الخواص الفيزيائية – الكيميائية للنفط

تدخل الثوابت التي تصف الخواص الفيزيائية – الكيميائية في كثير من الحسابات التصميمية. فمثلا يمكن لبعضها أن يدخل في القوانين الحسابية من أجل تصميم أجهزة عمليات مصانع التكرير وأخرى تستخدم لضبط الإنتاج وثالثة يمكنها وصف الخواص التشغيلية للمنتجات النفطية بصورة مباشرة أو غير مباشرة. لذلك تعتبر الخواص الفيزيائية – الكيميائية خواصٌ شرطية للمنتجات النفطية، لأن الحصول على منتجات نفطية مرتفعة الجودة يتطلب مراقبة مخبرية دقيقة للخام المستخدم في الإنتاج وللمشتقات الناتجة عنه في كافة مراحل الإنتاج.

من أهم الخواص التي تحدد جودة المنتجات النفطية : الكثافة، اللزوجة، دليل اللزوجة، درجة الـــوميض، درجة الانصباب، التفحيم، رقم الأوكتان، عدد السيتان، رقم الحموضة، قرينة الانكسار..الخ. فعلـــى ســـبيل المثال ولإنتاج زيوت تزليق بجودة مرتفعة، يتطلب ذلك إجراء مراقبة مخبرية دقيقة للنفط المستخدم في الإنتـــاج (محتوى القطفات الفاتحة في النفط، البارافين، الكبريت، الراتنجات، الإسفلت) وللقطارات الزيتية الناتجـــة عـــن التقطير التخلخلي(اللزوجة الحركية ν_{100} ، درجة الوميض، درجة الانحـــلال الحرجـــة، التفحـــيم، التركيـــب القطفي..الخ).

يتم الحكم من خلال درجة الوميض على تفكك الهيدروكربونات، و من خلال اللزوجة على طبيعة المركبات التي تدخل في تركيب الزيت، كذلك بمساعدة درجة الانحلال الحرجة، يتم اختيار درجة حرارة التنقية الانتقائية باستخدام المذيبات، وتصف درجة التفحيم وجود المركبات الإسفلتية – الراتنجية في القطفات الزيتية. يمكن تقييم دقة فصل القطفات الزيتية في برج التقطير التخلخلي عن طريق تحديد لزوجة ودرجة وميض بواقي التقطير التخلخلي.

١ – الكثافة density :

تعرف الكثافة بأنها وزن واحدة الحجوم. تقاس gr/cm^3 أو kg/m^3.

$$\rho = M/V$$

غالباً ما تستخدم الكثافة النسبية في القياسات النفطية $\rho_{t_1}^{t_2}$ (لابعدية)، وهي تعبر عن التناسب بين كثافة المشتق النفطي عند الدرجة (t_2) وبين كثافة الماء المقطر عند الدرجة (t_1). تؤخذ في كثير من دول العالم $t_1=4°C$ و $t_2=20°C$، وفي دول أخرى تكون $t_1=t_2 = 60°F = 15.5°C$. و كثافة الماء المقطر عند الدرجة ($4°C$) تساوي الواحد. تتراوح الكثافة النسبية المتوسطة للنفط بين (0.82-0.90)، إلا أنه توجد أنواع من النفط خفيفة جداً (0.720) أو ثقيلة جداً (0.959). تساوي كثافة النفط أو المشتقات النفطية– الكثافة المتوسطة لكل المركبات التي تدخل في تركيب النفط أو في تركيب مشتقاته :

$$\rho_M = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \ldots \rho_n V_n}{V_1 + V_2 + .. V_n}$$

$$\rho_M = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + .. m_n}{V_1 + V_2 + V_3 + .. V_n}$$

$$\rho_M = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots m_n}{\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} + \frac{m_3}{\rho_3} + \ldots \frac{m_n}{\rho_n}}$$

حيث: ρ_n , ρ_2 , ρ_1 – الكثافة النسبية لمركبات المزيج.

V_n , V_2 , V_1 – حجوم مركبات المزيج.

m_n , m_2 , m_1 – كتلة مركبات المزيج.

تعتبر الكثافة من أهم الخواص التي تستخدم من أجل التعبير عن نوع النفط وقطفاته. وذلك بسبب ارتباطها مع الخواص الفيزيائية- الكيميائية الأخرى(درجة الغليان، قرينة الانكسار، الوزن الجزيئي، اللزوجة، الخواص الحرارية).

ترتبط كثافة النفط بتركيبه الكيميائي، لهذا يمكن توصيف النفط ومشتقاته وتحديد نوعيتها التجارية من خلال الكثافة. وترتبط كثافة القطفات النفطية بتركيبها الكيميائي والقطفي، فمثلاً تتميز القطفات النفطية الناتجة عن النفط البارافيني بكثافة صغيرة بالمقارنة مع القطفات الناتجة عن النفط العطري والتي تملك ذات مجال الغليان. بينما تملك القطفات الناتجة عن النفط النفتيني – البارافيني كثافة متوسطة.

من الجدير بالذكر أن استخدام العلاقتين السابقتين ليس دقيقا دائما، حيث أنه في ظروف مزج متشـــابهة، قد يرافق عملية المزج تمدد للمزيج (هكسان+ بترن)، أو تقلص أو انضغاط (القطفات النفطية ذات الكثافـــات المختلفة جداً). تزداد كثافة القطفات النفطية بازدياد مجال غليان القطفة. يوضح الجدول(١-٨) الكثافة النسبية لبعض أنواع النفط وللقطفات الناتجة عنها.

