت) -
 gas ← oil-gas
 oil ← oil-water
 hysteresis gas ← gas-water



فرماند رفت بر است
 روی غیر افتد
 hysteresis
 و این



trap sat - imbibition (تفاوت) -
 S_nwc

Year: Month: Date: ()

1 $\frac{I_m}{k_{rw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

2 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

3 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

4 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

5 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

6 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

7 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

8 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

9 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

10 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

11 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

12 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

13 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

14 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

15 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

16 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

17 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

18 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

19 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

20 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

21 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

22 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

23 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

24 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

25 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

26 $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$ $\frac{I_m}{k_{rnw}}$

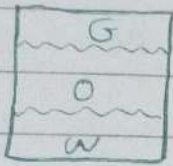
Three phase flow (Relative permeability)

جله سوم زمزم:

کوتاهت، همفازی با درجه خود S_0

در T.C نسبت mobile است حال که $\mu_w < \mu_o$ و $\rho_w < \rho_o$ mobile بیشتر

در فاز دیگر باقیست در اثر تریوی WAG



Three phase $\rightarrow S_w + S_o + S_g = 1$

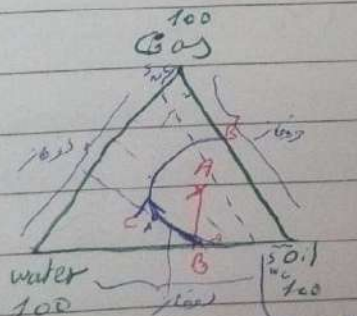
در سه فاز $k_{ro} = k_{rg} = k_{rw} = 1$

two phase $\rightarrow S_o + S_w = 1$

در دو فاز $k_{ro} = k_{rw} = 1$

در دو فاز، هر چه اشباع نامی کمتر باشد، اشباع دیگر بیشتر است. مثلاً اشباع نامی آب کمتر باشد، اشباع نامی نفت بیشتر است.

بسیار در اشباع اشباع نامی بیشتر شود، به قابلیت نسبی اشباع برای نفت و گاز (باید بیشتر شود)



$(S_g)_A = \frac{AB}{h}$

سیستم $o-g$ $\rightarrow S_{wo}$

نسبت اشباع ثابت $S_w = 0.9$ در هر جا

انتقال در تمام (w, o) در دو حال

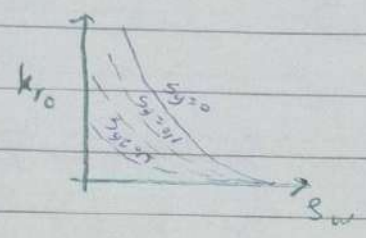
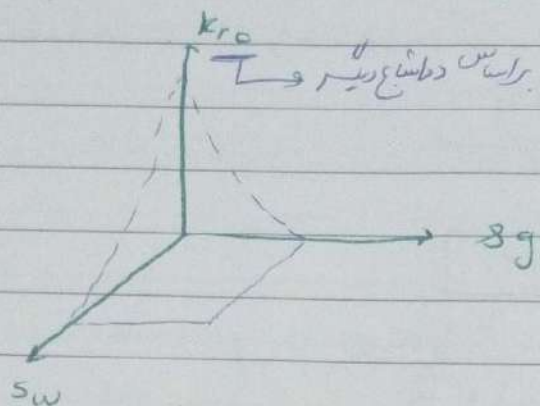
$B \rightarrow C, S_g \uparrow, S_w = \text{cte}, S_o \downarrow$

$\Rightarrow C \rightarrow B, S_g \uparrow, \text{NEGAR, ESPAHAN}$

$B, S_w = 0, o/g$

تا آنکه در صورت مخلوط نامی است و ثابت است S_o در حال کم شدن است از 0.4 به 0.2 اشباع نامی کمتر است کم در بیشتر اشباع نامی کمتر است 0.5 در بیشتر

در نظر داریم که $S_w = A$ و $S_o = 1 - A$ ← $S_w = A$ در نظر داریم که
 بر اساس دشتان زیر و S_o و S_w وجود دارد



در دو فاز $k_{ro} \checkmark$ ← $S_o = A$
 در سه فاز

$S_o = 0.5$ → $S_w = 0.2$ or $S_w = 0.3$
 $S_g = 0.3$ } $S_g = 0.2$
 $k_{ro} \checkmark$

$k_{ro} = ?$ ← $S_o = A$
 در یک فاز

Two phase

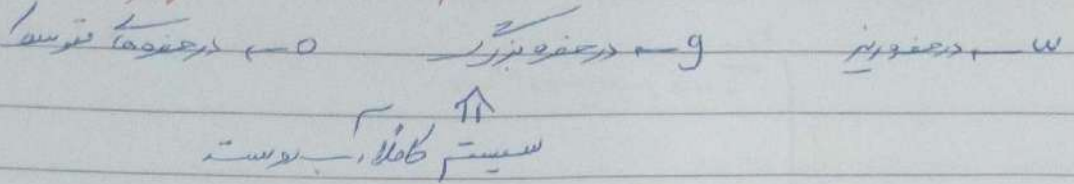
S_o	k_{ro}
0	0
0.1	0.015
0.2	0.035
0.3	0.45

Three phase

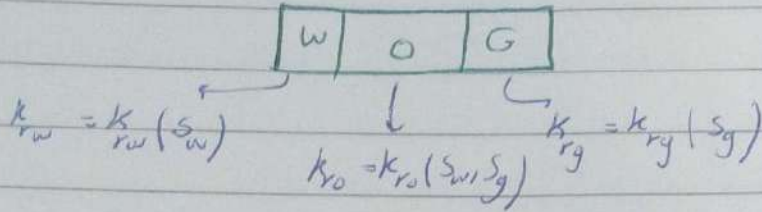
S_w	S_{wc}
0.1	0.2
0.2	0.3
0.3	0.4
0.6	0.9

→ 0-w
 ↓ Dec
 ↓ Dec
 ↓ Dec
 ↓ Dec
 ↓ Dec
 ↓ Dec

تأثیر رطوبت و اشباع بر نفوذپذیری
wettability effect on 3 ph

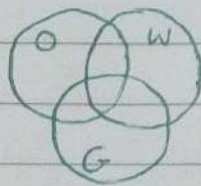


w.o.w



mixed wet

یک سری حفره‌ها رطوبت
یک سری حفره‌ها نفت رطوبت



$$k_{ro} = k_{ro}(s_w, s_g)$$

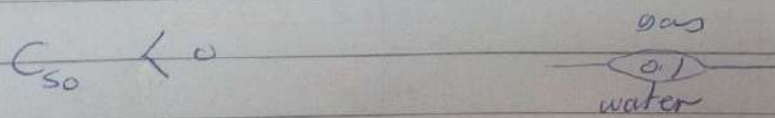
$$k_{rw} = k_{rw}(s_o, s_g)$$

$$k_{rg} = k_{rg}(s_w, s_o)$$

اثر اشباع بر نفوذپذیری و توزیع اشباع
IFT effect on 3 phase

Spreading coefficient = C

$$C_{so} = \sigma_{gw} - \sigma_{ow} - \sigma_{og} \rightarrow C_{so} > 0 \rightarrow \text{Spread } w, g \text{ بین } o$$



حفره‌ها حلاله را در خود حل می‌کند و در نتیجه در کنار حفره‌ها حلاله را جذب می‌کند
نتیجه چسبندگی می‌شود بین حفره‌ها و حلاله، تکرنگ می‌شود

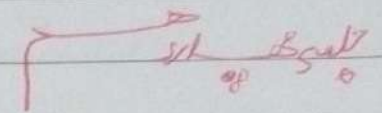
نتیجه
spread: حلاله بین حفره‌ها قرار می‌گیرد و spread می‌شود
در حفره‌ها یک spread layer حفره‌ها را اشباع می‌کند

$$\text{water} \rightarrow C_{sw} = \sigma_{og} - \sigma_{gw} - \sigma_{ow}$$

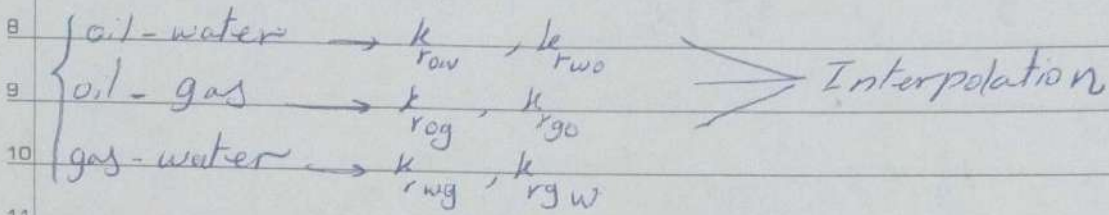
$$\text{gas} \rightarrow C_{sg} = \sigma_{ow} - \sigma_{go} - \sigma_{gw}$$

1 این در سوال row درست می آید چون در عین حال (توازن) در
 2 قرار می گیرد و عیناً می شود

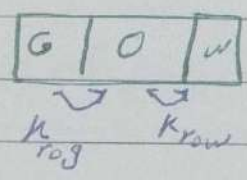
3 چون این مسائل در عمده متداول است و چون ما می توانیم این را در این صورت است



7 Three-phase k_r model 8%



12 Baker (1989)



تعدادی نسبت به ... در سه فاز ...

$$k_{ro}^{3ph} = A k_{rog} + B k_{row}$$

فشار متغیر

EC \rightarrow Default

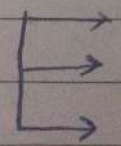
$$k_{ro}^{3ph} = \frac{S_g}{S_g + S_w - S_{wc}} k_{rog} + \frac{S_w - S_{wc}}{S_g + S_w - S_{wc}} k_{row}$$

$$k_{rw}^{3ph} = \frac{S_o}{S_o + S_g} k_{rwo} + \frac{S_g}{S_o + S_g} k_{rwg}$$

$$k_{rg}^{3ph} = \frac{S_o}{S_o + S_w - S_{wc}} k_{rgo} + \frac{S_w - S_{wc}}{S_o + S_w - S_{wc}} k_{rgw}$$

برای حل ... (sat_o = 0) ...

25 Stone I (1971)



$$k_{ro}^{3ph} = k_{row} \cdot S_o^* F_w F_g$$

$$k_{rocn} = k_{row} \text{ at } (s_o = 1 - s_{wc}) \quad \boxed{S_o + S_{wc}}$$

$$S_o^* = \frac{S_o - S_{om}}{1 - s_{wc} - S_{om}} \quad S_{om} : \text{min oil saturation at three phase}$$

$$F_w = \frac{k_{row}}{(1 - s_w^*) k_{rocn}} \quad S_w^* = \frac{S_w - S_{wc}}{1 - s_{wc} - S_{om}}$$

$$F_g = \frac{k_{rog}}{(1 - s_g^*) k_{rocn}} \quad S_g^* = \frac{S_g}{1 - s_{wc} - S_{om}}$$

$0 + S_{wc}$

if $s_g = 0 \rightarrow F_g = 1 \rightarrow F_w = \frac{k_{row}}{(1 - s_w^*) k_{rocn}} \quad S_o^* = 1 - s_w^*$

$\hookrightarrow \boxed{0 + S_{wc}}$
 k_{rocn}

$$1 - \frac{S_o - S_{om}}{1 - s_{wc} - S_{om}} = \frac{1 - S_o - S_{om}}{1 - s_{wc} - S_{om}}$$

if $s_w = s_{wc} \rightarrow F_w = 1 \quad F_g = \frac{k_{rog}}{(1 - s_g^*) k_{rocn}} \quad S_g^* = 1 - S_o$

Fayers

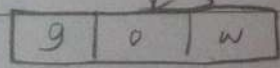
نسبت S_{om} به S_{org} و S_{orw} (نسبت S_{om} به S_{org})
 $S_{om} = \lambda S_{orw} + (1 - \lambda) S_{org}$

$$\lambda = 1 - \frac{S_g}{1 - s_{wc} - S_{org}}$$

\hookrightarrow IFT نسبت S_g به S_{org}

$$S_o = 1 - S_g - S_w$$

Baker برای جداسازی نفت از سنگ (نسبت S_o به $1 - S_w$)
 $S_o = 1 - S_w$



stone برای جداسازی نفت از سنگ (نسبت S_o به $1 - S_w$)
 $S_o = 1 - S_w$

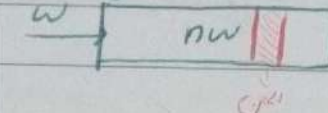
جلسه نهم

Fluid flow in porous media

تفاوت بین جریان سیال در سنگ رسوبی و در لوله

Immiscible displacement

این فصل جریان (D) در سنگ رسوبی را بررسی می کند و شامل Buckly-Leverett theory or fractional flow theory می باشد.



$$q = \frac{kA}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \quad k_{ro} = \frac{k}{k_0}$$

$$q_o = -\frac{k k_{ro} A}{\mu_o} \left(\frac{\partial p_o}{\partial x} - \frac{\rho_o g \cos \theta}{1.01 \times 10^4} \right)$$

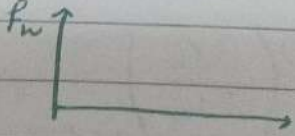
$$q_w = -\frac{k k_{rw} A}{\mu_w} \left(\frac{\partial p_w}{\partial x} - \frac{\rho_w g \cos \theta}{1.01 \times 10^4} \right)$$

هدف: بررسی شرایط جریان سیال در سنگ رسوبی و تعیین ضرایب انتقال و ضرایب جداسازی.

$$f_w = \frac{q_w}{q_o + q_w} = \frac{1 + \frac{k k_{ro} A}{q \mu_o} \left(\frac{\partial p_o}{\partial x} - \frac{\Delta \rho g \cos \theta}{1.01 \times 10^4} \right)}{1 + \frac{\mu_w}{\mu_o} \cdot \frac{k_{ro}}{k_{rw}}}$$

این رابطه برای تعیین ضرایب جداسازی و ضرایب انتقال استفاده می شود.

$$f_w(s_w) = \frac{1}{1 + \frac{\mu_w}{\mu_o} \cdot \frac{k_{ro}}{k_{rw}}}$$



معادله پیوستگی (Continuity Equation):

$$\frac{dm_i}{dt} - \frac{dm_e}{dt} = \frac{dm}{dt} \quad \left(\rho v \right)_{in} - \left(\rho v \right)_{out} = \frac{d(\rho v)}{dt} \Rightarrow \left(\rho \cdot q \cdot \Delta t \right)_{in} - \left(\rho \cdot q \cdot \Delta t \right)_{out} = \frac{d(\rho \cdot A \cdot \Delta x \cdot \phi)}{dt}$$

$$q_{in} - q_{out} = \frac{\partial (A \cdot \phi \cdot \Delta x \cdot \rho)}{\partial t} = A \phi \Delta x \frac{\partial \rho}{\partial t} \Rightarrow \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{A \phi \partial (\rho_w)}{\partial t}$$

$$\frac{\partial q_w}{\partial x} = -A \phi \frac{\partial s_w}{\partial t} \quad \text{①}$$

معادله پیوستگی یا قانون بقا

در این رابطه، s_w ضرایب جداسازی است و t زمان است.

$$s_w = s_w(x, t) \rightarrow ds_w = \frac{\partial s_w}{\partial x} dx + \frac{\partial s_w}{\partial t} dt$$

در این تئوری حرکت فرانت به صورت پستون مانند است

movement of constant saturation front

این صفر با سطح ثابت حرکت می کند و BT را می بیند

$$ds_w = 0 \rightarrow \frac{\partial s_w}{\partial t} - \frac{\partial s_w}{\partial x} \frac{dx}{dt} = 0$$

$$\frac{\partial q_w}{\partial x} = \frac{\partial q_w}{\partial s_w} \frac{\partial s_w}{\partial x}$$

$$1, 2, 3 \rightarrow \frac{\partial q_w}{\partial s_w} = A\phi \frac{dx}{dt} \Big|_{s_w}$$

$$q_w = q_t \times f_w \rightarrow \frac{\partial q_w}{\partial s_w} = q_t \frac{\partial f_w}{\partial s_w}$$

با توجه به حد بالا 1, 2, 3

wedge $\frac{dx}{dt} \Big|_{s_w} = v_{sw} = \frac{q_t}{A\phi} \frac{\partial f_w}{\partial s_w}$

$$dx = \frac{q_t \cdot dt}{A\phi} \left(\frac{\partial f_w}{\partial s_w} \right)_{s_w}$$

$$x_{sw} = \frac{w_i q_t}{A\phi} \left(\frac{\partial f_w}{\partial s_w} \right)_{s_w}$$

$$X_{sw} = P_{inj} \left(\frac{\partial f_w}{\partial s_w} \right)_{s_w}$$

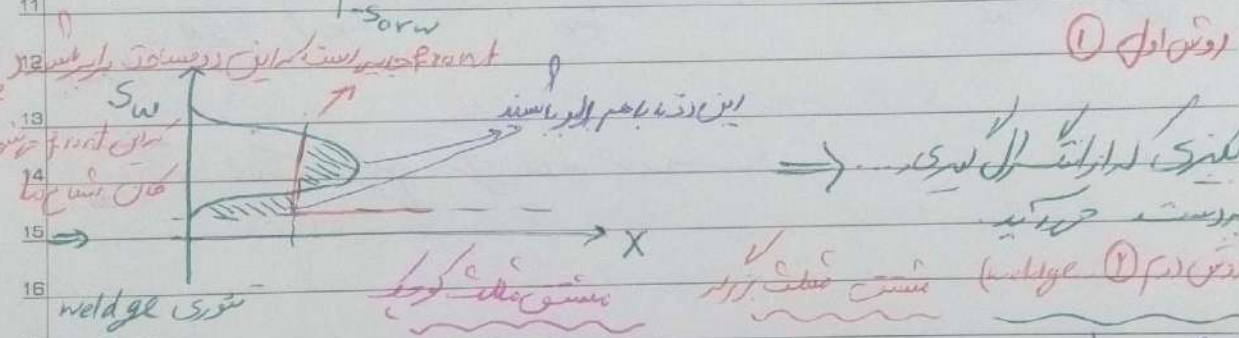
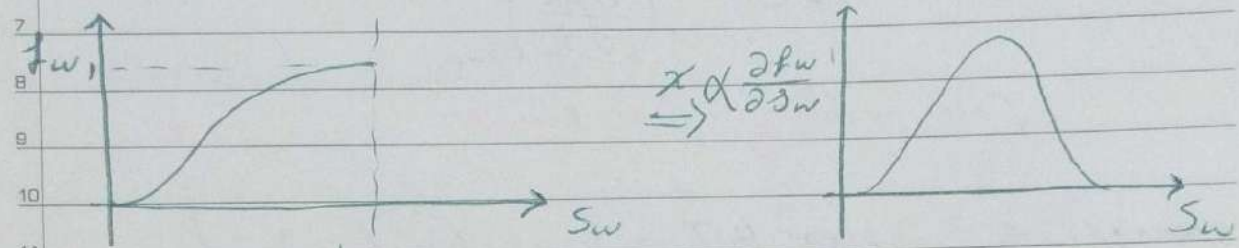
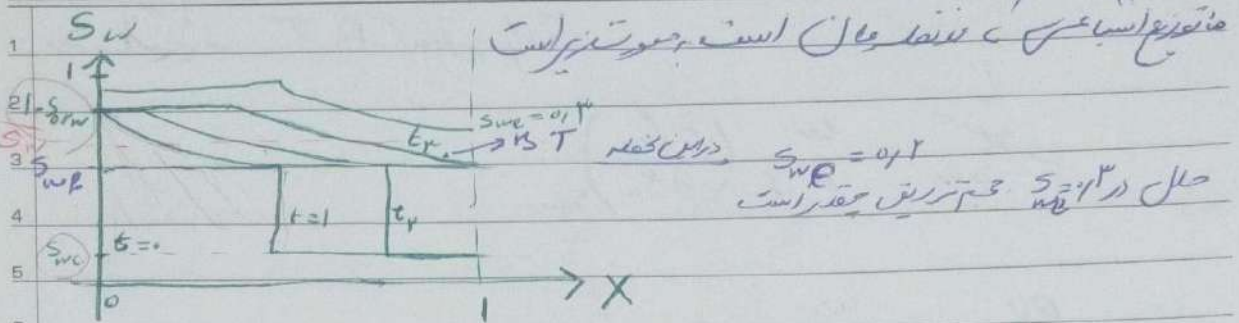
P_{inj} = total injected pv

w_i = cumulative of water injection

اندر تکیه پستون like حرکت در جهت راست
 capillary, gravity
 C, G force.

