جامعة حمص
كلية الهندسة الكيميائية والبترولية
قسم الهندسة البترولية
اسم المقرر: نقل وتخزين النفط ـ1ـ

السنة: الخامسة
الدورة: الأساسية
الدرجة العظمى: 70 سبعون

أجب عن الأسئلة التالية:

السؤال الأول: يعتبر تصنيف النفط من الأساسيات التي على مهندسي نقل وتخزين النفط الخام الإلمام بها، **والمطلوب**: [14 **درجة**]

1) عدّد أهم المقاييس التجارية المستخدمة في عملية تصنيف النفط الخام، واشرح واحدة منها فقط؛

الإجابة:

[11 **درجة**]

- معامل التصنيف K.U.O.P
- مقياس درجة الوزن النوعي لمعهد النفط الأمريكي [American Petroleum Institute API]:

حيث يتم قياس هذه الدرجة لأي نفط إذا عرف وزنه النوعي والذي يتناسب عكسياً مع هذه الدرجة كما تحددها العلاقة التالية:

$$API\ gravity\ (degrees) = \frac{141.5}{sp\ gr_{60\,^oF}^{60\,^oF}} - 131.5$$

ودرجة [API] تتراوح بين 10 و50، وفي معظم أنواع خام النفط تنحصر القيمة بين 20 و45، وهذا المقياس يحدد سعر النفط الخام، فإذا ارتفعت درجة [API]، فإن ذلك يعني أن النفط خفيف، وبالتالي تكون قيمته التجارية مرتفعة، علما بأن هذا المقياس يستخدم بالإضافة للبترول الخام للمشتقات النفطية وخصوصاً القطفات الثقيلة. يبين الجدول التالي تصنيف النفط حسب قيم درجة [API].

نوع النفط	درجة API
Light	> 31.1
Medium	between 22.3 and 31.1
Heavy	<22.3
Extra Heavy	<10.0

++++++++++++++++++++++++

2) ماهي أهم الأسس التي تعتمد عليها خامات النفط القياسية في تسعير الخامات النفطية الأخرى.

الإجابة: [3 **درجات**]

- الوزن النوعي؛
- درجة [API]؛
- نسبة الكبريت.

++

السؤال الثاني: تعتبر محطات (GOSP) أول حلقات العملية الإنتاجية للنفط الخام في الصناعة النفطية، **والمطلوب**: [18 **درجة**]

1) اشرح بالتفصيل قيود ومحددات الضغط داخل الفاصل، وتأثيرها على معدل تدفق السائل من الفاصل وعلى نوعية الغازات في شروط خزانات التخزين.

بسبب الطبيعة المتعددة لمكونات السائل المنتج (النفط الخام) فإنه كلما زاد الضغط الذي يحدث عنده الفصل الأولي كلما حصلنا على مزيد من السائل في الفاصل. ولكن هذا السائل يحتوي على بعض المركبات الخفيفة التي تتبخر في خزان التخزين بعد أن تترك الفاصل، فإذا كان ضغط

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الفصل الأولي مرتفعاً جداً سوف تبقى كميات كبيرة من المركبات الخفيفة في الطور السائل عند السائل وتضيع في الطور الغازي في الخزان. أما إذا كان ضغط الفاصل منخفضاً للغاية فلن يتم تثبيت المركبات الخفيفة في السائل وسيتم فقدها إلى الطور الغازي. التفسير العلمي لهذه الظاهرة هو يعتمد ميل أي مركب في المزيج إلى التبخر على ضغطه الجزئي. وبالتالي، إذا كان الضغط في الفاصل عالياً فسيكون الضغط الجزئي للعنصر مرتفعاً نسبياً وستتجه جزئيات ذلك المكون نحو الطور السائل. [9 **درجات**]

مع زيادة ضغط الفاصل، يزيد معدل تدفق السائل من الفاصل وتتمثل المشكلة في ذلك في أن العديد من هذه الجزئيات هي للهيدروكربونات الأخف (الميثان والإيثان والبروبان) والتي لها ميل قوي للتحول إلى الحالة الغازية في ظروف صهاريج التخزين (الضغط الجوي) ويؤدي وجود هذه الأعداد الكبيرة من الجزئيات الخفيفة إلى خلق ضغط جزئي منخفض للهيدروكربونات المتوسطة (البوتان، البنتان والهكسان) وذلك لمشاركة المركبات الخفيفة المركبات المتوسطة في حيز البخار بالصهريج مما سيؤدي إلى انخفاض الضغط الجزئي للمركبات المتوسطة وبالتالي زيادة بخرها، أما إذا كانت المركبات الخفيفة غير موجودة فلن تشغل جزءاً من حيز البخار بالصهريج مما سيؤدي إلى زيادة الضغط الجزئي للمركبات المتوسطة وبالتالي انخفاض تبخرها. [9 **درجات**]

++

السؤال الثالث: تعتبر محطات معالجة النفط الرطب من أهم التجهيزات بغية تهيئة النفط الخام للنقل، **والمطلوب**: [18 **درجة**]