الكثافة النسبية	نوع النفط			
	1	2	3	4
النفط	0.8704	0.8922	0.8426	0.8400
°C، مجال غليان القطفات				
62-106	0.7080	0.6908	0.7078	0.6943
105-120	0.7320	0.7256	0.7300	0.7292
120-240	0.7756	0.7750	0.7917	0.7935
240-350	0.8417	0.8298	0.8587	0.8564
>350 نفاطة	0.9508	0.9545	0.9355	0.9482
>500(قار)	0.9864	0.9824	0.9959	1.0022

تزداد كثافة القطفات النفطية عند تساوي مجال غلياتها، لدى ازدياد محتواها من العطريات. وتنخفض كثافة المشتقات النفطية السائلة بازدياد درجة الحرارة. يمكن حساب كثافة المشتقات النفطية عند الدرجة $(t, °C)$، إذا كانت كثافتها النسبية عند الدرجة $(20°C)$ معروفة، من العلاقة التالية:

$$\rho_4^t = \rho_4^{20} \quad \alpha(t-20)$$

حيث:

ρ_4^t= الكثافة النسبية للمنتج النفطي عند الدرجة $20°C$.

ρ_4^{20}= الكثافة النسبية للمنتج النفطي عند الدرجة t.

α = معامل التصحيح لتغير الكثافة عند تغير درجة الحرارة درجة مئوية واحدة. يوضح الجدول (١-٩) قيمة α بالعلاقة مع الكثافة النسبية للمشتقات النفطية ρ_4^{20}.

ولتحويل ρ_4^{20} إلى ρ_{15}^{15} يمكن استخدام العلاقة التالية :

$$\rho_{15}^{15} = \rho_4^{20} + 5\alpha$$

تعطي هذه العلاقة نتائج دقيقة في المجال الحراري *(0 – 50°C)*. وتحدد الكثافة النسبية للمنتجات الغازية بالنسبة إلى كثافة الهواء *($1.293kg/m^3$)* وتساوي كثافة أي غاز في الشروط النظامية (درجة الحرارة صفر مئوية، الضغط *760mmHg*) تساوي ناتج تقسيم وزنه الجزيئي على حجم *1Kmol* والذي يساوي *($22.4m^3$)*:

$$\rho = \frac{M}{22.4}$$

الجدول (١-٩) قيمة معامل التصحيح α بالعلاقة مع الكثافة النسبية للمشتقات النفطية

ρ_4^{20}	α	ρ_4^{20}	α
0.6900-0.6999	0.000910	0.8500-0.8599	0.000690
0.7000-0.7099	0.000897	0.8600-9.8699	0.000686
0.7100-0.7299	0.000884	0.8700-0.8799	0.000678
0.7200-0.7299	0.000870	0.8800-0.5599	0.000660
0.7800-0.7399	0.000857	0.8900-0.8999	0.000647
0.7400-0.7499	0.000844	0.9000-0.9099	0.000633
0.7500-0.7544	0.000831	0.9100-0.9199	0.000620
0.7600-0.7699	0.000818	0.9200-0.9299	0.000607
0.7700-0.7799	0.000805	0.9300-0.9399	0.000594
0.7800-0.7899	0.000792	0.9400-0.9499	0.000581
0.7900-0.7988	0.000778	0.9500-0.9544	0.000567
0.8000-0.8099	0.000765	0.9600-0.9699	0.000554
0.8100-0.8199	0.000752	0.9700-0.9799	0.000541
0.8200-0.8299	0.000738	0.9800-0.9899	0.000522
0.8488-0.8499	0.000725	0.9900-1.0000	0.000515
0.8400-0.8499	0.000712		

يمكن تحديد كثافة أي غاز عند ظروف مختلفة ($T = °K, P = atm$) من العلاقة التالية :

$$\gamma = 11.8 \cdot M \cdot P / T$$

حيث : M : الوزن الجزيئي للغاز.

T : درجة الحرارة بـــ $°K$.

P : الضغط atm.

يوضح الجدول (١-١٠) كثافة بعض الغازات عند الشروط النظامية *(P=760mmHg,t=0°C)*.

الجدول (١-١٠) كثافة الغازات النسبية عند الدرجة (P=760mmHg,t=0°C)

الغاز	الكثافة kg/m^3	الكثافة النسبية بالنسبة للهواء
ميتان	*0.717*	*0.554*
ايتان	*1.356*	*1.049*
بروبان	*2.020*	*1.562*
n- بوتان	*2.703*	*2.091*
ايتلين	*1.260*	*0.975*
بروبيلين	*1.915*	*1.481*

H_2	0.090	0.069
H_2S	1.538	1.191
CO	1.250	0.967
CO_2	1.977	1.521
هواء	1.293	1

٢- الوزن الجزيئي :

يعتبر الوزن الجزيئي للنفط ومشتقاته من اهم الخواص التي تدخل في حساب حرارة تشكل الابخرة، حجم الأبخرة، الضغط الجزيئي، والتركيب الكيميائي للقطفات النفطية ضيقة مجال الغليان..الخ.

يعتبر النفط ومنتجاته مزيجاً معقداً من المركبات الهيدروكربونية وغير الهيدروكربونية والتي تختلف بوزنها الجزيئي وبخواصها، فمثلاً البنتان يملك وزناً جزيئياً *(72)*، أما المواد الراتنجية فتملك وزناً جزيئياً قد يصل إلى *(1500-2000)*.

