منشورات جامعة البعث
كلية الهندسة الكيميائية والبترولية
قسم الهندسة البترولية

فيزياء الطبقة النفطية والغازية

- الجزء الأول -

المؤلف

الدكتور المهندس جورج عبد الله عبد الأحد
أستاذ في قسم الهندسة البترولية
بجامعة البعث

مديرية الكتب والمطبوعات

١٩٩٧ - ١٩٩٨

منهاج مقرر فيزياء الطبقة النفطية والغازية (1) لطلاب السنة الثالثة في قسم الهندسة البترولية بجامعة البعث

عدد الساعات النظرية : ساعتان فصليتان

عدد الساعات العملية : ثلاث ساعات فصلية

1- الصفات الفيزيائية لصخور مكامن النفط والغاز

2- الدراسات التحليلية لخصائص مؤشرات الطبقة

3- الحالة الغازية والحالة السائلة

4- إزاحة النفط بالماء والغاز من الوسط المسامي

مُقَدِّمَة

فيزياء الطبقة النفطية والغازية هو العلم الذي يبحث ويدرس الصفات الفيزيائية لصخور مكامن النفط والغاز ، صفات السوائل الطبقية والغازات والمكتشفات الغازية وإجراء الدراسات التحليلية لهذه الصفات لزيادة كمية النفط والغاز المستخرجة .

تعتبر فيزياء الطبقة النفطية والغازية في عصرنا الحاضر من العلوم الحساسة والأساسية لعمليات استثمار النفط والغاز ، حيث لا يستثمر أي حقل بدون دراسات مكثفة ودقيقة للصفات الفيزيائية للصخور المكمنية وللسوائل والغازات الطبقية وعلى أساسها توضع الخطط والتصاميم المبنية على الأسس العلمية الصحيحة لعمليات استثمار الحقل النفطي والغازي .

إن استثمار الحقول النفطية والغازية له علاقة كبيرة بعملية ارتشاح السوائل والغازات الطبقية في الوسط المسامي من الطبقة وإلى قاع البئر ، حيث أن الصفات الفيزيائية لهذا الوسط المسامي لها تأثير فعال على إنتاجية الآبار وبالتالي على مردود المكمن .

من المعروف أن الصخور المكمنية غير متجانسة بالنسبة للنفوذية والمسامية والتركيب الحبيبي لها وغيرها ، كما أن سرعة حركة السوائل والغازات في المسامات ذوات المقاسات المختلفة ستكون مختلفة ، وبالتالي حدوث تحرك للخط النفطي والغازي بشكل غير متساوٍ كذلك ونتيجة للتحرك غير المتجانس للخط النفطي في الصخور الحاوية على النفط ، سيتشكل تجمع غير كبير له في قناة أو في عدة أقنية مسامية محاطة بالماء ، فإذا كان الضغط في هذه الأقنية لا يتعدى الضغط الشعري فإن كمية كبيرة من النفط لا يمكن استخراجها من الصخر . وهكذا يمكننا القول إنه كلما كان

عدم التجانس كبيراً وقوة التوتر السطحي على الحد الفاصل بين الماء والنفط كبيرة ، كبرت الظاهرة الشعرية وبالتالي ستكون كمية النفط المحتجزة أكبر.

كذلك يتعلق عامل المردود النفطي عند شروط معينة بخاصية التبلل للماء في أثناء دفعه للنفط من المكمن ، حيث لا تتعلق هذه الخاصية للماء وفي أثناء حركته فقط بالعوامل الفيزيائية الكيميائية ، وإنما بسرعة حركة مستوى التقاء النفط بالماء في القنوات المسامية وبتركيبها ، ونتيجة لهذا تتبين الأهمية الكبيرة لخاصية التبلل لدى حركة السوائل والغازات ضمن الفراغات المسامية للصخور .

لقد توخيت في أثناء وضع الجزء الأول هذا من مقرر فيزياء الطبقة بحث المواضيع الضرورية للطالب المختص ، أملاً أن يحقق الغرض ويعود بالنفع الجلي على طلابنا الأعزاء وبالتالي على الوطن العزيز . كذلك الأمر قد يكون مرجعاً علمياً مفيداً للعاملين في الحقول النفطية السورية .

وأحب أن أنوه بأنني سأكون ممتناً من القارئ العزيز الذي يبدي ملاحظاته البناءة حول هذا الكتاب الجامعي .

المؤلف

الدكتور المهندس جورج عبد الأحد

الفصل الأول

الصفات الفيزيائية لصخور مكامن النفط والغاز

لتعيين خصائص الطبقات النفطية والغازية من الضروري معرفة :

1. مسامية الصخور .
2. درجة تشبع الصخور بالماء والنفط والغاز عند شروط مختلفة .
3. التركيب الحبيبي للصخور .
4. نفوذية الصخور .
5. الصفات الخزنية للصخور المتشققة .
6. السطح النوعي .
7. الصفات الشعرية .

1-1- مسامية الصخور

تتألف الصخور المكمنية من حبيبات صلبة مرتبطة مع بعضها بملاط اسمنتي يتفاوت من صخر إلى آخر وتتوضع الفراغات المسامية بين الحبيبات المذكورة - الشكل رقم (1) ، وتحتوي على الموائع الطبقية وتسمح لهم بالحركة من خلاله .

تمثل المسامية المطلقة لعينة ما النسبة بين حجم جميع الفراغات المسامية V_P وحجم العينة الكلي V_T .

$$\text{المسامية} = \frac{\text{حجم الفراغات المسامية}}{\text{الحجم الكلي}} = \frac{\text{الحجم الكلي - حجم الحبيبات}}{\text{الحجم الكلي}}$$

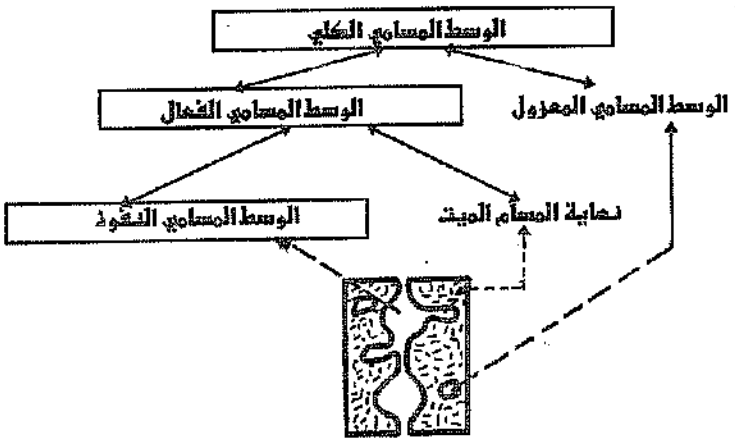
يعبر عادة عن المسامية بالرمز ϕ وتعطى بالنسبة المئوية أو بالقيمة الجزئية .

$$\Phi = \frac{V_P}{V_T} = \frac{V_T - V_S}{V_T}.100 \qquad (1\text{-}1)$$

إلى جانب وجود المسامية المطلقة المذكورة أعلاه ، هناك اصطلاح آخر يسمى بالمسامية الفعالة ϕ_E وتمثل النسبة بين حجم الفراغات المسامية المتصلة مع بعضها والحاوية على السوائل الطبقية والتي تتم من خلالها عملية الارتشاح وحجم العينة الكلي :

$$\Phi_E = \frac{V_{PE}}{V_T}. 100 \qquad (2\text{-}1)$$

كذلك الأمر يمكن أن توجد في العينة المدروسة مسامات غير متصلة مشكلة المسامية الميتة وبالتالي فالمسامية المطلقة تمثل الاثنين معا (المسامية الفعالة + المسامية الميتة) .

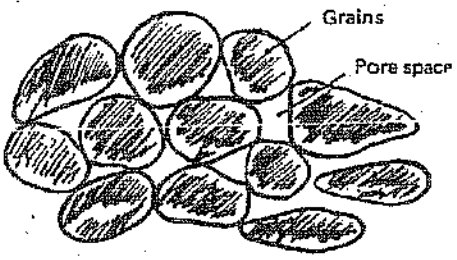


الشكل رقم (1) تصنيف الوسط المسامي

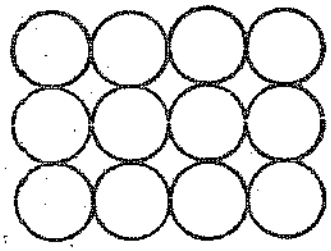
تتعلق المسامية بأبعاد الحبيبات المشكلة للصخر وبتوزعها وبالتالي فإن :

- الترتيب المكعبي (شكل 3) للحبيبات الكروية سيعطي مسامية عظمى بحدود 47.6 % .
- الترتيب المعيني (شكل 4) للحبيبات الكروية سيعطي مسامية عظمى بحدود 26 % .

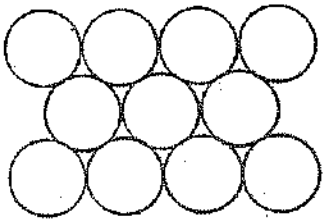
- الترتيب المكعبي للحبيبات الكروية ذو بعدين مختلفين ، شكل(5) ، سيعطي مسامية عظمى بحدود 12.5 % .



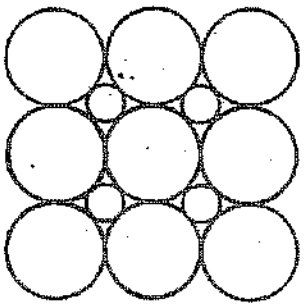
شكل رقم (2) الوسط الحسابي



شكل رقم (3) الترتيب المكعبي ، $\phi = 47.6\ \%$



شكل رقم (4) الترتيب المعيني ، $\phi = 26\ \%$



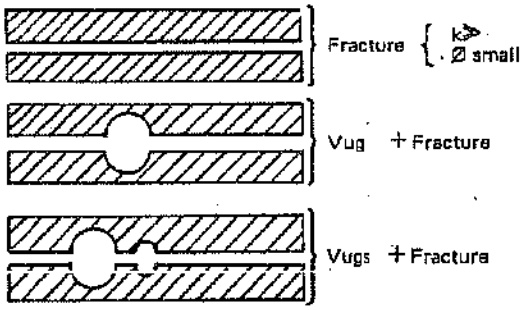
شكل رقم (5) الترتيب المكعبي ذو بعدين مختلفين للحبيبات الكروية

تقسم المسامات من حيث مبدأ تشكلها من قسمين :

1- المسامات الأولية .

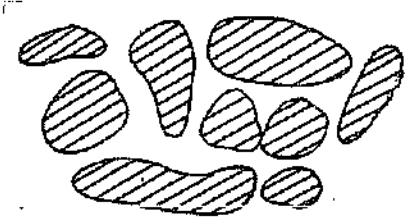
2- المسامات الثانوية .

تتشكل المسامات الأولية بين الحبيبات المكونة للصخور في أثناء عملية الترسيب وتكون الصخور المكمنية ، أما المسامات الثانوية فتتشكل نتيجة لعمليات تفتت الصخور وانحلالها وتشكل الشقوق نتيجة لتقلص الصخور (مثلا عملية الدلمته) ، (انظر الأشكال رقم 6 ، 7 ، 8) .



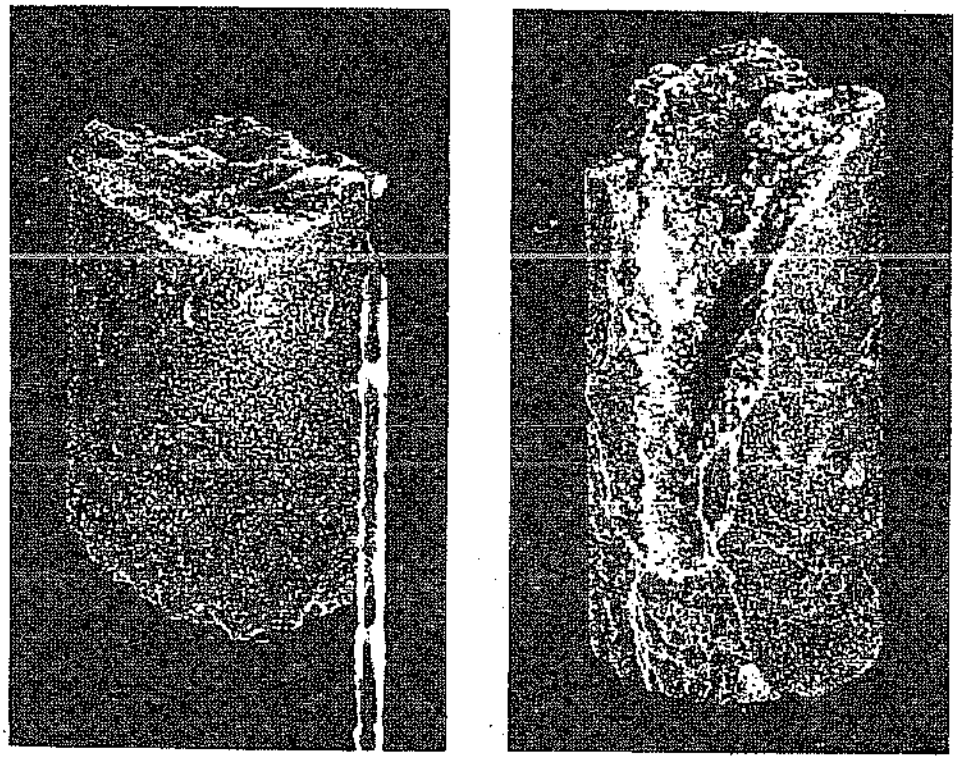
شكل رقم (7)

الصخر الكلسي الحاوي على شقوق وتكهفات



شكل رقم (6)

خصائص الحبيبات الرملية



شكل رقم (8) عينات أسطوانية مأخوذة في أثناء عمليات الحفر

تؤثر على صفات الوسط المسامي بالدرجة الأولى أبعاد القنوات المسامية ، حيث تقسم إلى ثلاث مجموعات :

1- فوق الشعرية وأبعادها أكبر من 0.5 مم .

2- الشعرية وأبعادها من 0.5 - 0.0002 مم (0.2 ميكرون)*

3- تحت الشعرية وأبعادها أقل من 0.0002 مم (0.2 ميكرون)

تمرر القنوات والمسامات الكبيرة (فوق الشعرية) النفط والماء والغاز من خلالها بحرية أكثر من القنوات الشعرية التي تؤثر عليها القوى الشعرية** في أثناء حركة الموائع الطبقية .

أما القنوات تحت الشعرية فنتيجة لقوة الشد التي تقابل حركة مرور السوائل ضمنها من قبل جدران القنوات المسامية ذوات المقاسات الصغيرة وعلى الرغم من أن مساميتها جيدة فيمكننا اعتبارها عمليا غير نفاذة ، أي ذات نفوذية ضعيفة ومثال على ذلك الصخور الغضارية .

تتكون المكامن النفطية الجيدة من الصخور ذات القنوات الشعرية وفوق الشعرية وكذلك اعتمادا على ما ذكر أعلاه يمكن القول إنه ليس في كل الظروف الطبيعية ولدى فارق ضغط معين تستطيع السوائل والغازات الطبقية المرور من خلال جميع الفراغات المسامية الموجودة في الصخر .

لتبيان تصنيف المسامية نورد المجالات التي تتراوح ضمنها مسامية الأنواع المختلفة من الصخور :

- الرملية وتتراوح مساميتها من 10 - 40 % وتتوقف على طبيعة الملاط الأسمنتي وحالة تماسكه .
- الكلسية والدولوميتية من 5 - 25 % .
- الغضارية من 20 - 45 % وتعتمد على المنشأ والعمق وعموما يمكننا القول إن المسامية :

- سيئة إذا كانت $\phi < 5$ %
- ضعيفة إذا كانت $5 < \phi < 10$ %

---

* - 1 ميكرون = 1×10^{-6} م

** - سنتكلم عن القوى الشعرية بالتفصيل لاحقا

- جيدة إذا كانت $10 < \phi < 20$ %

- جيدة جدا إذا كانت $\phi > 20$ %

1-1-1- الطرق المخبرية لقياس مسامية الصخور

الطرق المباشرة لقياس المسامية مختلفة وتعتمد على طبيعة العينة وأبعادها :

a - العينات المستخرجة حديثا والمصانة (طريقة جمع الموائع)

b - العينات المكشوفة والمغسولة

تحتوي العينات المستخرجة حديثا على الغاز والماء والنفط ، ويحدد مقدار احتواء العينة على الماء والنفط بواسطة التقطير عند الضغط الجوي (Retort method) . مما ذكر أعلاه يتبين أنه يمكن - اعتمادا على النتائج المذكورة أعلاه - حساب درجة التشبع .

1-1-2- قياس المسامية للعينات المغسولة

تحدد المسامية من العلاقة التالية :

$$\Phi = \frac{V_P}{V_T} = \frac{V_T - V_S}{V_T} = 1 - \frac{V_S}{V_T} \qquad (3\text{-}1)$$

وبما أن كتلة العينة M_T وكتلة حبيبات هذه العينة M_S متساوية لذا يمكننا كتابة العلاقة السابقة بالشكل التالي :

$$\Phi = 1 - \frac{\rho_T}{\rho_S} \qquad (4\text{-}1)$$

حيث أن :

ρ_T - كثافة العينة .

ρ_S - كثافة حبيبات هذه العينة .

من العلاقتين (1-3) و (1-4) نستنتج أنه لتعيين المسامية يمكننا الاكتفاء بمعرفة حجم الفراغات المسامية وحجم العينة الكلي أو كثافة العينة وكثافة الحبيبات .