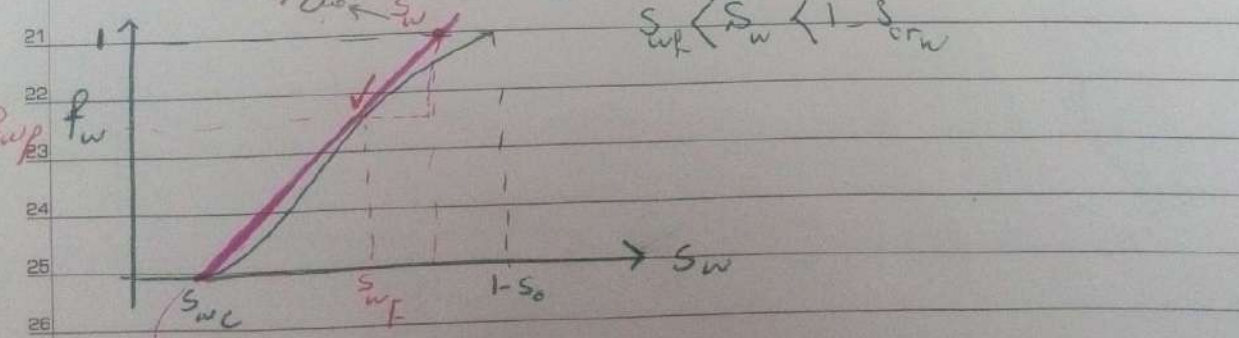
Subject:

Year. Month. Date. ()



$$\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w} \right)_{swf} = \frac{1 - (f_w)_{swf}}{\bar{S}_w - S_{wf}} = \frac{1}{\bar{S}_w - S_{wc}} = \frac{2)_{swf} A \phi}{w_i}$$

L → average water saturation behind the front



از S_{wc} محاسب می‌کنیم بر مقدار w_i
 در نقطه S_{wf} محاسب با نمودار S_{wf} در $w_i = 1$
 S_{wf} در $w_i = 1$

میانگین s_w بعد از BT

$$\frac{L}{s_w} = \frac{w_i}{A\phi} \left(\frac{\partial f_w}{\partial s_w} \right)_{s_{we}}$$

$$PV_{inj} = \frac{w_i}{A\phi L} = \frac{1}{\left(\frac{\partial f_w}{\partial s_w} \right)_{s_{we}}}$$

مقدار PV_{inj} در $s_w = 1$ برابر است با PV_{inj}

$$\text{average } s_w \text{ after } BT = s_{we} + (1 - f_{we}) \frac{1}{\left(\frac{df_w}{ds_w} \right)_{s_{we}}}$$

$\overline{s_w}$ میانگین s_w برای حالت تعادل

روش سیمپسون

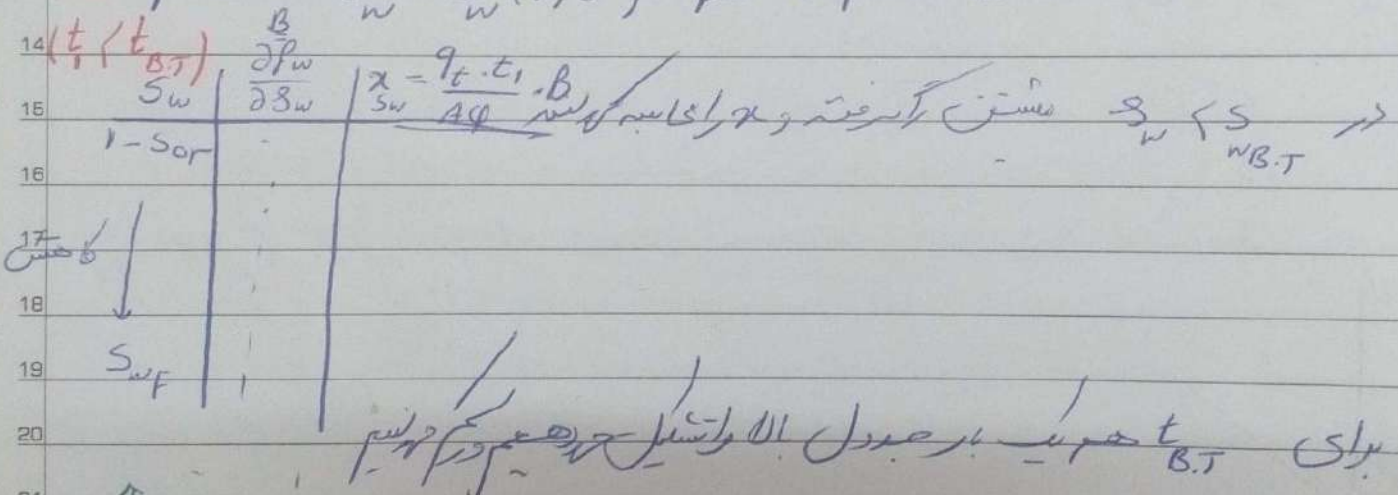
procedure of using Buckley-Leverett

1. Determine of S_{wf} by drawing a line from S_{wc} tangant to $f_w \Rightarrow S_{wf}, P_{wf}$
 watercut front

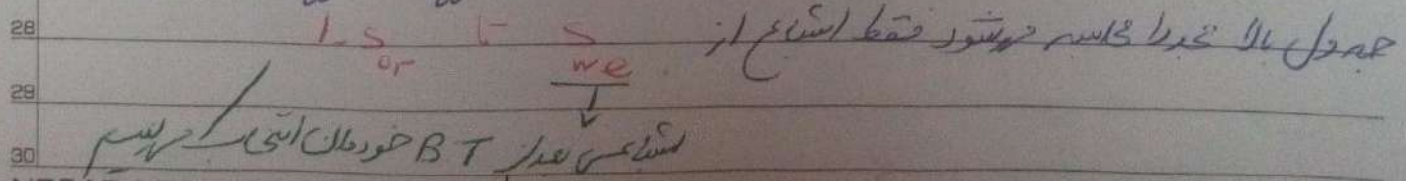
2. Determine Breakthrough time $t_{B.T}$

$$L = \frac{q_t \cdot t \cdot B}{w_i \cdot A \phi} \left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w} \right)_{S_{wf}} \rightarrow t_{B.T} = \frac{A \phi L}{q_t \left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w} \right)_{S_{wf}}}$$

3. plot $S_w = S_w(x, t)$ for Before B.T



4. plot $S_w = S_w(x, t)$ after B.T



آرتیچر پلانٹیشنم و قضا غولہ سے vs f داسٹیم و معیار BT ازما N اخذ اسے پور دریکہ ت میں
 ابتدا $\frac{qt}{A\phi L} = \frac{qt}{A\phi L}$ درست اور وہ حال مختلف ہیں سب سے آگے و معاری کے ابتدائی حالت کے

Year. Month. Date. ()

3 - obtain oil Recovery before BT

$$N_{Pd} = \frac{w_i}{A\phi(1-s_w)} = \frac{q_t \cdot t}{L \cdot A\phi(1-s_{we})}$$

initial oil in place = oIP

after B.T

اول سے \bar{s}_w کے لئے

$$\bar{s}_w = s_{we} + (1 - f_{we}) w_{id} = s_{we} + (1 - f_{we}) \left(\frac{qt}{A\phi L} \right)$$

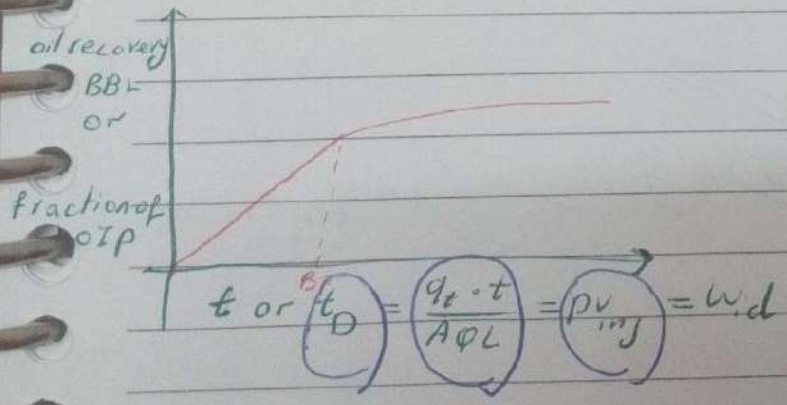
کہ یہ معیار میں بول رہا ہے اسے f سے

$$N_{Pd} = \frac{\bar{s}_w - s_{we}}{1 - s_{we}} \Rightarrow$$

استیعاب میں نہیں بنتی
 فیلڈ میں آتا ہے
 درجہ

$$oIP = \bar{s}_0$$

ت₀ کے لئے PV_{inj} =



ایئرڈینل کے ذریعہ جوڑی کر کے داسٹیم و معیار سے
 تولیدی داسٹیم سے اس پر یہ دیکھنا چاہیے

تلمه در حجم 8

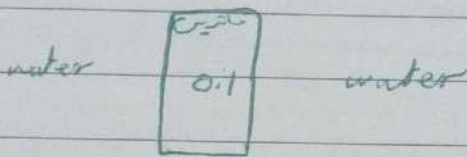
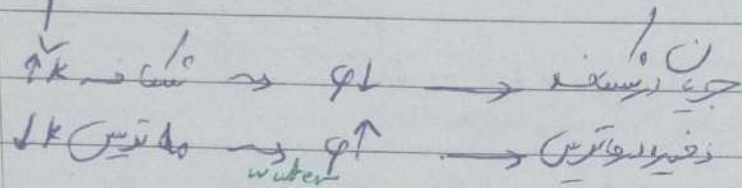
1
2 cocurrent & counter current imbibition for water parents media

3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

جریان همسو

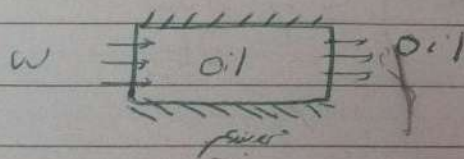
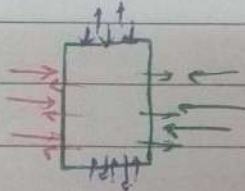
جریان متضاد

اصول در جریان همسانگرد



این فشار با داخل شیشه عمل میکند

آنها جهت ها داخل ماتریس توزیع میکنند و دست از همان جهت درون خارج میشوند که این جریان غیر همسو گفته میشود



عمل برای این در جریان همسو

طایفه این Spontaneous imb

برای این عمل هم در سازگی کلیه کار (هم حس)

$\rho = cte$

incomp سیال

فرضیات
 ۱- ثابت دما
 ۲- ثابت چگالی
 ۳- ثابت فشار

فصل هفتم: جریان ایستایی است.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k k_{ro}}{\mu_o} \frac{\partial p_o}{\partial x} \right) = \phi \frac{\partial S_o}{\partial t} \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k k_{rw}}{\mu_w} \frac{\partial p_w}{\partial x} \right) = \phi \frac{\partial S_w}{\partial t} \quad (2)$$

فصل هفتم: جریان ایستایی

For countercurrent $v_o + v_w = 0$ (3)

$$\frac{k k_{ro}}{\mu_o} \frac{\partial p_o}{\partial x} + \frac{k k_{rw}}{\mu_w} \frac{\partial p_w}{\partial x} = 0 \quad (4)$$

$p_c = p_o = p_w$ (تساوی)

$$\frac{\partial p_w}{\partial x} = \frac{\partial p_o}{\partial x} = \frac{\partial p_c}{\partial x} = \frac{\partial p_o}{\partial x} - \frac{\partial p_c}{\partial S_w} \frac{\partial S_w}{\partial x} \quad (5)$$

بسیار ساده است 4 و 5 را در هم ضرب می‌کنیم

$$\frac{\partial p_w}{\partial x} = \frac{\partial p_o}{\partial x} - \frac{k k_{ro}}{\mu_o} \left(\frac{\partial p_c}{\partial S_w} \cdot \frac{\partial S_w}{\partial x} \right)$$

$$\frac{\partial p_w}{\partial x} \left(1 + \frac{k k_{ro}}{\mu_o} \frac{\mu_w}{k_{rw}} \right) = \phi \frac{\partial S_w}{\partial t}$$

فرض کنیم $f(S_w) = \frac{1}{1 + \frac{k k_{ro}}{\mu_o} \frac{\mu_w}{k_{rw}}}$

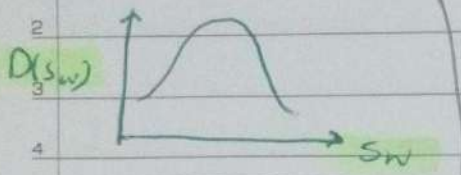
$D(S_w) = - \frac{k k_{ro}}{\phi \mu_o} f(S_w) \frac{\partial p_c}{\partial S_w}$ (D. diffusion coefficient)
 واحد: $\frac{\mu m^2}{s}$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D(S_w) \frac{\partial S_w}{\partial x} \right) = \frac{\partial S_w}{\partial t}$$

Subject:

Year. Month. Date. ()

عامل حین گرایش اسباع



که نمودار آن **Bell-Shape** است

چون D تابع S_w است غیر قابل از مشتق در مورد S_w معادله غیر خطی است و

عین معادله حل کلی آن شکل است

عملگر $D = d/dS_w$ به معنی مشتق گیری از D نسبت به S_w

$$\overline{D(S_w)} = \frac{\int_{S_{wc}}^{1-S_{or}} D(S_w) dS_w}{1 - S_{or} - S_{wc}}$$

حال در توان از مشتق بدین آورد و رابطه حل کرد اما متوجه این است که این فرض

فرض خطی می باشد

$$\frac{\partial}{\partial x} (v_w) = \phi \frac{\partial S_w}{\partial t}$$

$$\rightarrow v_w = -\phi D(S_w) \frac{\partial S_w}{\partial x}$$

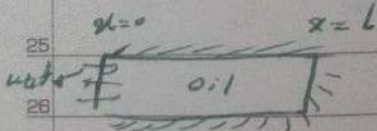
سرعت نفوذ

در معادله S_w در حواله است به تابع t, x است $S_w(x, t) = ?$

برای بدست آوردن S_w نیاز به دو شرط داریم

counter current

مشتق در نسبت x, t



I.C : $t=0 \rightarrow S_w = S_{wc} \quad \forall x \leq L$

B.C : $t > 0, x=0 \rightarrow S_w = 1 - S_{or}$

$t > 0, x=L \rightarrow q_w = 0$ (no flow boundary)

or $t > 0, x=\infty \rightarrow S_w = S_{wc} \Rightarrow$ infinite acting

For cocurrent



$$P_w = \frac{q_w}{\alpha t}$$

$q_0 = \text{convection flux}$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D(s_w) \frac{\partial s_w}{\partial x} - q_t f(w) \right) = \frac{\partial s_w}{\partial t}$$

$$q_t - q_0 + q_w \neq 0$$

این جا در صورتی که q_t, q_w حل با این معادلات q_t و q_w را می توانیم

پیدا کنیم و در صورتی که q_t و q_w را می توانیم

پیدا کنیم پس $q_0 + q_w$ معادلات را می توانیم در آنجا حل کنیم.

این معادلات را می توانیم در آنجا حل کنیم و در آنجا q_t و q_w را می توانیم پیدا کنیم.

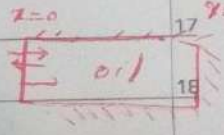
numerical

حل عددی

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k k_{r0}}{\mu_0} \frac{\partial p_0}{\partial x} \right) &= \varphi \frac{\partial s_0}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k k_{rw}}{\mu_w} \frac{\partial p_w}{\partial x} \right) &= \varphi \frac{\partial s_w}{\partial x} \end{aligned} \right.$$

$$P_c = P_0 - P_w$$

$$S_w + S_0 = 1$$



این معادلات را می توانیم در آنجا حل کنیم و در آنجا q_t و q_w را می توانیم پیدا کنیم.

مشق اولی در باره این معادلات در آنجا حل کنیم و در آنجا q_t و q_w را می توانیم پیدا کنیم.

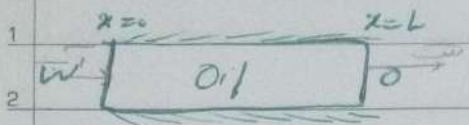
تجزیه معادلات در آنجا حل کنیم و در آنجا q_t و q_w را می توانیم پیدا کنیم.

$$I = c \quad t = 0 \quad P_0 = 0 \quad \text{at } x = L, \quad P_w = -P_c (S_{wc})$$

$$B.C \left\{ \begin{aligned} t > 0, x = 0 \quad P_w = 0, P_0 = 0 \\ t > 0, x = L \quad q_w = 0, q_0 = 0 \end{aligned} \right.$$

$$0 = \frac{\partial p_0}{\partial x}, \quad \frac{\partial p_w}{\partial x}$$

در این مثال P_w و P_o



I.C $\rightarrow t=0$ $0 \leq x \leq L$ $P_o = 0$ $P_w = -P_c(S_w)$

B.c $\left\{ \begin{array}{l} \text{at } x=0, t > 0 \\ \text{at } x=L, t > 0 \end{array} \right.$ $P_w = 0$

$q_w = 0$

$q_o = 0$ \rightarrow جیل برعکس زایم

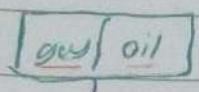
$P_o = 0$ \rightarrow اولویت نفت

جیل برعکس زایم
اولویت نفت

تغییر شکل
تغییر

Diffusion & dispersion in porous media

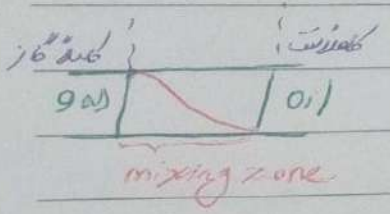
در miscible displacement حل می شود



miscible → تغییر شکل
و تغییر

حرکت قابل حل در $IFT=0$

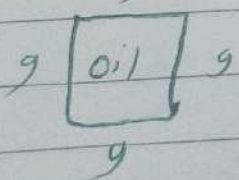
حل در یک صوفه در وقت $IFT=0$ برای نفت و وقت گاز در زمان است قابل حل در زمان $IFT=0$



P_c (تغییر) را به عنوان $IFT=0$ حل در زمان قابل حل در وقت نفت را می شود و $IFT=0$ را می شود

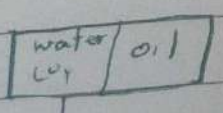
در زمان $IFT=0$ حرکت نفت را می شود

- 1. gravity ← حرکت نفت را می شود
- 2. Diffusion ← حرکت نفت را می شود



carbonate water, CO_2

آب که داخلش گاز حل شده
cap یا بخور حل می کند



CO_2 داخل نفت می شود
→ P_c را می کند

swelling در وقت $IFT=0$

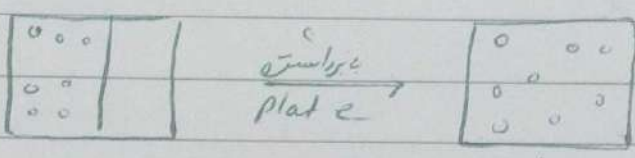
تغییر شکل یا $IFT=0$
به هم می پیوندد و حرکت می کند

اثر خوب :
D.D باعث پخش شدن Solvent می شود و با هم پیوند پلیت حاصل می شود

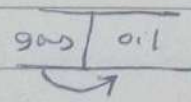
اثر بد :
D.D باعث عدم پیوند Solvent می شود و fingering می شود

چند عاملی است dispersion می شود ؟
دو عامل است

① diffusion در عامل آن اصطلاحات $\frac{dx}{dt}$ و $\frac{dy}{dt}$ است
در جهت flow : longitudinal diff
معمود بر جهت flow : transverse
② mechanical dispersion



توزیع نام یکنواخت بر حسب حرکت بردن موکل ها

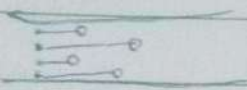


سیستم دو مرحله uniform شود یعنی $\frac{dx}{dt}$ و $\frac{dy}{dt}$ برابرند
یعنی تمام گاز از قسمت $\frac{dx}{dt}$ به داخل منتقل می شود

در کجا سطح دانه ها در داخل تمام می شود پس نسبت به $\frac{dx}{dt}$ و $\frac{dy}{dt}$ در کجا diffusion بیشتر است

② پخش شدن موکل ها

این حالت سرعتی است که در آن اختلاف سرعتی
این اتفاق می افتد



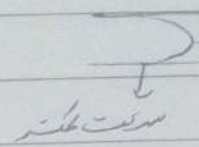
تفاوت در سرعت باشد در شیب در فلن سطح حرکتی

در یک μ باشد

عامل کشش μ است

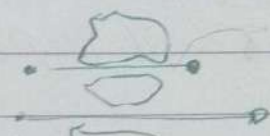
① نیروی سرعت داخل حفره

Slippage \leftarrow

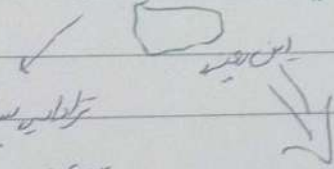


کشش
سرعت
بیشتر

② در حفره وجود حفره و شیب های مختلف



KAR^2



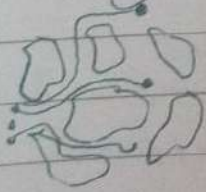
کشش بیشتر
سرعت بیشتر
من ریزش در فلن
حاصل می شود

کشش بیشتر

③ به شیب μ for $tan \alpha$ در شیب های مختلف و در فلن μ در فلن

و در شیب μ در شیب μ در شیب μ در شیب μ در فلن μ در فلن

امداداتی μ متفاوت در شیب



1 برای یک جبهه
 2 How : علت تفاوت اجزا را در محیط پدیده دست داریم
 3 →

4 دو عامل باعث حرکت جبهه می شود

5
 6 (1) convection (advection) : حرکت سیال، جبهه با خودش می رود

7
 8 (2) Dispersion : Diff, m.D : انتشار سیال می شود

9 برای سیال متخلخل
 10 سرعت داخل حفره، سرعت سیال : convection

11 $\vec{J}_a = \phi \vec{u} c$ (1)
 12 \vec{J}_a : advection : علت جبهه

13
 14 بیان هر چیزی که در واحد سطح در واحد زمان عبور می کند.

16 \vec{u} : interstitial velocity ($\frac{v_p}{\phi} = v_{acc}$)

18 c : concentration of component

20 J_a : mass flux ($\frac{\text{mass}}{\text{area} \cdot \text{time}}$) of component i due convection

22 Dispersion : (ϕ - ϕ)

23 $\vec{J}_d = -\phi \bar{D} \nabla c$ (2)

25 J_d : mass flux of component i due to dispersion

27 \bar{D} : Dispersion tensor $\bar{D} = D_d + D_m$ → mechanical dispersion tensor

28 molecular diffusion coefficient
 29 D_d : mechanical dispersion tensor
 30 D_m : molecular diffusion coefficient

مخلوط شدن برای جریان \rightarrow mixing conditions

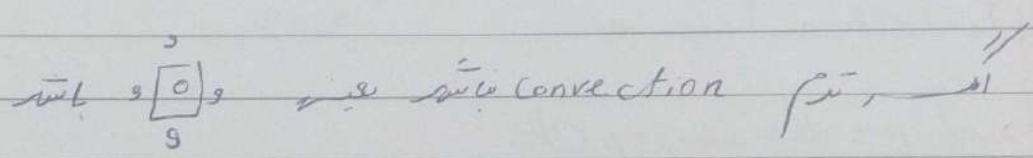
continuity: $\frac{\partial(\phi c)}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{J} = 0$ (3) \rightarrow برابری تغییرات جرم در داخل یک حجم

\vec{J} : mass flux of component; due to convection - dispersion

$\vec{J} = \vec{J}_a + \vec{J}_d$ (4)

$\frac{\partial c}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{u} c) - \nabla \cdot (\bar{D} \cdot \nabla c) = 0$

$\frac{v_D}{\phi}$ \rightarrow ϕ \rightarrow ϕ \rightarrow ϕ



For pure dispersion:
(static fluid)

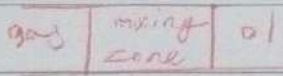
$\frac{\partial c}{\partial t} - \nabla \cdot (\bar{D} \cdot \nabla c) = D_d \nabla^2 c$

For pure convection

$\frac{\partial c}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{u} c) = 0$

Year. Month. Date. ()

حاجم نوری



1. diffusion

2. dispersion

تابع

ذرات از جایی که غلظت بیشتر است به جایی که غلظت کمتر است میروند. در اثر حرکت برداشته ذرات

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{u}c) - \nabla \cdot (\bar{D} \nabla c) = 0$$

longitudinal = Dispersion در جهت جریان

انتشار طولی

convection dispersion \rightarrow $\frac{\partial c}{\partial t} + \underbrace{u}_{\text{convection}} \frac{\partial c}{\partial x} - \underbrace{D_L}_{\text{dispersion}} \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = 0$

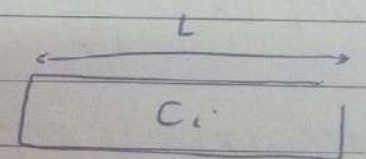
سرعت انتقال \rightarrow $\frac{\partial c}{\partial t}$ اثر \rightarrow $\frac{\partial c}{\partial x}$ اثر \rightarrow $\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$

سرعت انتقال \rightarrow $\frac{\partial c}{\partial t}$ اثر \rightarrow $\frac{\partial c}{\partial x}$ اثر \rightarrow $\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$

$\rho = \rho_e$

در مگن جن ... \rightarrow $\frac{\partial c}{\partial t} + u_x \frac{\partial c}{\partial x} - D_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = 0$

$u_x = \text{سرعت انتقال} = \frac{\text{Darcy velocity}}{\phi} = \text{interstitial velocity}$



$$\frac{\partial c}{\partial t} + u_x \frac{\partial c}{\partial x} - D_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = 0$$

sem-infinite سیستم

$c_i =$ غلظت اولیه \rightarrow بر روی غلظت به چه شکل خواهد شد؟؟

- I.C.: $c(x, 0) = c_i$
- B.C.: $c(0, t) = c_g$ (غلظت در سر)
- $c(x, t) = c_i$ (شکل برآورد به کار می آید)

در این فصل به بررسی معادله انتقال جرم در شرایط جریان موازی خواهیم پرداخت.

$$\frac{\partial C_D}{\partial t_D} + \frac{\partial C_D}{\partial x_D} - \frac{1}{N_{pe}} \frac{\partial^2 C_D}{\partial x_D^2} = 0$$

$$x_D = \frac{x}{L}$$

$$t_D = \frac{q_b \cdot t}{A \phi L}$$

$$C_D = \frac{C(x,t) - C_i}{C_f - C_i}$$

I.C:

$$C_D(x_D, 0) = 0$$

B.C:

$$C_D(0, t_D) = 1$$

$$C_D(\infty, t_D) = 0$$

→ $\text{velocity} = D$

$$\frac{N}{Pe} = \frac{U \times L}{D_L} = \frac{\text{advection (convection)}}{\text{diffusion}} \quad *$$

$$C_D(x_D, t_D)$$

در این فصل به بررسی معادله انتقال جرم خواهیم پرداخت.

$$C_D(x_D, t_D) = \frac{1}{2} \left[\text{erfc} \left(\frac{x_D - t_D}{\sqrt{\frac{t_D}{N_{pe}}}} \right) + e^{-x_D N_{pe}} \text{erfc} \left(\frac{x_D + t_D}{\sqrt{\frac{t_D}{N_{pe}}}} \right) \right]$$

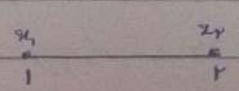
$$\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$$

توجه کنید erf

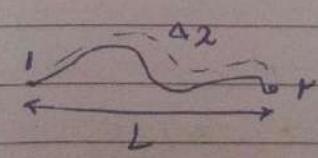
$$\text{erfc}(x) = 1 - \text{erf}(x)$$

در این فصل به بررسی معادله انتقال جرم خواهیم پرداخت.

$$J = -D \frac{C_f - C_i}{x_f - x_i}$$



$$J = -\frac{D}{L} (C_f - C_i)$$

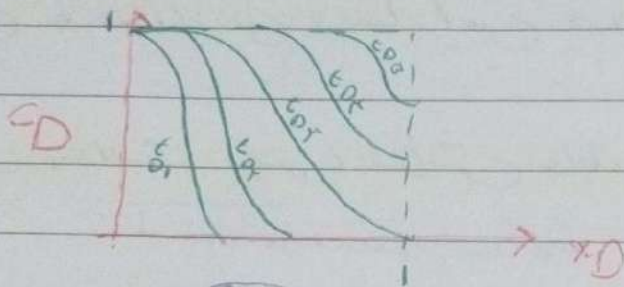


در این فصل به بررسی معادله انتقال جرم خواهیم پرداخت.

$$D_L = D_{ed} + D_{cm}$$

$$\text{or } J = -D \frac{C_f - C_i}{x_f - x_i}$$

Displacing fluid → displaced fluid

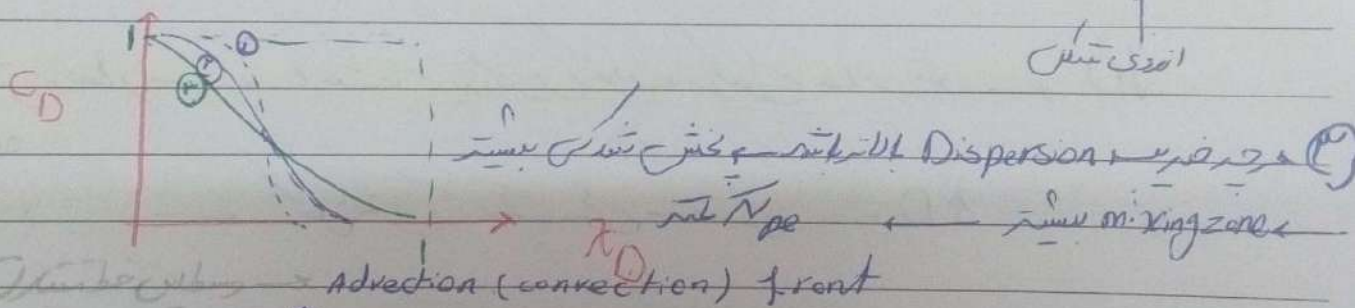


$N_{Pe} = ct/c$

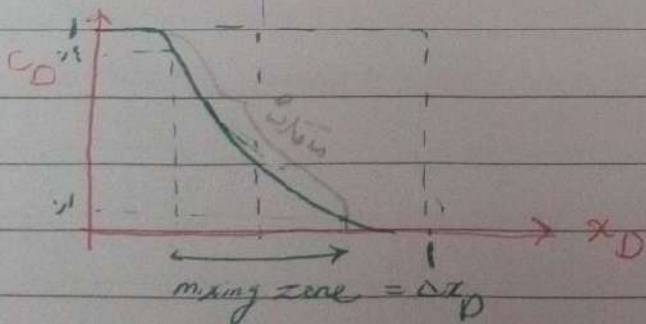
برای هر N_{Pe} یک پروفایل داریم

$t_D = 1$ قبل از $t_D = 1$ $B.T$ قبل از $t_D = 1$ $pure volume$ $t_D = 1$ $مردود$

① پیش از آنکه هم N_{Pe} تغییرات توزیع



$N_{Pe-1} = 1000$ $N_{Pe-2} = 100$ $N_{Pe-3} = 10$



$\Delta x_D = 4.72 \sqrt{\frac{L_D}{N_{Pe}}}$

$r_e = \sqrt{K \mu E}$ $\eta = \frac{4.72 \mu K}{\phi \mu c t}$

حال D چگونه است در حالت عادی و چگونه متغیر

برای طرفهای لیدر در فشار این صبر نمود مستقل از غلظت است تقریباً

برای مایعات پیوسته با افزایش غلظت « کاهش می یابد

در صورتی که نفوذ نمود می کنند

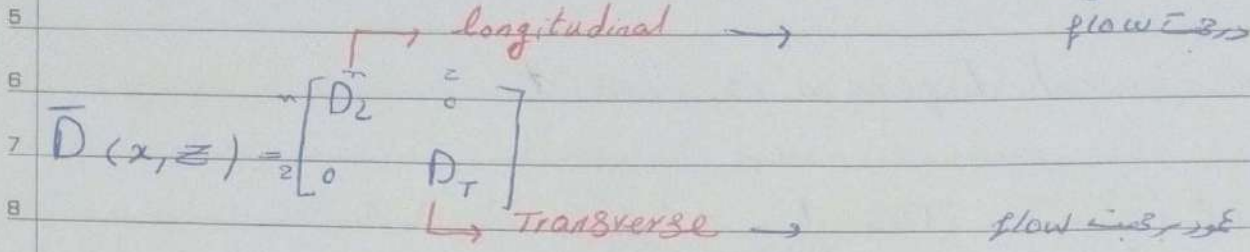
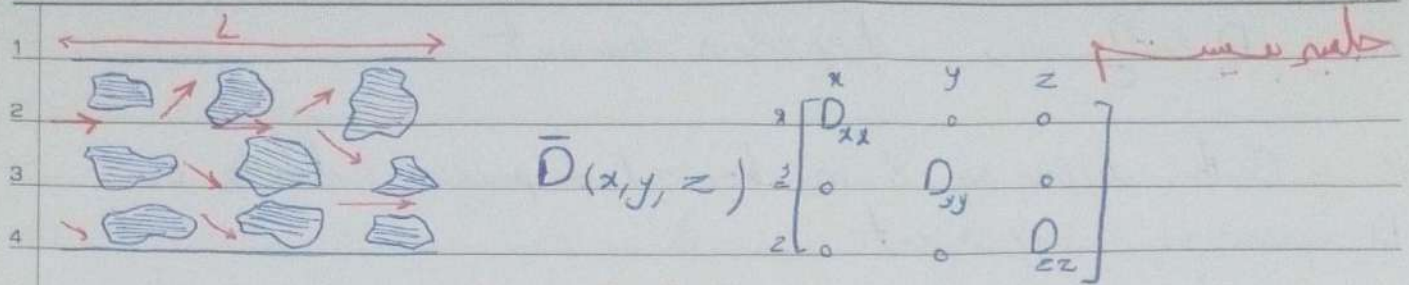
برای سیستم های 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20

افزایش دما - افزایش جنبش مولکول ها - افزایش حرارت برودت - D ↑

کاهش شش سطحی - D ↑

افزایش فشار - باعث می شود در حرارت مولکول ها در شود و D ↓

کاهش شش سطحی - D ↑



10 $D_L = D_{Ld} + D_{Lm}$ 11 $D_T = D_{Td} + D_{Tm}$

13 $\frac{D_L}{D_i} = C_1 + C_2 \left(\frac{u D_p}{D_i} \right)^\beta$

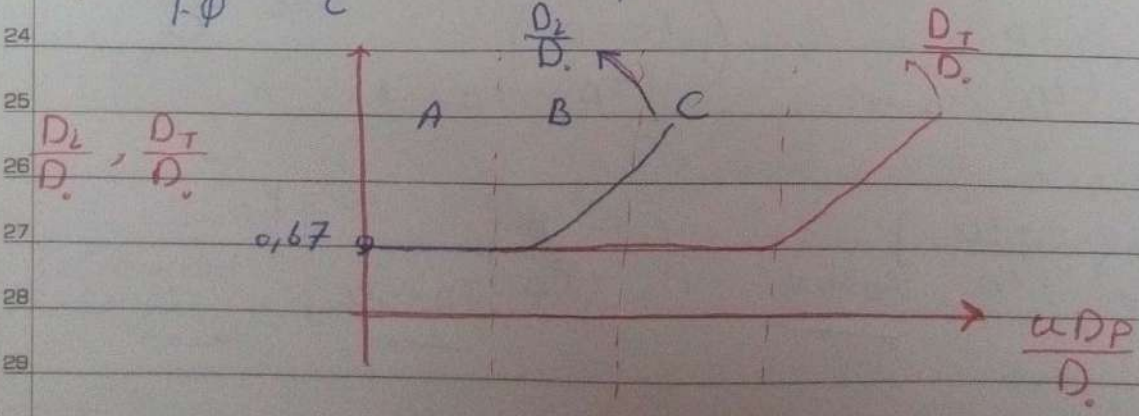
15 D_L = diffusion coefficient in porous media

17 D_i = binary diffusion coefficient in bulk between displacing & displaced

19 C_1, C_2, β = constant parameter which are properties of porous media

21 D_p = Particle parameter u = velocity in porous media

23 $C_1 \approx \frac{1}{F\phi} \approx \frac{1}{\tau}$ $\beta = 1 - 1.25$



A → $D_L \approx \frac{D_0}{\tau}$, diffusion dominant

B → Both diffusion & mechanical dispersion contribute to Dispersion coefficient

C → mechanical dispersion is dominant

$D_L = 0.67 D_0$ $\tau = \frac{1}{0.147} = 6.8$

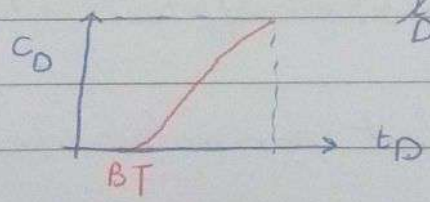
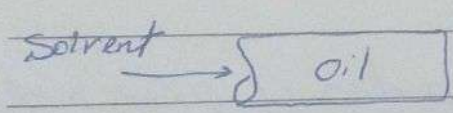
Transverse → \leftarrow diffusion dominant \rightarrow *در جهت عرضی*

در جهت طولی \rightarrow N_{pe} *کامل تر است*

Transverse → \leftarrow diffusion coefficient \rightarrow *در جهت عرضی*

N_{pe} \rightarrow D_L بیشتر از D_T *در جهت طولی*

measurement of D_L



$x_D = 1$ *در انتهای عمود*

$$c_D(1, t_D) = \frac{1}{\sqrt{N_{pe}}} \operatorname{erfc} \left[\sqrt{N_{pe}} \left(\frac{1-t_D}{\sqrt{t_D}} \right) \right]$$

$$\frac{3.420}{\sqrt{N_{pe}}} = \left(\frac{1-t_D}{\sqrt{t_D}} \right)_{c_D=0.14} - \left(\frac{1-t_D}{\sqrt{t_D}} \right)_{c_D=0.1}$$

$N_{pe} = \frac{uL}{D}$

$$D = \frac{uL}{N_{pe}} \left[\left(\frac{1-t_D}{\sqrt{t_D}} \right)_{c_D=0.14} - \left(\frac{1-t_D}{\sqrt{t_D}} \right)_{c_D=0.1} \right]^2$$

cm $\frac{cm^2}{s}$ $\frac{cm}{s}$

حالتی نسبت به یکدیگر

۱) افزایش مقیاس (upscaling)

برای فرآیند مدل‌سازی upscaling باید در مورد ناهمگونی صحبت کنیم زیرا این دو مفهوم بسیار مرتبط است.

۲) ناهمگونی (heterogeneity)

این مسئله در مدل‌های ناهمگونی است. حال ناهمگونی یعنی چه؟؟
تفاوت در خصوصیات مکانیکی و خواص سنگ تغییر می‌کند مثل K, ϕ, ρ .

در مدل‌های ناهمگونی در دو مقیاس تولید کرد؟؟

۱. macroscopic (ناهمگونی در مقیاس ماکروسکوپی)

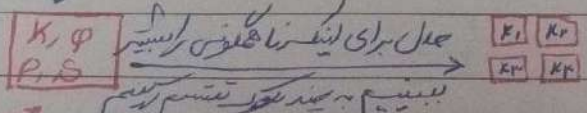
مثلاً با یک تکه سنگ در صورت چشم‌پوشی می‌توانیم به ناهمگونی در مقیاس ماکروسکوپی نگاه کنیم. این ناهمگونی در مقیاس ماکروسکوپی است و یا جهت درشت‌تری (مثلاً در مقیاس ماکروسکوپی) تفاوت است. پس در صورت چشم‌پوشی ناهمگونی نماند. در حوضچه‌ها هم همین شکل است. مثلاً لایه‌های مختلف با هم تفاوت داشته‌اند و برای هر لایه K, ϕ داشته‌اند. پس با حرکت در یک جهت و یک سنگ در یک جهت.

۲. microscopic (ناهمگونی در مقیاس میکروسکوپی)

گویم در صورت نگاه کردن دقیق‌تر و با استفاده از میکروسکوپ می‌توانیم ناهمگونی در مقیاس میکروسکوپی را ببینیم. مثلاً در مقیاس pore (مثلاً در چشم‌پوشی) ناهمگونی است و تفاوت در مقیاس میکروسکوپی.

۳) ناهمگونی (heterogeneity) در سبب سازش رخ می‌دهد است

حالت این حالتی هم همین است. این ناهمگونی در سبب سازش رخ می‌دهد است. این ناهمگونی در سبب سازش رخ می‌دهد است. این ناهمگونی در سبب سازش رخ می‌دهد است.



پس تفاوت در خواص مکانیکی در نظر می‌گیریم. ناهمگونی در خواص مکانیکی در نظر می‌گیریم.

در واقع در نظر می‌گیریم که یک سنگ ناهمگونی در نظر می‌گیریم. در واقع در نظر می‌گیریم که یک سنگ ناهمگونی در نظر می‌گیریم.

تعریف up scaling

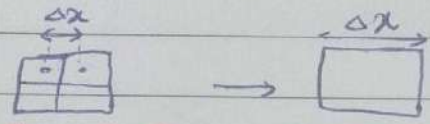
بررسی آدرسین خواص یک توری (k, ϕ) (مغزایی) (k_r, ρ_c) توری درشت

(coarse grid) آرد و های ریزانه (fine grid) بطوری که خواص

معدل بکود درشته بتواند جریان معدل مدل ها ریزانه را مانده

انتقال از fine grid به coarse grid درجه اول

① k, ϕ معدل ریزانه به بورتاری جریان مدل coarse به fine انتقال



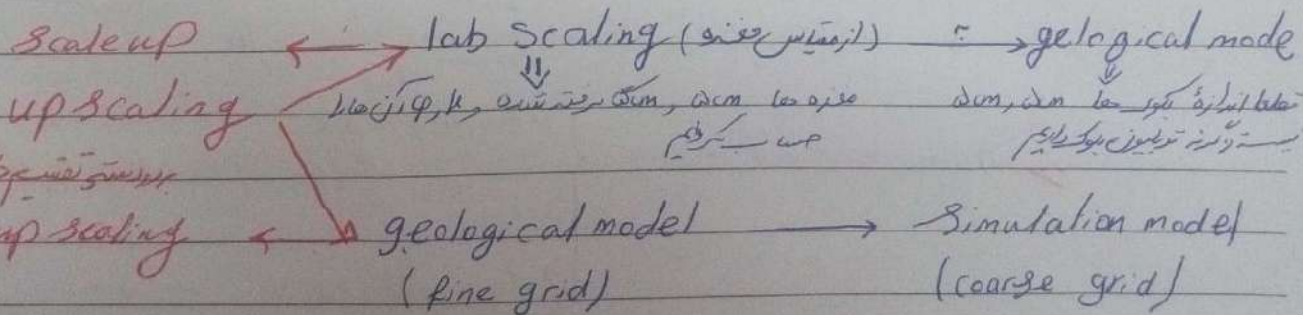
②

fine grid coarse grid

مادرشته درین بکود ها خلاصه یار درشته پس مایه علامه براین k, ϕ معدل (مغزایی) انتقال کنیم که بورتاری جریان همین fine grid باشد به این order خلاصه هم برآورد کنند (اختلاف فضای اشرف از fine به coarse) خواص معدل بایه جریان کنند

خطی

فضای مایه است در fine grid دقیق در واقعیه حال بایه عرض و حجم بایه خواص معدل در معدل coarse گفته بشه که ϕ جزء از این معدل معدل fine بکود باشد در در معدل مدل بکود باشد



با این کار

لاذاتھا ساندھتھا ہاامین دروہ عمل ختم ہااں مسئلہ نیست

۱) up-scaling (روش ساده)

Analytical: (تک سبب) (روش سادہ) = simple averaging method

up scaling

w	L
k_1	ϕ_1
k_2	ϕ_2
k_r	ϕ_r

$$\bar{k} = \frac{\sum k_i h_i}{\sum h_i} \quad \bar{\phi} = \frac{v_p}{v_0} = \frac{\sum L w h_i \phi_i}{\sum L w h_i}$$

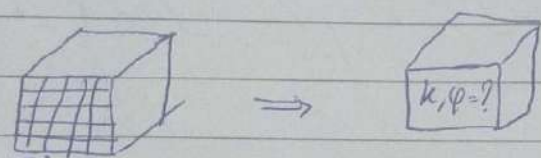
میانگین

upscaling

$$= \frac{\sum \phi_i h_i}{\sum h_i}$$

تجزیل لایہ ای

واقعہ چون از تعریف ϕ برآید. دقتی چون با تراشیدن مطالب در این باره رسیدیم این رسیدیم



حال در این درستی جهت جریان داریم

کاملاً درست است. جهت جریان داریم و چون در این جهت داریم k و ϕ در این جهت قابل بیان باشد. در واقع در این روش

در ϕ از تعریف Analytical روش درست بود

$$\bar{\phi} = \frac{\sum v_{bi} \phi_i}{\sum v_{bi}}$$

این روش Analytical عبارت از ϕ برآید است

$$\bar{\phi} = \frac{v_w}{v_p} = \frac{\sum S_{wi} \phi_i v_{bi}}{\sum v_{bi} \phi_i}$$

پس ϕ و S_w با تعریف Analytical و scale up در دسترس است

! در این روش k و k_r و k در دسترس نیستند

- 1. single phase k_{obs} scale up
- 2. two phase p_c, k_r

قبل وارد شدن به این یکتا

در روش Analytical یک سری روش های مختلف برای

سختی حجم و عددی به این ترتیب خواهد بود که به صورت عملی استفاده از Single phase

استفاده از روش های دیگر استفاده می کنند.

average k:

Arithmetic $\bar{k} = \frac{\sum k_i t_i}{\sum t_i}$ \rightarrow \rightarrow برای کاربردهای

Harmonic $\bar{k} = \frac{\sum t_i}{\sum \frac{t_i}{k_i}}$ \rightarrow \rightarrow سری

Geometric $\bar{k} = \exp\left(\frac{\sum \ln k_i}{n}\right)$ \rightarrow \rightarrow تغییرات بالا

Power law $\bar{k} = \left[\frac{\sum k_i^w}{n}\right]^{\frac{1}{w}}$ \rightarrow دست خودتون

up scale اولی چاه یعنی up scale. چاه ایچیه نسبت چاه ها است

چاه ها

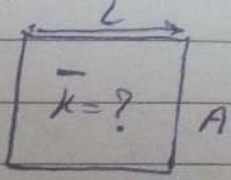
① تغییرات شدید اولی چاه

② نوع چاه ها متفاوت اولی چاه چاه های شعاعی تابع

Single phase method for Absolute Perm (k)



fine model



coarse model

برای k absolute به این روش استفاده می کنند. Upscaling مطرح نیست البته
 upscaling فقط برای چاه های شعاعی است که در کمالش عرض چاه
 چون دلیل بزرگ عوض شد order از عوض شد و k باید چاه شعاعی باشد

Warren & Price 1961

یا سری فرضیات در شکل گرفته و سپس عملیات حل می شود

- Single phase
- incompressible ($\rho = \text{cte}$)
- steady state ($\frac{\partial}{\partial t} = 0$)

$$\nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) + \frac{\partial (\rho \phi)}{\partial t} = 0$$

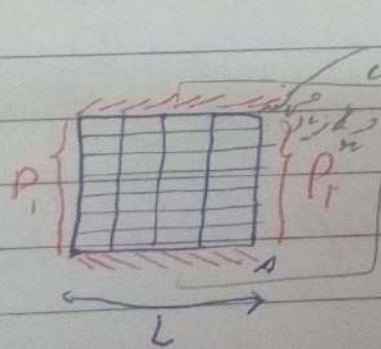
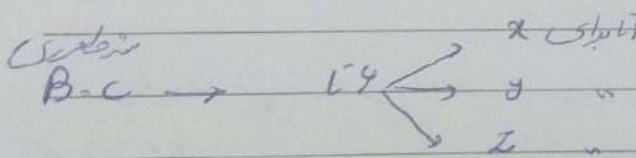
$$\Rightarrow \nabla \cdot \mathbf{u} \rightarrow \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k_x}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{k_y}{\mu} \frac{\partial p}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{k_z}{\mu} \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 0$$