يتراوح الوزن الجزيئي لأغلب أنواع النفط في المجال *(250-300)*. يزداد الوزن الجزيئي للقطفات النفطية بازدياد مجال غليان القطفة، من *(90)* للقطفة ذات المجال *(50-100°C)*، إلى *(480)* للقطفة *(550-600°C)*. إلا أنه أحياناً قد توجد قطفات نفطية تتميز بمجال غليان متساوٍ رغم اختلاف وزنها الجزئي.

يحسب الوزن الجزيئي لمادة نقية حسب صيغتها الكيميائية، أما للنفط ولمشتقاته فيحسب الوزن الجزيئي الوسطي من العلاقة :

$$\overline{M} = \sum X_i M_i$$

حيث: M_i : الوزن الجزيئي لكل مركب (وزن المركب في المزيج)

X_i : الكسر المولي (الوزني) للمركب في المزيج.

غالباً ما يحسب الوزن الجزيئي من علاقات تجريبية :

$$M = a + bt + Ct^2$$

حيث : a,b,c : ثوابت تختلف حسب عدد التصنيف الجدول (١-١١)

T= درجة الغليان المولية (الجزيئية) الوسطية للمنتج النفطي، $°C$.

يحسب الوزن الجزيئي للقطفات النفطية الغنية بالبارافينات من العلاقة التالية :

$$M = 60 + 0.3t + 0.001t^2$$

كما يحسب الوزن الجزيئي للقطفات النفطية من العلاقة التالية :

$$M = (7k - 21.5) + (0.76 - 0.04k)t + (0.0003k - 0.00245)t^2$$

حيث k : دليل التصنيف.

توجد علاقة بين الوزن الجزيئي والكثافة النسبية للقطفات النفطية :

$$M = \frac{44.29 - \rho_{15}^{15}}{1.03 - \rho_{15}^{15}}$$

الجدول (١-١١) علاقة الثوابت a.b.c بدليل التصنيف

k	a	b	c
10.0	56	0.23	0.0008
10.5	57	0.24	0.0009
11.0	59	0.24	0.0010
11.5	63	0.225	0.00115
12.0	69	٠.18	0.0014

كما يحسب الوزن الجزيئي لمزيج من القطفات النفطية من العلاقة التالية :

$$M_m = \frac{m_1 + m_2 + .. m_n}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} + \ldots \frac{m_n}{M_n}}$$

حيث : m, m_2, m – وزن القطفات النفطية.

M_1, M_2, M_n – الوزن الجزيئي للقطفات النفطية (الكتلة الجزيئية).

يمكن حساب الوزن الجزيئي الوسطي من العلاقة التالية :

$$\overline{M} = 1.9778 + 0.00192t + log(R^{20} - \rho_4^{20})$$

حيث : ρ_4^{20} : الكثافة النسبية عند الدرجة $20°C$.

R^{20} : قرينة الانكسار عند الدرجة $20°C$.

t : درجة الغليان المولية المتوسطة.

٣- دليل التصنيف :

يصف دليل التصنيف الطبيعة الكيميائية للمشتقات النفطية ويحسب من العلاقة التالية :

$$K = 1.216\frac{\sqrt[3]{T}}{\rho_{15}^{15}}$$

حيث : T: درجة الغليان المولية المتوسطة.

ρ_{15}^{15} – الكثافة النسبية للقطفة النفطية عند الدرجة $15°C$.

$$T = \frac{t_1 m_1 + t_2 m_2 + \ldots t_n m_n}{m_1 + m_2 + \ldots m_n}$$

حيث t_1, t_2, t_n– درجة غليان مركبات المزيج.

m_1, m_2, m_n– الجزء المولي للمركبات في المزيج.

في هذه العلاقة ومن أجل القطفات النفطية الضيقة مجال الغليان تؤخذ درجة حرارة تقطير (50% حجماً) بدلاً من درجة الغليان المولية المتوسطة.

يكون النفط بارافينياً إذا كان دليل التصنيف $(K>12)$، ويكون النفط نفتياً – عطرياً إذا كان دليل التصنيف مساوياً $(K = 10\text{-}11)$، وإذا كان $(K<10)$ يكون النفط عطرياً جداً.

٤- الكثافة بدرجات (API) :

وضعها معهد البترول الأمريكي (American Petroleum Institute) وتحسب من العلاقة :

$$API = \frac{141.5}{\rho_{60}^{60}} - 131.5$$

حيث: ρ_{60}^{60} - الكثافة النسبية للنفط عند الدرجة $60\,^{\circ}F$ بالنسبة إلى كثافة الماء عند ذات الدرجة.

الكثافة النوعية هي عبارة عن النسبة بين كثافة مادة ما وكثافة مادة معيارية عند درجة حرارة معينة. تستخدم الماء كمادة معيارية في حالة السوائل النفطية عند الدرجة ($15.5^{\circ}C$) أو $(60^{\circ}F)$، أما بالنسبة للغازات وللأبخرة، فيستخدم الهواء عند درجة $60\,^{\circ}F$ والضغط الجوي $760mmHg$. ويوضح الجدول (٢-٥) العلاقة بين الكثافة بدرجات API الكثافة النسبية.

يتوقف سعر النفط الخام على قيمة الكثافة بدرجات API، فكلما كانت كثافته بدرجات API مرتفعة يكون أكثر جودة.

٥- اللزوجة Viscosity:

تعتبر اللزوجة من الخصائص الهامة جداً للنفط ولمنتجاته، فهي تؤثر بشكل واضح على عملية نقل النفط بالأنابيب وضخ الوقود في محركات الاحتراق الداخلي وترذيذه، وعلى سلوك زيوت التزليق في الآلات والأجهزة، وارتفاع الكيروسين في الفتيل وعلى اهتراء مضخات الديزل.

يعبر عن لزوجة سائل ما بمقاومة هذا السائل للحركة، فهي عبارة عن الاحتكاك الداخلي الذي يظهر بين جزيئات السوائل عند تحريكه تحت تاثير قوى خارجية.

للزوجة النفط أهمية كبيرة في تحديد شروط ضخه في الأنابيب، لذلك يتم تحديدها عند درجات حرارة مختلفة من أجل تقييم فعالية تسخينه لدى إجراء حسابات عملية الضخ. يرتبط بلزوجة الوقود تبخره واحتراقه ومتانة ومقاومة الآلات والأجهزة وإمكانية استخدامه بدرجات حرارة منخفضة وترذيذه، حيث كلما كانت لزوجته أقل كان ترذيذه أفضل مما يحسن من عملية تبخره وبالتالي احتراقه بشكل منتظم وتام. وفي حالة العكس فإن ذلك يؤدي إلى زيادة الاستهلاك النوعي للوقود. الجدول (١-١٢) يوضح العلاقة بين الكثافة بدرجات API وبين الكثافة النسبية

الجدول (١-١٢) يوضح العلاقة بين الكثافة بدرجات API وبين الكثافة النسبية

ρ_{60}^{60}	API
1.7600	0
1.0000	10
0.9340	20
0.8762	30
0.8651	40
0.7796	50
0.7389	60
0.7022	70
0.6690	80

تؤثر لزوجة الزيوت على خواصها التشغيلية من خلال تأثيرها على كثير من وظائفها، مثل ضياع القدرة على الاحتكاك، تآكل الأجزاء المتحركة، درجة تبريد الأجزاء المتحركة، استهلاك الوقود والزيوت وسهولة تشغيل المحرك في درجات الحرارة المنخفضة.

ترتبط علاقة تغير لزوجة زيوت التزليق بتغير درجة الحرارة، بنوعية الزيت، فكلما كان تغير اللزوجة أقل، أو كلما كان منحني اللزوجة بدرجة الحرارة أقل انحناء، كلما كان الزيت أكثر جودة. حيث يبقى مثل هذا الزيت لزجاً بشكل كاف في درجات الحرارة المرتفعة، بحيث يؤمن تزليقاً جيداً للأجزاء المتحركة. وفي درجات الحرارة المنخفضة، يضخ بسهولة في أنابيب وحدة التزليق.

تتميز بواقي تقطير النفط والمواد الإسفلتية – الراتنجية بلزوجة مرتفعة بالمقارنة مع القطفات الأخرى. وتملك البارافينات أقل لزوجة والنفتينات أكبرها، أما العطريات فتكون لزوجتها وسطاً بينهما، وتختلف لزوجة البارافينات النظامية عن المتفرعة قليلاً، حيث تزداد اللزوجة بازدياد عدد الحلقات العطرية والنفتينية وبزيادة طول السلاسل الجانبية.

يوجد نوعين للزوجة :

١- اللزوجة التحريكية *(Dynamic Viscosity)* ويرمز لها بالرمز μ.

٢- اللزوجة الحركية (الكينيماتيكية) *(Kinematics Viscosity)* ويرمز بها بالرمز ν وتحسب من العلاقة :

$$\nu = \mu / \rho$$

حيث : ν - اللزوجة الحركية cm^2/sec

μ- اللزوجة التحريكية $g/cm.sec$.

ρ - كثافة المنتج النفطي g/cm^3.

ترتبط لزوجة النفط بكثافته وبتركيبه القطفي، فكلما كانت لزوجته كبيرة كان النفط ثقيلاً وكانت كثافته النسبية أكبر ومحتواه من القطفات الفاتحة أقل وخاصة البترين. ترتبط لزوجة المنتجات النفطية بدرجة الحرارة حيث تنخفض لزوجة المنتجات النفطية بارتفاعها.

تستخدم البواز *(Poise)* واحدة لقياس اللزوجة التحريكية والستوك *(Stoke)* واحدة لقياس اللزوجة الحركية حيث:

$$1P = 1\ Poise = 0.1N.sec/m^2 = g/cm.sec$$
$$1St = 1\ Stoke = 10^{-4} m^2/sec = cm^2/sec$$
$$1Cantipoise = 1CP = 0.01\ P$$
$$1Cantistoke = 1CSt = 0.01St$$

تستخدم في بعض الدول الأوربية درجات أنكلر *(Engler)* (*E*) وفي بريطانيا رقم ردوود *(Red* (*R*) *Wood)* وفي أمريكا ثواني سيبلت *(Saybolt)(S.U.S)*. والشكل (١-٤) يوضح إمكانية تحويل قيم اللزوجة الحركية والتحريكية حسب الواحدات المستخدمة، وباستخدام الشكل رقم (١-٥) يمكن تحديد لزوجة المنتجات النفطية عند أية درجة حرارة إذا كانت لزوجته الحركية معروفة عند درجتين حراريتين أخريتين، والذي يستخدم لتحديد لزوجة كافة أنواع المشتقات النفطية السائلة.

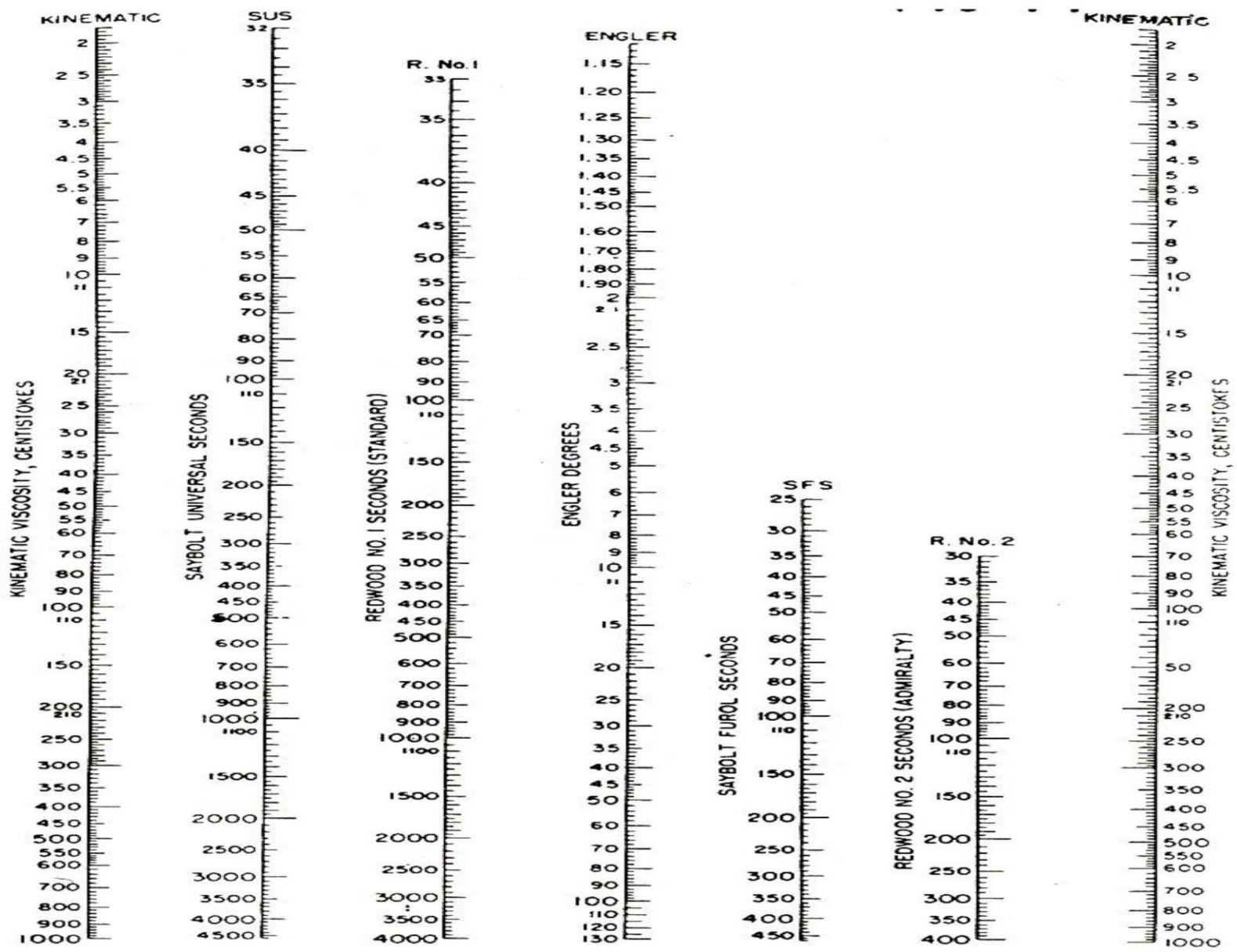
تزداد لزوجة الهيدروكربونات الغازية والسائلة بارتفاع الضغط ويختلف تأثير الضغط على الهيدروكربونات التي تدخل في تركيب الزيت، حيث يلاحظ أن لزوجة الهيدروكربونات البارافينية هي الأقل تأثراً بالضغط بينما تكون درجة تغير الهيدروكربونات النفتية والعطرية أكبر. تزداد لزوجة المشتقات النفطية المرتفعة اللزوجة بشكل أكبر بازدياد الضغط بالمقارنة مع المنتجات النفطية المنخفضة اللزوجة، وكلما كانت درجة الحرارة أكبر كان تغير اللزوجة اقل بارتفاع الضغط.

$$\log \frac{\nu_p}{\nu_0} = 0.0142P(0.0239 + 0.01638\nu_0)^{0.278}$$

حيث: ν_0 – اللزوجة الحركية عند الضغط الجوي.

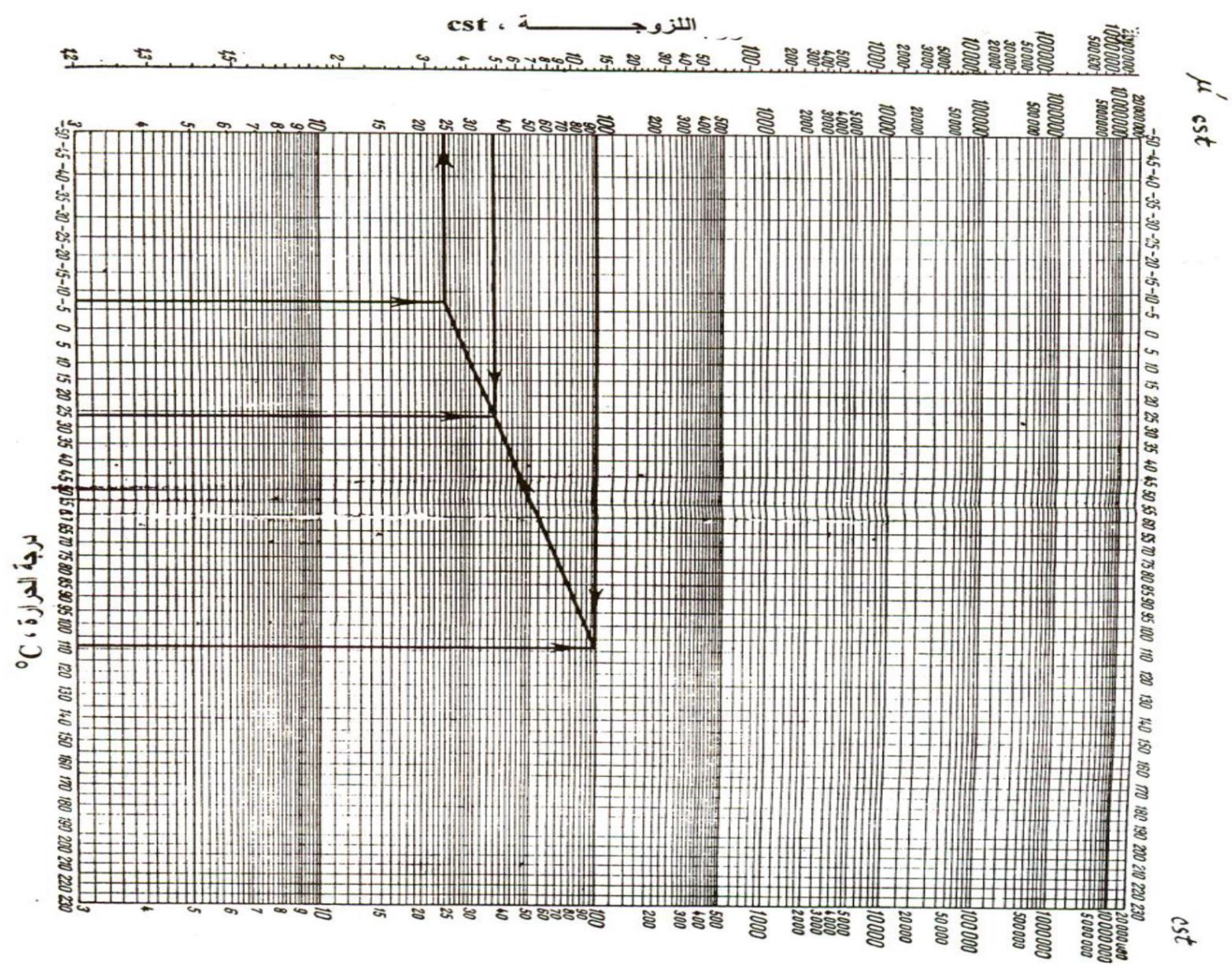
ν_P – اللزوجة الحركية عند الضغط P.

P – الضغط، atm.



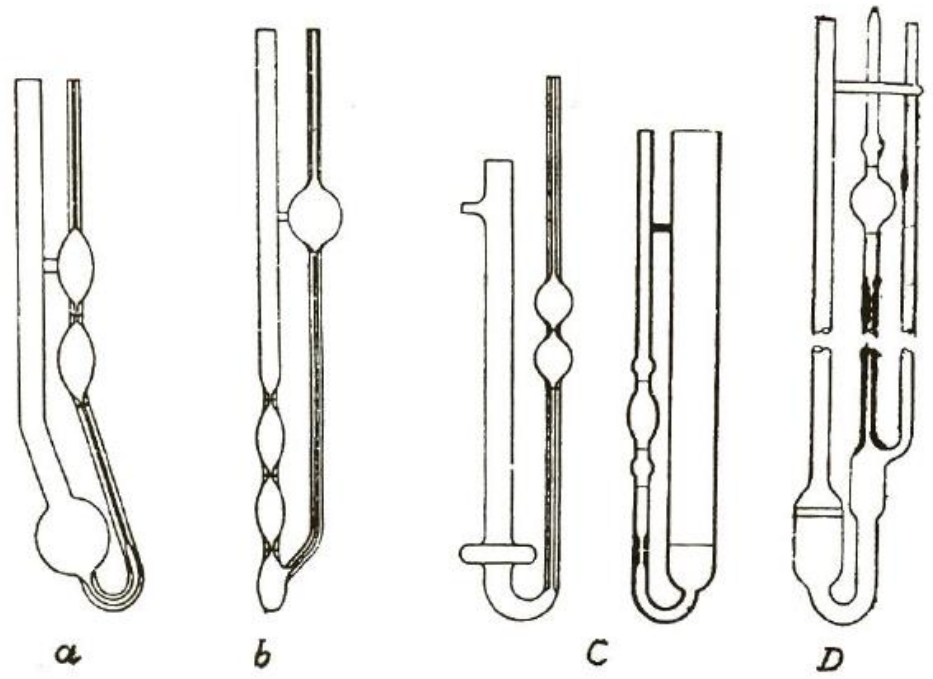
Viscosity conversion chart. (*Courtesy of Texaco, Inc.*) Line up straight edge so centistoke value on both kinematic scales is the same. Viscosities at the *same temperature* on all scales are then equivalent. To extend range of only the kinematic, Saybolt Universal, redwood No. 1, and Engler scales: Multiply by 10 the viscosities on these scales between 100 and 1,000 centistokes on the kinematic scale and the corresponding viscosities on the other three scales. For further extension, multiply these scales as above by 100 or a higher power of 10. (Example: 1,500 centistokes = 150 X 10 CS = 695 X 10 SUS = 6,950 SUS.)

