2.2.6- **الناقلية الحرارية** (*Thermal conductivity*):

يمكن تعريف الناقلية الحرارية لوسط ما من خلال معادلة فورييه (*Fourier equation*)، التي تمثل النسبة بين الفيض الحراري (*Heat flux*) في اتجاه معطى (*Given direction*) والتدرج الحراري (*Temperature gradient*) في الاتجاه نفسه:

$$\varphi = -\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x}$$

حيث إنَّ:

φ: الفيض الحراري، (W/m^2).

λ: معامل الناقلية الحرارية، $(W/m \cdot K)$.

$\frac{\partial T}{\partial x}$: التدرج الحراري، (K/m).

ومن المهم الإشارة إلى أن قيمة الناقلية الحرارية للغازات صغيرة جداً، ويبيّن الجدول (3.6) قيمة الناقلية الحرارية لبعض الغازات الشائعة وذلك عند درجة الحرارة $(0\,^{\circ}C)$:

اسم العنصر	$(\lambda),[W/m \cdot K]$
الهيدروجين	0.142
الهيليوم	0.129
الأوكسجين	0.025
الهواء	0.024
الآزوت	0.024
ثنائي أوكسيد الكربون	0.014

الجدول (2.6).قيمة الناقلية الحرارية لبعض الغازات.

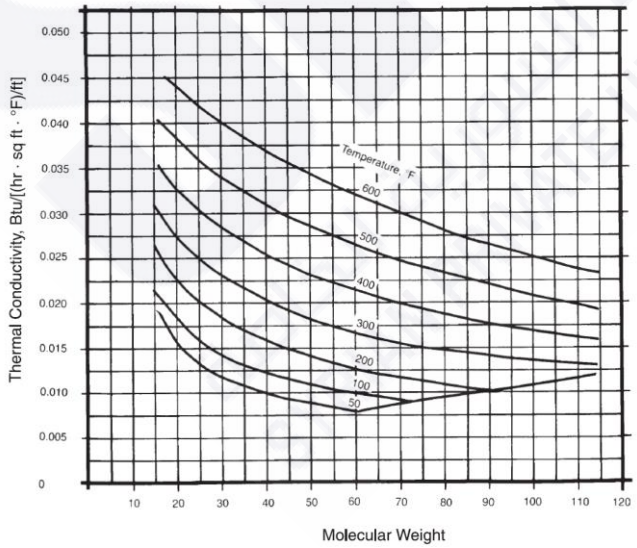
تزداد قيمة الناقلية الحرارية بازدياد درجة الحرارة، إذ تتطلب عملية تعيين قيمة الناقلية الحرارية تجريبياً قياس كل من الفيض الحراري ودرجة الحرارة. ومن الجدير بالذكر أن عملية القياس هذه تصادفها مجموعة من المشاكل الناجمة عن:

- تأثيرات الحمل الحراري (*Convection effects*) التي تتراكب على التبادل الحراري بالنقل (*Conduction*).
- تأثيرات التبادل بالإشعاع (*Radiant effects*).
- تأثيرات الجدار (*Wall effects*).

يمكن تعيين قيمة الناقلية الحرارية إما باستخدام المنحنيات البيانية ذات الشكل $\lambda = f(M_i,T)$ أو باستخدام بعض العلاقات الرياضية.

- **طريقة تعيين** (λ) **باستخدام المنحنيات البيانية ذات الشكل** $\lambda = f(M_i,T)$:

تستخدم هذه الطريقة في تعيين الناقلية الحرارية للغاز الطبيعي ذي التركيب الكيميائي المعروف وذلك عند الضغط الجوي ودرجة حرارة معطاة (T). لاحظ الشكل التالي:



الشكل (2.5)، الناقلية الحرارية بالعلاقة مع الكتلة المولية ودرجة الحرارة.

- **طريقة تعيين** (λ) **باستخدام العلاقات الرياضية**:

يمكن تعيين الناقلية الحرارية لغاز الميتان باستخدام علاقة (*Sutherland*) التالية:

$$\lambda = \lambda_N \frac{198 + T_N}{T_N} \frac{T}{198 + T} \left(\frac{T}{T_N} \right)^{1/2}$$

حيث (λ_N) الناقلية الحرارية للميتان في الشروط النظامية.

ومن الجدير بالذكر أن معرفة نتائج التحليل المخبري (التحليل الكروماتوغرافي الغازي) تعدّ من أكثر الطرق دقة في تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية والترموديناميكية للغازات الطبيعية، ولكن في حال عدم توفر المعطيات المخبرية يمكن اعتبار العلاقات الرياضية والمنحنيات البيانية خياراً مقبولاً لايمكن الاستغناء عنه في تحديد وتعيين العديد من هذه الخصائص.

في الوقت الراهن ونتيجة للتطور الهائل في علم الحاسوب ومع تقدم تقنيات ولغات البرمجة المختلفة وتطور عمليات المحاكاة والنمذجة الرياضية الأمر الذي استدعى تطوراً مواكباً له في عمليات حساب وتحديد الكثير من هذه الخصائص.

وبالنتيجة يمكن القول إن دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والترموديناميكية للغازات الطبيعية هي اللبنة الأساسية الأولى التي تبنى عليها جميع عمليات المعالجة اللاحقة وعمليات تصميم خطوط أنابيب النقل وعمليات التخزين بالإضافة إلى عمليات توزيع الغاز إلى المستهلكين.

- الضغط البخاري (*Vapor Pressure*):

الضغط البخاري لسائل بالتعريف هو الضغط (عند درجة حرارة معطاة) الذي يتواجد عنده السائل والبخار في حالة توازن (*equilibrium*)، وبالمقابل فإن درجة الغليان النظامية (*normal boiling point*) للسائل هي درجة الحرارة التي يتساوى عندها الضغط البخاري مع ا لضغط الجوي (*atmospheric pressure*). وفي المخبر يقاس الضغط البخاري عند درجة حرارة ثابتة ($100\ ^{\circ}F$) وبعد ذلك يتم التعبير عنه كضغط ريد البخاري (*Reid vapor pressure*). يزداد الضغط البخاري للسائل بازدياد درجة الحرارة. ويتوفر العديد من المخططات التي تعيّن الضغط البخاري الفعلي للسائل عند أي درجة حرارة وذلك بعد معرفة ضغط ريد البخاري.

تتجلى أهمية الضغط البخاري بوضوح عند تشغيل المضخات الطاردة المركزية (*centrifugal pumps*) المركبة على خطوط الأنابيب. ولمنع حدوث ظاهرة التكهف في المضخات (*cavitation of pumps*) حيث يجب أن يؤخذ الضغط البخاري للسائل عند درجة حرارة التدفق (*flowing temperature*) بعين الاعتبار في حساب ضغط السحب الصافي للمضخة (*net positive suction head*) المتوفر عند سحب المضخة.

- الكهربة:

ينتج عن احتكاك مادتين مختلفتين بصفاتهما الفيزيائية والكيميائية شحنات كهربائية تُدعى بالكهرباء الساكنة، وهذا يُفسر تشكل الكهرباء الساكنة في كثير من حالات نقل وتخزين النفط الخام ومنتجاته المكررة، وذلك نتيجة لحركة السائل في الأنابيب أو عند تعبئة الصهاريج أو خزانات الناقلات النفطية المختلفة، أو خزانات التخزين. فإذا كان كمون الأنابيب المعدنية المعزولة أو الخزانات المليئة بالنفط كبيراً بالنسبة للأرض فإن أي عملية تماس خارجية ما بين هذه الشحنات والأرض تؤدي إلى تشكل شرارة كهربائية قد تؤدي إلى حريق أو انفجار في المواد البترولية.

لمكافحة هذه الظاهرة يجب تأريض كل المنشآت الصناعية النفطية، وكذلك شبكات خطوط الأنابيب ووسائط النقل الأخرى المستخدمة لنقل النفط الخام ومنتجاته المكررة.