عمل در عمق است

این معادله برای عمل بر روی دامنه K حاصل می شود پس نسبت به هر یک از اجزای این معادله دلیل با عمل اعضا را بررسی می کنیم و در ادامه به همین دلیل برای روش

Pressure solver method

این معادله I.C. از جمله چون همان عمل خواهد



برای تعیین شرایط مرزی روش های مختلفی استفاده می شود
 NFB: cross flow که در این جهت می باشد
 در این روش شرایط مرزی را با این روش تعیین می کنند

در هر شرایط مرزی این که گرفته؟ آیا اگر چندین مرزی که تفاوت داشته؟

در اینجا K خاصیت نسبی است پس اگر K در دست آوریم فرقی ندارد Δp در Δp

در این حالت B, C (مکانی که در این K در نظر می گیریم)

1. ولتاژ ثابت و جریان ثابت و این اطلاعات روش است مختارترین (بزرگترین) روش این است

2. این نوع شرایط مری است چه؟ چون شرایط مری تعیین می کنند جریان تغییر می کند و تغییر می کند

3. چه توان شرایط مری را با توجه به طول های اطلاعات اختیار کرد و این شکل

Case by case روش

4. ϵ بالین B.C k_p ^{مثال} با دست مرییم که جوی NFB (توضیح می دهم) روش

تعیین k_p بدست مرییم

$$k_p = \frac{q \mu L}{A \Delta P}$$

$L \rightarrow P_2 - P_1$

در صورتی که در دست

1. مشکل کلان شرایط مری حل line

2. حل معادله مری و بدست آوردن فشار تمام طول های مری

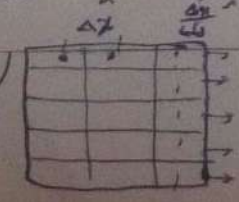
3. استفاده از معادله مری بی فکری در مدل مری برای بدست آوردن q مری

$$q = \frac{kA}{\mu} \frac{\Delta P}{L}$$

4. جمع کردن در هر صورت هر کدام از طول های مری در هر مدل مری

5. بدست آوردن تعداد این طول و بدست آوردن رابطه

که این مراحل k_p را مری دهد و جانشین شرایط مری k_p را بدست مرییم

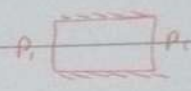


$$q = \frac{kA}{\mu} \frac{\Delta P}{L}$$

تکنیک های بهینه سازی

Single phase technique:

1. local upscaling technique تکنیک محلی



2. extended local upscaling method

مسئله محلی را در یک منطقه بزرگتر حل می کنند تا بتوانند از آن برای حل مسئله اصلی استفاده کنند



B.C مسئله حل می شود

3. global upscaling technique

در این روش کل مساحت را در یک مسئله واحد حل می کنند و سپس نتایج را برای هر یک از سلول های کوچک تر استخراج می کنند

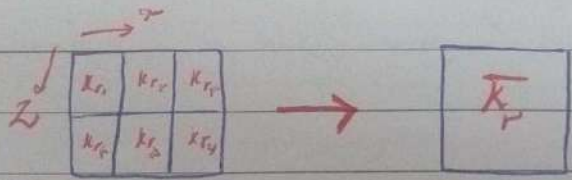
4.

procedure

1. coarse scale problem را حل می کنند
2. نتایج را در scale کوچک تر اعمال می کنند

Two phase scaling

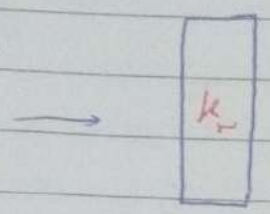
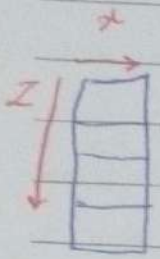
k_p, p_c تعریف می کنند



روش های مختلف وجود دارد

1. coat's method

تیمی این روش: طبعاً تقابل با جهت y
 با فرض کم بودن اثر نیروی دیسپنژ و نیروی جوسگواریت
 و صورت \bar{k} و در تقابل با هم باشند



$$\bar{k}_{rw} = \frac{\int_0^h k k_{rw} dz}{\int_0^h k dz}$$

eff perm
 abs perm

مستقل به \bar{k} است

$$\bar{s}_w = \frac{\int_0^h \phi s_w dz}{\int_0^h \phi dz}$$

$$\bar{k}_{rw} = \frac{\sum_{k=1}^{N_k} (T_x k_{rw})_k}{\sum_{k=1}^{N_k} (T_x)_k}$$

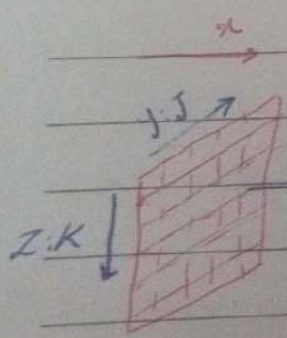
$$T_x = \frac{A \Delta y \Delta z k}{\Delta x}$$

↳ Transmissibility in x direction

2. stone method (1990)

روش تیل آمانوری است و این روش کس نیز به جریان در نظر گرفته

و فرض این روش نیروی جوسگواریت را در نظر نمیگیرد



$$\bar{q}_w = \sum_{j=1}^{N_j} \sum_{k=1}^{N_k} (q_w)_{jk}$$

$$f = \frac{1}{1 + \frac{k_{ro} \mu_w}{k_{rw} \mu_o}}$$

$$T_x = \frac{\Delta y \Delta z k}{\Delta x}$$

total mobility

$$2\lambda = \frac{k_{ro}}{\mu_o} + \frac{k_{rw}}{\mu_w}$$

$$k_{rw} = f_w \lambda_t f_w \rightarrow$$

از 1 و 2 بر است بعد

حل 2؟
 $k_{rw \text{ coarse}}$

$$\bar{k}_{rw} = \bar{f}_w \bar{\lambda}_t \bar{f}_w$$

حل 3؟
 \bar{f}_w

$$q_w = q_t \cdot f_w \rightarrow \bar{q}_w = \bar{q}_t \cdot \bar{f}_w = \frac{\sum_j \sum_k (q_t f_w)_{jk}}{J \cdot K}$$

$$\bar{f}_w = \frac{\bar{q}_w}{\bar{q}_t} = \frac{\sum_j \sum_k (q_t f_w)_{jk}}{\sum_j \sum_k (q_t)_{jk}}$$

$$\bar{\lambda}_t = \frac{\sum_j \sum_k (T_2 \lambda_t)_{jk}}{\sum_j \sum_k (T_2)_{jk}}$$

این تقریب است ولی
 تغییر در طول حصار می‌کند

$$\bar{s}_w = \frac{\sum_j \sum_k (s_w)_{jk} (v_0)_{jk}}{\sum_j \sum_k (v_0)_{jk}}$$

$$\bar{k}_{ro} = \bar{f}_o \bar{\lambda}_t \bar{f}_o$$

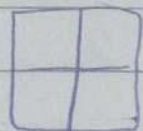
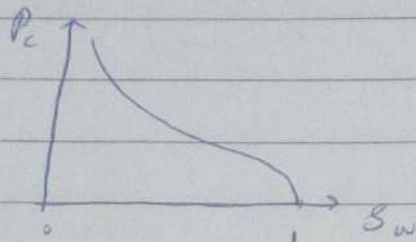
اسیرادستی این روش:

1. نیروی توسعه در طول حصارها، شیب و پس جبهه این در نظر باشد با خط موازی

2. λ_t به لایه میانی تیر است

3. Capillary limit method

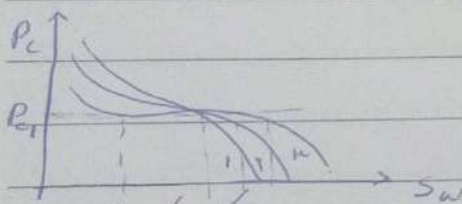
عملیات بهره‌اندازی چاه‌ها در صورتی که در محدوده فشارهای بالا و دماهای بالا قرار داشته باشند، می‌تواند با استفاده از روش حد کاپیلاری انجام پذیرد.



→

حال اگر بخواهیم در چاه‌ها در محدوده فشارهای بالا و دماهای بالا کار کنیم

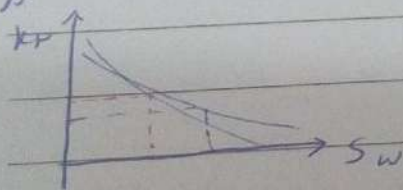
① در این روش P_c level انتخاب می‌کنیم



② با داشتن P_c انتخاب می‌کنیم (P_{ci})

③ با داشتن اشباع نهایی (P_{ci}) ، اشباع نهایی چاه‌ها با استفاده از نمودار P_c تعیین می‌گردد.

④ با داشتن اشباع نهایی (P_{ci}) ، چاه‌ها را با استفاده از نمودار k_r چاه‌ها تعیین می‌کنیم.



⑤ تعدادی موثر خارج می‌گردد و از رابطه k_r و P_{ci} استفاده می‌کنیم.

$$k_w = k_r \cdot k_{rw}$$

⑥ استفاده از روش‌های N می‌تواند برای تعیین P_{ci} و k_r استفاده شود (pressure solver).

تولید صورت بود - Coarse - صورت بود

تولید کارهای تولیدی ملحق کل نیز (یا) در صورت

$$\bar{k}_{rw} = \frac{k_w^{\text{scale up}}}{k^{\text{scale up}}}$$

$$\bar{s}_w = \frac{\sum \varphi_i v_{bi} s_{wi}}{\sum v_{bi} \varphi_i}$$