الشكل (١ – ٤) تحويل وحدات اللزوجة



الشكل (١–٥) تحديد لزوجة المشتقات النفطية بالعلاقة مع درجة الحرارة

تقاس اللزوجة الحركية للسوائل الشفافة باستخدام مقاييس اللزوجة الزجاجية *(Viscosimeter)* الموضحة في الشكل (١–٦).



الشكل (١ – ٦) مقاييس اللزوجة الزجاجية

a- ملزاج من أجل الحرارة المنخفضة، b- ملزاج تبعاً لـ Fensky,Ostwald Pinkovic
C- ملزاج تبعاً لـ Fensky,Ostwald، D- ملزاج تبعاً لـ Ubbelohde

تثبت هذه المقاييس الزجاجية في حمام مائي أو زيتي عند درجات حرارة ثابتة ويقاس زمن تدفق السائل في الأنبوبة الشعرية بين مؤشرين محددين عليها. تتميز كل أنبوبة شعرية بثابت خاص:

$$\nu = A.t$$

حيث : A – ثابت الملزاج (cst/sec)

t – المتوسط الحسابي لعدد من القياسات (sec).

٣-١-٦- درجة الانصباب Pour Point :

٦- درجة الانصباب *Pour Point* :

تعتبر درجة انصباب النفط خاصية هامة جداً، حيث تحدد شروط محافظة النفط على سيولته عند نقله بالضخ وتخزينه، كذلك يمكن من خلال درجة انصبابه تحديد محتوى البارافينات في القطفات الزيتية، فكلما كان محتوى النفط من البارافين أكبر ارتفعت درجة انصبابه (يتجمد في درجات حرارة مرتفعة)، فعلى سبيل المثال إذا كان محتوى نفط ما من البارافين *(17%)* سوف يتجمد عند درجة حرارة *(26°C)*، بينما إذا كان محتوى نفط آخر من البارافينات يساوي *(2.9%)* سوف يتجمد عند الدرجة *(-20°C)*. أما وجود المركبات الراتنجية في تركيب النفط فيؤدي إلى تخفيض درجة انصبابه، حتى ولو كان محتوى البارافين متساوٍ.

تتميز المادة النقية بدرجة انصباب ثابتة، بينما وبسبب تركيبه المعقد سوف يفقد النفط حركته تدريجياً نتيجة لاحتوائه على البارافينات الصلبة وعلى المركبات الثقيلة المرتفعة اللزوجة.

تحدد درجة الانصباب سيولة النفط ومشتقاته في درجات الحرارة المنخفضة، حيث يمكن من خلالها تحديد المجال الحراري الذي يمكن أن يبقى فيه النفط سائلاً يضخ ويتدفق في الأنابيب دون أن يتجمد أو أن تنفصل عنه مواد تؤدي إلى انسداد الأنابيب.

لا توجد للمزائج النفطية درجة انصهار وتجمد محددة، وإنما هي خواص للمواد النقية ذات التركيب الكيميائي المحدد. ترتبط درجة تجمد المركبات الهيدروكربونية النقية بعدد ذرات الكربون في الجزيء و بتناظر أجزاء الجزيء، حيث تزداد درجة التجمد بازدياد عدد ذرات الكربون وبازدياد التناظر في الجزيء.

تعرف **درجة التجمد** بأنها أخفض درجة حرارة يشاهد عندها سطح النفط ساكناً لايتحرك إذا ميّل أنبوب الاختبار بزاوية ٤٥ لزمن محدد. وتعرف **درجة الانصباب** بأنها أخفض درجة حرارة يمكن عندها مشاهدة جريان النفط. يتم تحديد درجة انصباب النفط أو مشتقاته، بعد إخضاع المادة المدروسة إلى معالجة حرارية أولية وذلك بتسخينها في حمام مائي درجة حرارته $50°C$.

تؤدي المعالجة الحرارية الأولية للنفط الراتنجي إلى انخفاض درجة تجمده، وبالعكس بالنسبة للنفط البارافيني، تؤدي المعالجة الحرارية الأولية إلى ارتفاع درجة انصبابه.

٧- درجة الوميض *Flash Point* :

ترتبط درجة وميض النفط بشكل أساسي بمحتوى القطفات البترينية الخفيفة فيه. يمكن أن تكون درجة الوميض سالبة (عند البترين)، فمثلاً إذا كان نفط يحتوي على *24%* قطفة بترينية مجال غليانها حتى *200°C*، تكون درجة وميضه *(-38°C)*، أما النفط الثقيل (عملياً لا يحوي على قطفة بترينية) تكون درجة وميضه *(108°C)*. تحدد درجة الوميض في بوتقة مغلقة إذا كانت سالبة وباستخدام التبريد.

تأتي أهمية درجة وميض النفط ومشتقاته عملياً، من خلال تحديد المجال الحراري الذي يمكن فيه استخدام المشتقات النفطية بدون خطر حدوث الحرائق. وتنخفض درجة الوميض بشكل ملحوظ بوجود الغازات المنحلة في المادة. كذلك ترتبط درجة الوميض بضغط الأبخرة، حيث تنخفض بارتفاعه. تحدد درجة الوميض نسبة الأبخرة الخفيفة، التي يمكن أن تشتعل عند تقريب لهب من سطح النفط أو المشتق النفطي.

تعرف **درجة الوميض** بأنها أقل درجة حرارة يشاهد عندها الوميض على سطح النفط (المشتق النفطي) عند تقريب لهب الاختبار منه في شروط التجربة المحددة. وهي أصغر درجة حرارة يشكل عندها المنتج النفطي (النفط) مع الهواء مزيجاً قادراً على الانفجار لفترة قصيرة (أقل من ثانية) عند تقريب لهب أو شرارة كهربائية منه.

يتم تعيين درجة الوميض إما بجهاز مغلق أو مفتوح، وتختلف درجة الوميض حسب الطريقة، حيث تكون أكبر في المفتوح. تستخدم عادة الأجهزة المغلقة لتحديد درجة وميض الوقود، أما المفتوحة فتستخدم لتحديد درجة وميض زيوت التزليق.

ترتبط درجة وميض المشتقات النفطية بشكل كبير بمجال غليانها (بتبخرها)، فكلما كانت القطفة خفيفة (تتبخر بسهولة) كلما كانت درجة وميضها أصغر. تتميز القطفة البترينية بدرجة وميض سالبة حتى -*(40°C)*، والقطفات الكيروسينية في المجال *(28-60°C)*، والقطفات الزيتية *(130-325°C)*. يؤثر وجود الرطوبة ونواتج التفكك في المنتج النفطي على قيمة درجة الوميض.

٨- درجة الاشتعال والاشتعال الذاتي :

إذا سخن النفط (أو المشتق النفطي) إلى درجة حرارة معينة، وقرِّب منه لهب فاشتعل لفترة زمنية قصيرة (أقل من ثانية) ثم انطفأ، تسمى هذه الدرجة بدرجة الوميض. أما إذا رفعت درجة حرارة النفط إلى درجة حرارة أعلى من درجة وميضه، يزداد تركيز الأبخرة الخفيفة ثم يقرب منه اللهب، سوف يشتعل لفترة زمنية أطول *(5-6sec)* على الأقل، تسمى هذه الدرجة بدرجة الاشتعال.

تعرف **درجة الاشتعال** بأنها أصغر درجة حرارة تشتعل عندها أبخرة المادة عند تقريب لهب منها، بلهب ثابت لا ينطفئ. تكون درجة الاشتعال أكبر من درجة الوميض بـ *(10°C)* على الأقل. أما إذا سخنت المادة حتى تشتعل بشكل تلقائي وبدون تقريب لهب من سطحها، فتسمى عندها هذه الدرجة بدرجة الاشتعال الذاتي.

تعرَّف **درجة الاشتعال الذاتي** بأنها أصغر درجة حرارة تشتعل عندها أبخرة المنتج النفطي في مزيجها مع الهواء لدى تسخينه، دون تقريب لهب خارجي منها. وعلى هذا الأساس يعتمد مبدأ عمل محركات الديزل ذات الاحتراق الداخلي، وتكون درجة الاشتعال الذاتي أكبر من درجة الوميض بمئات المرات.

٩ – الناقلية الحرارية:

ترتبط الناقلية الحرارية للنفط و لقطفاته بتركيبها الكيميائي و بدرجة الحرارة والضغط. و بمقارنة الناقلية الحرارية للمجموعات الهيدروكربونية المختلفة عند تساوي عدد ذرات الكربون في الجزيء، يلاحظ بأن الألكانات تتميز بأصغر ناقلية حرارية ، بينما العطريات بأكبرها.

تزداد الناقلية الحرارية للألكانات بازدياد وزنها الجزيئي. وتتميز الألكانات النظامية بناقلية حرارية أكبر من الناقلية الحرارية للألكانات المتفرعة، وتنخفض الناقلية الحرارية بازدياد درجة الحرارة وتفرع الجزيء. تنخفض الناقلية الحرارية للألكانات بارتفاع درجة الحرارة ضمن مجال محدد، فمثلاً تنخفض الناقلية الحرارية عند النونان بارتفاع درجة الحرارة حتى $360°C$ ثم تزداد، ويكون تأثير درجة الحرارة أقل كلما كان الوزن الجزيئي للألكانات أصغر.

تزداد الناقلية الحرارية للقطفات النفطية بازدياد الضغط، وترتبط بالتركيب الكيميائي والقطفي للنفط، ويتميز النفط ذو المحتوى المرتفع من الإسفلت والمرتفع من البارافين بناقلية حرارية مرتفعة.

ترتبط الناقلية الحرارية للمشتقات النفطية بتركيبها الكيميائي و بالحالة الطورية وبدرجة الحرارة والضغط، حيث تتميز الغازات والأبخرة بأصغر ناقلية حرارية، بينما تتميز المشتقات النفطية الصلبة بأكبرها، وتأخذ المشتقات النفطية السائلة مكاناً متوسطاً بينهما. تزداد الناقلية الحرارية للغازات الهيدروكربونية والأبخرة النفطية بارتفاع درجة الحرارة وذلك بعكس المشتقات النفطية السائلة.