

المشورات جامعة البعث

كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية

الأستاذ الدكتور

عبد الوهيد

فيزياء الطبقة النفطية والغازية

الجزء الثاني

الدكتور

جورج عبد الله عبد الأحد

الأستاذ في قسم الهندسة البتروولية

مديرية الكتب والطبوعات

٢٠٠٠ - ٢٠٠١

طلاب السنة الثالثة

قسم الهندسة البتروولية

مقدمة

لاستثمار المكامن النفطية استثماراً صحيحاً من المفروض إعطاء أهمية كبيرة لوضعية السوائل والغازات في الشروط الطباقية ، وذلك لأنه في أغلب المكامن النفطية يكون الماء والغاز مرافقين للنفط .

اعتماداً على كمية النفط والغاز وعلاقتيهما بالضغط والحرارة في المكامن النفطية فإن الغاز يمكن أن يكون مذاباً بالنفط أو متواجداً في الطبقة بشكل حر .

لدى انخفاض الضغط في المكامن تحت ضغط الإشباع فإن قسماً من الغاز سيتحرر من النفط وينتقل إلى الحالة الحرة ، وفي هذه الحالة فإن تدفق السائل من الطبقة إلى البئر سينخفض لأن النفوذية النسبية للنفط ستقل وبالتالي ينخفض عامل المردود النفطي نتيجة لانسداد جزئي لمسامات المكامن بالفقاعات الغازية والقطرات النفطية . على هذا الأساس ولوضع الخطط والمشاريع الصحيحة لاستثمار المكامن النفطية ، من الضروري معرفة الصفات الفيزيائية للنفط المشبع بالغاز .

تعطى للمنطقة الانتقالية أثناء استثمار النفط من المكامن أهمية كبيرة ، لأن هناك حالات لا يمكن عندها مباشرة وضع البئر بعد انتهائه من الحفر في الإنتاج نتيجة للتأثير السلبي الذي عكسه الماء في أثناء دخوله إلى الطبقة من سائل الحفر لدى اختراق الطبقة المنتجة .

إن الماء والنفط عند شروط معينة يكونان مستحلباً يؤدي إلى انسداد جزئي للقنوات المسامية ، وبالتالي إلى تقليل النفوذية وزيادة الظاهرة السطحية (المقاومة الهيدروليكية في المنطقة القاعية) ، ومقدار انسداد المسامات هذه له علاقة كبيرة بمقاسات القنوات المسامية وقوة التوتر السطحي على الحد الفاصل بين الماء والنفط ، ولهذا السبب تجرى عمليات التحميض لإزالة هذه العوائق التي دخلت عن طريق

سائل الحفر إلى الطبقة ، وبالتالي إلى زيادة أو بالأحرى إعادة النفوذية لشكلها الطبيعي كي يتم إحياء البئر بالشكل السليم ووضعه في الإنتاج .

تعتبر إنتاجية المكمن من النفط والغاز الشرط الذي على أساسه يعين عدد وتوضع الآبار ، لذلك فإنه بالإضافة إلى دراسة العوامل الجيولوجية من الضروري إجراء الدراسة لنفوذية المكمن ولزوجة السوائل والغازات التي يحتويها ، حيث أن لزوجة النفط بالشروط الطبقيّة تتعلّق بدرجة الحرارة وبكمية الغاز المذاب به . نتيجة للأبحاث والدراسات العملية فقد تبين أن التحاليل التي تجرى على العينات النفطية والغازية والمائية المأخوذة من قاع البئر بواسطة جهاز أخذ العينات الباطنية تسمح لنا بالحصول على معلومات تعكس الصورة الحقيقية لقيمتها في المكمن .