1) اشرح بإيجاز المراحل الرئيسية اللازم تنفيذها عند معالجة المستحلبات النفطية؛ [9 **درجات**]

الإجابة:

تجرى عملية معالجة المستحلبات على ثلاث مراحل:

1. كسر المستحلب: تتضمن تمزيق وتكسير الغشاء المحيط بقطرة الماء، وتحتاج هذه العملية إلى تعزيز بواسطة الحرارة وكاسر الاستحلاب.
2. اندماج القطرات: ويتضمن اتحاد قطرات الماء والتي تصبح حرة بعد كسر المستحلب، مكونة قطرات كبيرة. والاندماج تابع قوي للزمن حيث كلما زاد الزمن زاد الاندماج ويتم تعزيز هذه العملية بمجال ألكتروستاتيكي [electrostatic field] وعملية الغسل بالماء [Water Washing].
3. الترسب بفعل الجاذبية: حيث أن القطرات الكبيرة الناتجة من عملية الاندماج سوف تبدأ بالترسب بفعل الجاذبية وتتجمع في الأسفل.

يجب أن تكون هذه الخطوات بالترتيب والخطوة المحددة للعملية هي التي تعتمد بشكل أساسي على الزمن (الأبطأ)، وهي خطوة الاندماج.

ويجب علينا إدراك أن كلا من المعالجة الكيميائية (كاسر الاستحلاب) والطريقة الحرارية (التسخين) تعمل على كسر المستحلب فقط، في حين تقوم الطريقة الكهربائية بتسريع اندماج القطرات ومن ثم ترسيبها. وبتعبير آخر فإن الطريقة الكهربائية لا تقوم بكسر المستحلب لوحدها، وكما استنتجنا فيما سبق أن خطوة الاندماج هي الخطوة الحاكمة وأنها تابع للزمن لذا فإنه عند تصميم فواصل النفط الرطب يراعى وضع بعض الوسائل التي من شأنها أن تؤدي إلى زيادة زمن الاندماج من خلال وضع تراكيب تسهل العملية.

++++++++++++++++++++++++

2) وضّح محاسن ومساوئ تأثير الحرارة على سير عملية معالجة النفط الرطب. [9 **درجات**]

الإجابة:

يتجسد تأثير الحرارة في تقليل لزوجة النفط الخام مما يؤدي إلى زيادة سرعة الفصل فكلما زادت درجة الحرارة قلت لزوجة النفط وبالتالي زيادة سرعة الفصل لأن سرعة الفصل تتناسب عكسياً مع لزوجة النفط وفقا لقانون ستوك. إن تأثير الحرارة قد يؤدي إلى تعزيز الاندماج من خلال زيادة حركة جزيئات الماء الصغيرة والتي ستشكل جزيئات كبيرة نتيجة لتصادمها مع بعضها، وهذه القطرات ستكون سهلة الفصل طبقاً لقانون ستوك، وتؤدي الحرارة أيضاً إلى إضعاف غشاء المستحلب وبالتالي كسره، كما تؤدي الحرارة إلى إذابة بلورات البارافينات والأسفلتينات الصغيرة مما يقلل تأثيرها كمواد تؤدي إلى الاستحلاب.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الإجابة:

[4 درجات]

حتى تكون النقطة [B] نقطة قمة يجب أن تتحقق المتراجحة التالية:

$$\Delta Z_{BC} > h_{L_{2(B,C)}}$$

$$\Delta Z_{BC} = Z_B - Z_C = 373 - 10 = 363m$$

$$h_{L_2} = iL_2 = 6.85534 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^3 = 342.767m$$

وبالتالي فإن النقطة B هي نقطة قمة لأن:

$$\Delta Z_{BC} = 363 > h_{L_2} = 342.767$$

2) **حساب عدد محطات الضخ الحسابية؛**

الإجابة:

[6 درجات]

أولاً يتم حساب ضياع الضغط الكلي [H]:

$$H = 1.02 \cdot iL_1 + \Delta Z_{AB}$$

وبما أنّ B هي نقطة قمة فإنّ الطول الكلي الحسابي:

$$L_p = L_1 = 350\ Km$$

$$\Delta Z_{AB} = 373 - 15 = 358m$$

$$H = 1.02 \times 6.85534 \times 10^{-3} \times 350 \times 10^3 + 358 = 2805.356m$$

$$H_{st} = 3 \cdot h_m = 3 \times 230 = 690m$$

عندئذ يمكن تعيين العدد الحسابي لمحطات الضخ:

$$N_p = \frac{H - N_E(h_n - h_{Kn})}{H_{st}} = \frac{2805.356 - 1 \times (60 - 20)}{690} = 4 \text{ محطة}$$

3) **تعيين السماكة الحسابية؛ وإيجاد الضغط التصميمي النهائي لنوع معدن الأنابيب المستخدمة.**

الإجابة:

[4 درجات]

$$P_D = P_o \frac{y}{x}$$

$$P_o = \rho \cdot g \cdot (m_p h_m + h_n) \times 10^{-6} = 855 \times 9.81 \times (3 \times 230 + 60) \times 10^{-6} = 6.29\ MPa$$

$$P_D = 6.29 \frac{1.25}{0.85} = 9.25\ MPa$$

$$\delta = \frac{P_D \cdot D}{2S} + c = \frac{9.25 \times 914}{2 \times 257.76} + 0.5 = 16.899\ mm$$

إيجاد الضغط التصميمي النهائي لنوع معدن الأنابيب المستخدمة

$$P = \frac{2 \cdot \delta \cdot S}{D} = \frac{2 \times 17.5 \times 257.76}{914} = 9.870\ MPa$$

مدرس المقرر:
د. جان سعد

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بالرغم من التأثيرات الايجابية للحرارة، فإن هناك بعض السلبيات التي تسببها، فقد تؤثر الحرارة تأثيراً مهماً في فقدان المركبات الخفيفة في النفط مما يؤثر على حجم النفط، على سبيل المثال عند تسخين نفط ذو [API=35] من [100°F] إلى [150 °F] فإن هذا قد يؤدي إلى فقدان 1% من حجم النفط وتقليل الحجم النوعي كما يجب أن نأخذ بعين الاعتبار كلفة معدات التسخين وكلفة غاز الوقود [Fuel Gas] المستخدم للتسخين لذا يستحسن استعمال القليل من الحرارة في عملية المعالجة.

باختصار فإن لدرجة حرارة النفط الداخل إلى الفواصل أهمية كبيرة وتأثير كبير على عملية العزل. أن درجة الحرارة التصميمية تؤدي إلى تقليل لزوجة النفط وبالتالي زيادة فرق الكثافة بين النفط الخام مما يسرع من عملية الفصل. وتؤدي درجات الحرارة الأعلى إلى تأثيرات سلبية. فقد تسبب تحرر المكونات الهيدروكاربونية الخفيفة مما يؤدي إلى حدوث اضطراب يعرقل تجمع قطيرات الماء. كما أن قطرات البخار الصغيرة سوف تندفع إلى أعلى، مما يعيق استقرار قطرات الماء مع النفط الخارج.

++

السؤال الرابع: حل المسألة التالية: [20 **درجة**]

عند تصميم خط أنابيب لنقل نفط نيوتوني كثافته الحسابية $[0.855\frac{g}{cm^3}]$ ولزوجته الحسابية $[12.7\ cst]$ بكمية قدرها $[5227.3\frac{ton}{h}]$، حصلنا على النتائج التالية: المخطط المصغّر لمسار خط الأنابيب موضّح بالشكل المرافق، ارتفاع ضخ المضخة الرئيسية $[230\ m]$، ارتفاع ضخ مضخة السحب $[60\ m]$، ارتفاع الضغط المتبقي في نهاية الخط $[20\ m]$، عدد المضخات الرئيسية العاملة في المحطة الواحدة [3]، عدد أقسام الأنابيب المستثمرة $[N_E = 1]$، الإجهاد المسموح به $[257.76\ MPa]$، القطر الخارجي القياسي $[914\ mm]$، السماكة القياسية $[17.5\ mm]$، قيمة التسامح في السماكة $[0.5\ mm]$، الخشونة المطلقة للأنابيب $[0.02\ mm]$، ثوابت علاقة حساب الضغط التصميمي $[y = 1.25, x = 0.85]$، تسارع الجاذبية الأرضية $[g = 9.81\ m/s^2]$، **والمطلوب:**

[6 درجات]

الإجابة:

$$Q = \frac{G}{\rho} = \frac{5227.3 \times 10^3}{3600 \times 855} = 1.698\ m^3/s$$

$$D_i = D_o - 2\delta = 917 - 2(17.5) = 879\ mm$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D_i} = \frac{4 \times 1.698}{\pi(0.879)^2} = 2.8\ m/s$$

$$Re = \frac{D_i \times V}{\upsilon} = \frac{0.879 \times 2.8}{12.7 \times 10^{-6}} = 193795.275 > 2320$$

والجريان السائد في خط الأنابيب هو الجريان المضطرب

$$\overline{K_E} = \frac{K}{D_i} = \frac{0.02}{879} = 22.753 \times 10^{-6}$$

$$\frac{10}{\overline{K_E}} = \frac{10}{22.753 \times 10^{-6}} = 439502.48 > Re$$

والجريان في المجال الأملس.

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} = \frac{0.3164}{(193795.275)^{0.25}} = 0.01508$$

نحسب الميل الهيدروليكي لخط الأنابيب الرئيسي:

$$i = \frac{\lambda}{D_i}\frac{V^2}{2g} = \frac{0.01508 \times 2.8^2}{0.879}\frac{}{2g} = 6.85534 \times 10^{-3}$$

1) **تحديد ماهية النقطة [B] فيما إذا كانت نقطة قمة أم لا:**

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner