



DATO: 4. SEPTEMBER 2003

EKSAMEN I: TE 0195 Reservoarteknikk 1

VARIGHET: kl. 09.00–13.00

TILLATTE HJELPEMIDLER: Kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV: 4 sider

MERKNADER: Alle delspørsmål gis lik vekt.

Oppgave 1

- Skriv ned den generaliserte form av Darcy's lov som gir sammenhengen mellom hastigheten og trykkgradienten for *horisontal* strøm av en fase i en dimensjon og definer de størrelsene som inngår.
- Bruk loven til å utlede et uttrykk for volumraten til en ideell gass som strømmer gjennom et lineært, horisontalt system med konstant tverrsnitt.
- Forklar hvordan en i laboratoriet kan bruke luft til å måle den absolutte væskepermeabiliteten til en kjerneprøve.

Oppgave 2

- Definer absolutt, effektiv og relativ permeabilitet.
- Skisser hvordan k_{ro} og k_{rw} endres for et tofase olje-vann system når S_w gradvis minker fra 1.0. Skisser også de to kurvene dersom S_w deretter gradvis øker igjen. Merk av irreduksibel (residuell) vannmetning og residuell oljemetning på kurvene.
- Dataene i Tabell 1 er rapportert fra et laboratorieeksperiment til å bestemme relative permeabiliteter ved hjelp av en rekke stasjonære tilstander med simultan vann- og oljestrøm. Plott relative permeabiliteter til olje og vann fra denne måleserien.

Oppgave 3

- Definer volumfaktorene B_o , B_g , B_w , R , R_s , R_p som brukes i materialbalanseberegninger.

Tabell 1: Data fra måling av relative permeabiliteter.

q_o (cm ³ /time)	q_w (cm ³ /time)	Δp (psi)	V_w (cm ³)
90	0	49.25	2.17
75	5	91.29	2.87
60	9	109.52	3.63
45	20	123.30	4.65
30	34	137.05	5.93
15	85	164.30	7.95
0	122	147.00	9.86

q_o, q_w : Olje- og vannrate gjennom prøven

Δp : Trykkfall over prøven

V_w : Vannvolum i prøven, bestemt ved veiing

Andre data:

Absolutt permeabilitet 16.7 md

Lengde av kjerneprøve 9 cm

Diameter av kjerneprøve 3.2 cm

Oljeviskositet 2.0 cp

Vannviskositet 1.1 cp

Porøsitet 0.20

1 atm tilsvarer 14.65 psi

b) Forklar kort med ord hvordan en generelt går fram for å sette opp en materialbalanseligning.

c) Angi hvilke 3 hovedtyper av data som er nødvendige for å kunne utføre en materialbalanseberegning og forklar hvordan de kan bli framskaffet.

d) Materialbalanseligningen for et oljereservoar med gasskappe er

$$N_p(B_o + (R_p - R_s)B_g) = NB_{oi} \left(\frac{(B_o - B_{oi}) + (R_{si} - R_s)B_g}{B_{oi}} + m \left(\frac{B_g}{B_{gi}} - 1 \right) \right).$$

Forklar i prinsipp hvordan denne ligningen kan brukes til å bestemme opprinnelig oljevolum og størrelsen på gasskappen dersom begge disse verdiene er usikre fra volumetriske overslag.

Oppgave 4

Linjekildeløsningen (“line source solution”) i praktiske enheter er gitt ved

$$p_{wf} = p_i - \frac{162.6 Q \mu B}{kh} \left[\log \left(\frac{kt}{\phi \mu c r_w^2} \right) - 3.23 + 0.87S \right]. \quad \dots \dots \dots (1)$$

Praktiske enheter	
p : psi	h : ft
Q : stb/d	t : timer
q : rb/d	c : psi ⁻¹
B : rb/stb	r : ft
k : mD	μ : cp

a) Forklar hva som menes med halvstasjonær periode (“pseudo-steady state” eller “semi-steady state”) og vis ved en enkel materialbalansebetraktning at p_{wf} i denne perioden kan uttrykkes ved

$$\frac{dp_{wf}}{dt} = \frac{QB}{cV_p},$$

hvor V_p er porevolumet.

Tabell 2: Trykkdata fra en trykkfallstest

p_{wf} , psia	t , timer
1900	0
1849	10
1784	20
1726	40
1661	80
1595	150
1508	300
1421	500
1320	800
1211	1200
1131	1500
986	2000
856	2500
718	3000

b) Følgende data er hentet fra en trykkfallstest: $Q = 800$ stb/d, $\mu = 1$ cp, $\phi = 0.1$, $h = 8$ ft, $r_w = 0.328$ ft, $B = 1.25$ rb/stb, $c = 17.7 \cdot 10^{-6}$ psi⁻¹, og observert trykkutvikling er gitt i Tabell 2. Beregn permeabilitet og porevolum.

c) Anta at dreneringsarealet til reservoaret har form av et lukket 2:1 rektangel med brønnen i sentrum. Skisser hvordan en kan finne den generelle trykløsningen ved hjelp av speilbrønner.