لقد تم وضع هذا الجزء من مقرر فيزياء الطبقة النفطية والغازية مكملاً للجزء الأول الذي يبحث في الصفات الفيزيائية للصخور المكمنية بشكل مفصل وواضح أملاً إغناء الطلاب بالمعلومات الكافية التي ستساهم في رفع مستواهم العلمي . بالإضافة إلى ذلك فإن هذا الكتاب الجامعي يمكن أن يكون مفيداً للعاملين في مجال الاختصاص في الحقول النفطية السورية .

المؤلف

أ . د . جورج عبد الأحد

الفصل الأول

الصفات الفيزيائية
للمركبات الهيدروكربونية
والمياه الطبيعية

لحل قضايا تكنولوجيا هامة في أثناء سير عملية استثمار الحقول النفطية الغازية فإنه من الضروري معرفة الصفات الفيزيائية للنفط والماء والغاز ، والتي مبن بالطرق المخبرية القياسية وبالطرق الحاسوبية .

1 - الصفات الفيزيائية للمركبات الهيدروكربونية

1 - 1 - كثافة الغاز :

المفهوم من الكثافة النسبية للغاز العدد الذي يبين عدد المرات التي تكون فيها كتلة الغاز الشاغلة حجماً معيناً عند ضغط وحرارة معينة أكبر أو أصغر من كتلة الهواء الجاف والتي تشغل نفس الحجم عند الشروط الطبيعية .

$$d = \frac{\rho_g}{\rho_A} \quad (1-1)$$

حيث أن :

ρ_g و ρ_A - كثافة الغاز والهواء .

كلما كان الغاز ثقيلًا كانت كثافته كبيرة وتقاس كثافة الغاز بواسطة جهاز يسمى بالبيكنوميتر أو بالطريقة الفعالة والتي تعتمد على قياس سرعة مرور الغاز من خلال تقوب معينة .

إن النظرية الحركية للغازات توضح أن مربع سرعة مرور الغازات من خلال تقوب صغيرة الأقطار تتناسب عكساً مع كثافتها .

$$\frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad (2-1)$$

حيث أن :

ρ_2, ρ_1, V_2, V_1 تمثل حسب التسلسل سرعة مرور الغازات وكثافتها .

إذا عوض بدلاً عن سرعة مرور الغازات بعكس الزمن اللازم لمرور أحجام متساوية من خلال الثقوب المذكورة ، عندئذ ستأخذ المعادلة الشكل التالي :

$$\frac{t_1^2}{t_2^2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (3-1)$$

حيث أن :

t_2, t_1 - الزمن اللازم لمرور أحجام متساوية من الغازات ذوات الكثافات ρ_1, ρ_2 ومنه فإن :

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot \frac{t_1^2}{t_2^2} \quad (4-1)$$

فباعتبار أن كثافة الهواء ($\rho_A = \rho_I = 1$) ، لذا واعتماداً على المعادلة السابقة يتم حساب كثافة الغاز .

كذلك واعتماداً على وزن الغاز الجزئي يتم حساب كثافته ، حيث أن الوزن الجزئي للمركبات التي يتكون منها المزيج :

$$\bar{M} = Y_1 \cdot M_1 + Y_2 \cdot M_2 + \dots + Y_n \cdot M_n = \sum Y_i \cdot M_i \quad (5-1)$$

حيث أن :

\bar{M} الوزن الجزئي الوسطي للمزيج الغازي .
 Y_1, Y_2, \dots, Y_n الكسر المولي للمركبات .

M_1, M_2, \dots, M_n الوزن الجزيئي للمركبات المتكون منها المزيج الغازي واحد كيلو مول لأي غاز عند الشروط الطبيعية سيشغل حجماً يساوي 22.4 m^3 ، وبالتالي فإن الكثافة النسبية للغاز بالنسبة للهواء تعين بواسطة الوزن الجزيئي الوسطي للمزيج بالعلاقة التالية :

$$d = \frac{\overline{M}}{M_A} = \frac{\overline{M}}{29} \quad (6-1)$$

عدا عن ذلك فإن الوزن الجزيئي الوسطي للمزيج نستطيع تعيينه بواسطة كثافة الغاز المعروفة ρ_0 عند الشروط الطبيعية :

$$\overline{M} = 22,4 \cdot \rho_0 \quad (7-1)$$

الجدول رقم (1) يوضح قيم الكثافة النسبية لبعض من الغازات بالنسبة للهواء ويوضح أن كثافة عدد كبير من الغازات الهيدروكربونية وغاز كبريت الهيدروجين أكبر من كثافة الهواء .

الشكل رقم (1) يوضح كثافة غازات مختلفة بالعلاقة مع الضغط والحرارة .

2 - 1 - معامل الحجم الطبقي للغاز :

اعتماداً على القانون العام للغازات الحقيقية يمكن كتابة العلاقة التالية :

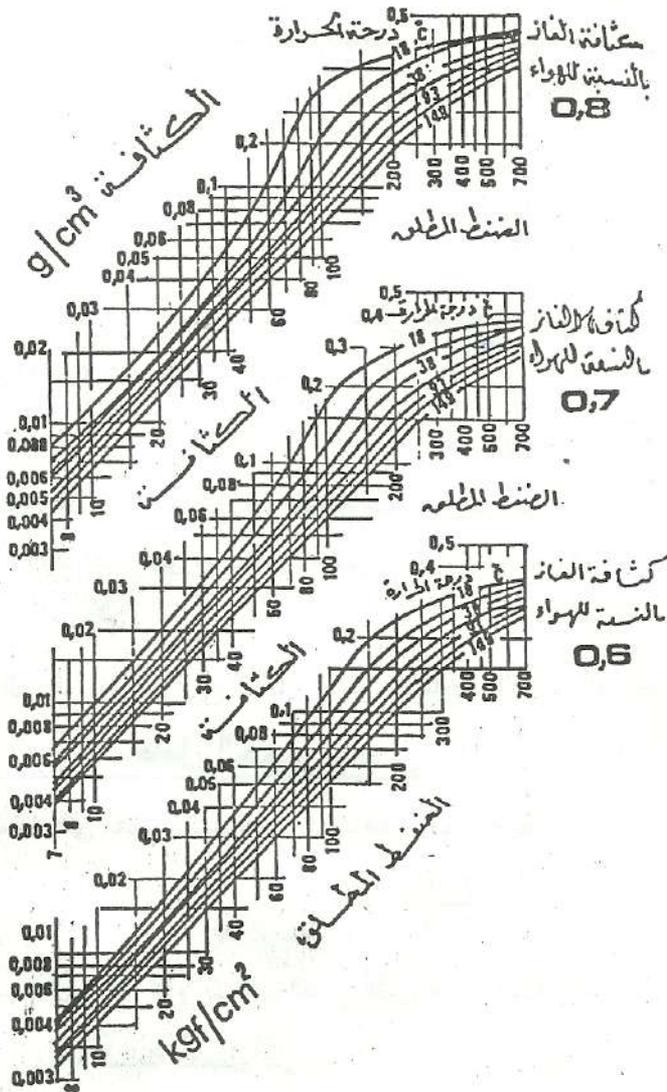
$$\frac{P_0 \cdot V_0}{Z_0 \cdot T_0} = \frac{P_L \cdot V_L}{Z_L \cdot T_L}$$

حيث تمثل الأدلة 0 و L على التالي الشروط السطحية والشروط الطبقيّة .
من المعادلة السابقة نحصل على :

$$P_0 \cdot V_0 \cdot Z_L \cdot T_L = P_L \cdot V_L \cdot Z_0 \cdot T_0$$

وبما أن معامل الحجم الطبقي للغاز يمثل نسبة حجم الغاز في الشروط الطبقيّة

إلى حجم الغاز في الشروط السطحية ، لذلك ومن العلاقة السابقة يمكن كتابة :



شكل رقم (1) كثافة الغازات الطبيعية

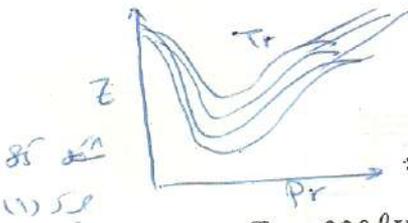
$$B_g = \frac{V_L}{V_0} = \frac{Z_L \cdot T_L}{P_L \cdot 273} \quad (8-1)$$

لحساب معامل الحجم الطبقي للغاز يجب معرفة قيمة معامل الانضغاط Z . إذا لم يكن لدينا قيم قياسية لمعامل الانضغاط Z ، عندئذ فبالإمكان حسابه باستخدام قيم الضغط والحرارة المصغرة من الشكل رقم (85) من الجزء الأول، أما إذا لم يكن لدينا تركيب المزيج الغازي فإننا نستطيع بواسطة الكثافة النسبية للغاز وباستعمال المنحنيات الموضحة في الشكلين (86، 87) الحصول على القيم الحرجة الظاهرية للضغط والحرارة وبالتالي على القيم المصغرة ومن ثم ومن الشكل (85) نستطيع قراءة قيمة Z .

مثال :

إذا كانت الكثافة النسبية للغاز 0,740، احسب B_g عند درجة الحرارة 99 درجة مئوية والضغط المطلق 156,4 ضغط جوي.

الحل :



من الشكلين رقم 86 و 87 نحصل على القيم الحرجة :

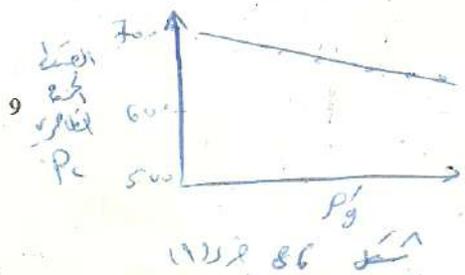
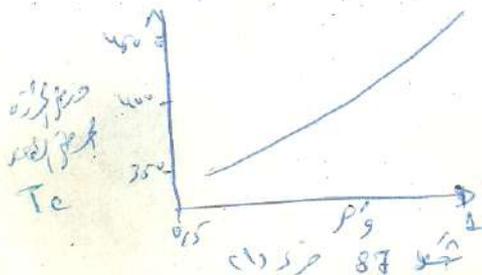
$$T_C = 220 \text{ } ^\circ\text{K} \quad , \quad P_C = 45.2 \text{ kgf/cm}^2$$

$$P_R = \frac{156.4}{45.2} = 3.46$$

$$T_R = \frac{273 + 99}{220} = 1.69$$

من الشكل رقم (85) من الجزء الأول نستطيع قراءة قيمة Z وتساوي 0,86، عندئذ فمن المعادلة (8-1) نستطيع حساب قيمة B_g .

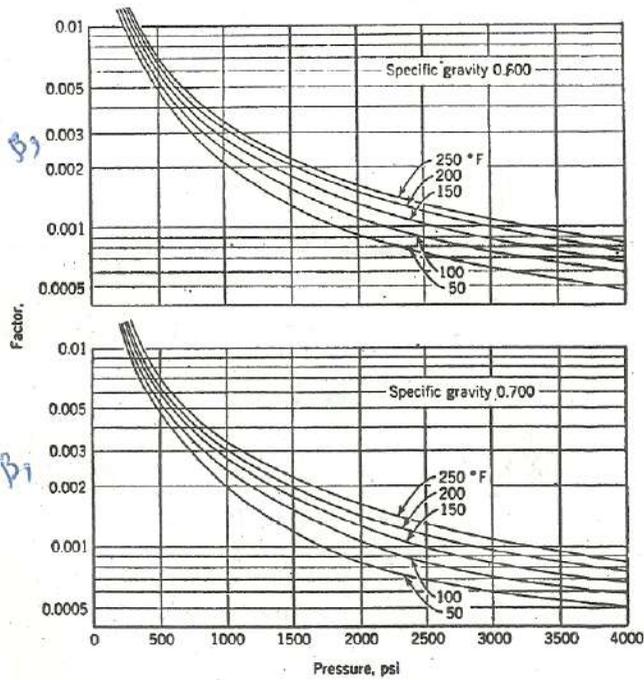
$$B_g = \frac{0,86 \cdot 372}{273 \cdot 156,4} = 0,00749 \text{ m}^3/\text{m}^3$$



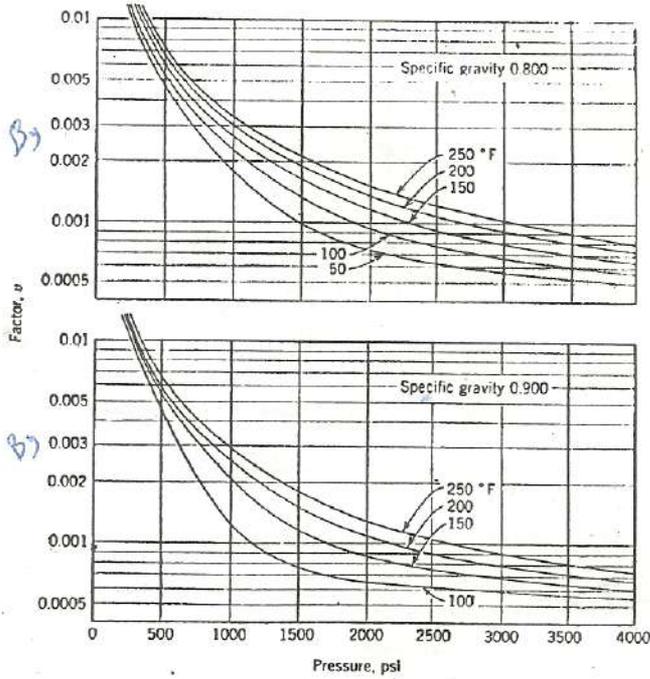
١٤١٨
٧٠٤١٠٠

الشكل رقم (2) يوضح المنحنيات التي حسبت بنفس الطريقة لمعامل الحجم الطبقي للغاز لغازات ذوات أوزان نوعية مختلفة ، حيث أن هذه المنحنيات توضح معامل الحجم الطبقي للغاز بالعلاقة مع الضغط والحرارة للغازات ذوات الأوزان النوعية 0,9 - 0,8 - 0,7 - 0,6 .

أما لحساب الحجم الطبقي للغاز عند قيم أخرى من الوزن النوعي فيحسب بواسطة الاستمداد وستعطي هذه المنحنيات دقة كافية ومعتبرة للحسابات الحقلية .



شكل رقم (2) معامل الحجم الطبقي للغاز بالعلاقة مع الضغط والحرارة لغازات ذوات أوزان نوعية مختلفة



تابع الشكل رقم (2)

1 - 3 - ضغط الإشباع :

يطلق مصطلح ضغط الإشباع ، على الضغط الذي يبدأ الغاز عنده بالانفصال عن السائل ويتعلق بنسبة حجم النفط وحجم الغاز المذاب فيه ، كذلك وبتركيبيها الكيميائي وبدرجة حرارة الطبقة . عند الشروط المتساوية فإن ضغط الإشباع سيزداد بازدياد كثافة النفط وبزيادة نسبة المركبات غير القابلة نسييا بالذوبان الداخلة في تركيب الغاز في النفط . إن ضغط الإشباع للنفط المذاب فيه غاز الأزوت بكمية كبيرة سيكون كبيراً . كذلك يزداد ضغط الإشباع بازدياد درجة الحرارة (انظر الشكل رقم (3) ، وقد يكون للعينات النفطية المأخوذة من نفس الحقل ضغط إشباع مختلف وذلك نتيجة لاختلاف صفات وتركيب النفط والغاز للحقل ذاته .