2.2-الخصائص الكيميائية والترموديناميكية للغازات الطبيعية:

يمكن أن نذكر من أهم هذه الخصائص: الاحتراق، التفكك، قابلية الانفجار، الطاقة الحرارية، الحرارة النوعية، الناقلية الحرارية ..... الخ.

2.2.1- الاحتراق (*Combustion*):

يحترق غاز الميتان معطياً غاز ثنائي أوكسيد الكربون وبخار الماء وفق المعادلة التالية:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

تحترق الغازات الطبيعية عملياً، بلهب أزرق، وتراوح درجة اشتعالها عند الضغط الجوي بين ($650 - 700\ ^oC$)، ويمكن لدرجة الاشتعال هذه أن تتناقص بازدياد الضغط، إذ أنه عند ضغوط أعلى من ($40 - 50\,atm$) يمكن أن تحدث عملية الاشتعال عند درجة حرارة ($470\ ^oC$).

2.2.2- التفكك (*Dissociation*):

تتفكك الغازات الطبيعية بالتسخين معطية الكربون والهيدروجين وفق المعادلة التالية:

$$CH_4 \xleftrightarrow{\Delta} C + 2H_2$$

تتناقص نسبة الغاز المتفكك بازدياد الضغط الذي يمكن أن يتعرض له الغاز، فمثلاً تبلغ نسبة الغاز المتفكك عند ($p = 1atm, T = 900K$) نحو (25%) ولكن عند ($p = 30\,atm, T = 900K$) تنخفض هذه النسبة لتصبح (4%).

2.2.3- قابلية الانفجار (*Explosion*):

تكوّن الغازات الطبيعية مع أوكسجين الهواء مزيجاً قابلاً للانفجار، حيث يمكن أن يحدث انفجار المزيج (غاز/ هواء) عند حدود معينة وذلك اعتباراً من قيمة صغرى معينة (الحد الأدنى لقابلية الانفجار) وحتى قيمة عظمى (الحد الأعلى لقابلية الانفجار).

تراوح حدود انفجار المزيج (غاز/ هواء) عملياً بين (5−15%)، وتختلف هذه الحدود تبعاً لجهة انتشار اللهب: 5−15% (الانتشار نحو الأعلى)، 5,40−14% (انتشار أفقي)، 6−16,53% (الانتشار نحو الأسفل).

تفيدنا دراسة هذا العامل في تلافي شروط تشكل هذا المزيج بحدوده الدنيا أو العظمى كعامل أمان عند التعامل مع الغازات المعالجة أو المنقولة أو المخزنة ومن ثم حماية العاملين من خطر الانفجار.

2.2.4- الطاقة الحرارية أو القيمة الحرارية (*Heating value*):

يمثل هذا البارامتر كمية الحرارة المتحررة أو المنطلقة عند احتراق واحدة الحجم من الغاز احتراقاً كاملاً في الشروط النظامية من الضغط ودرجة الحرارة، وتقاس بـــ (KJ / m_N^3) أو بـــ ($Kcal / m_N^3$) ويرمز لها بـــ (*HV*)، ويمكن أن نميز بين نوعين من الطاقة الحرارية:

1) **الطاقة الحرارية الصغرى** (*Net heating value*): وهي كمية الحرارة الناتجة عن احتراق ($1\ m_N^3$) احتراقاً كاملاً آخذين بعين الاعتبار مايلي:
   - أن يكون للغاز المحترق وللهواء اللازم للاحتراق وللغازات الناتجة عن الاحتراق نفس الضغط ودرجة الحرارة.
   - احتساب المياه (الموجودة في الغاز المحترق وتلك الناتجة أثناء الاحتراق) على شكل بخار بعد عملية الاحتراق.

   ويرمز لها عادة بـــ (*NHV*).

2) **الطاقة الحرارية القصوى** (*Gross heating value*): وهي كمية الحرارة الناتجة عن احتراق ($1\ m_N^3$) احتراقاً كاملاً آخذين بعين الاعتبار مايلي:
   - أن يكون للغاز المحترق وللهواء اللازم للاحتراق وللغازات الناتجة عن الاحتراق نفس الضغط ودرجة الحرارة.
   - احتساب المياه (الموجودة في الغاز المحترق وتلك الناتجة أثناء الاحتراق) على شكل سائل بعد عملية الاحتراق.

   ويرمز لها عادة بـــ (*GHV*).

يتم حساب الطاقة الحرارية الصغرى والقصوى لكل عنصر (i) من عناصر المزيج الغازي من العلاقة التقريبية التالية (*Wuithier-Handrick*):

$$NHV_i\,(KJ/m_N^3) = 4311 + 1967\,M_i \qquad (2.37)$$

$$GHV_i\,(KJ/m_N^3) = 6571 + 2093\,M_i \qquad (2.38)$$

ويبين الجدول (2.4) قيم الطاقة الحرارية الصغرى والقصوى لبعض الغازات. حيث نلاحظ من هذا الجدول أن الطاقة الحرارية تزداد بازدياد عدد ذرات الكربون والهيدروجين المكوّنة للعنصر الغازي، ولهذا السبب فإن المحتوى الحراري للبوتان مثلاً هو أكبر منه لدى البروبان، والبروبان يملك طاقة أكبر من الميتان في واحدة الحجم.

ولكن من أجل حساب الطاقة الحرارية للأمزجة الغازية ذات التراكيب المعروفة تستخدم العلاقة التالية:

$$HV = \sum_{i=1}^{N} y_i HV_i \qquad (2.39)$$

ومن الجدير بالذكر أن قيمة الطاقة الحرارية هي الدليل الرئيسي الذي يعتمد عليه في تقييم الغازات عند استعمالها وقوداً.

اسم العنصر	$GHV\ [KJ/m_N^3]$	$NHV\ [KJ/m_N^3]$
الميتان	39936	35904
الإيتان	70498	64404
البروبان	101364	93146
أيزو البوتان	153851	123356
نظامي البوتان	134415	123910
نظامي البنتان	172189	159045
نظامي الهكسان	210226	194445

نظامي الهيبتان	261390	242007
كبريت الهيدروجين	25369	23338

الجدول (2.4)، قيم الطاقة الحرارية الصغرى والقصوى لبعض الغازات في الشروط النظامية.

2.2.5- **السعة الحرارية النوعية** (*Specific heat capacity*):

وتعرف أحيانا بالحرارة النوعية، وهي بالتعريف كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحدة الكتلة (أو واحدة الحجم) من مادة ما درجة مئوية واحدة، وتعتمد قيمتها بشكل رئيسي على كل من الضغط ودرجة الحرارة.

اعتمادا على طبيعة العملية الحرارية التي يخضع لها الغاز يمكن تصنيف حرارته النوعية إلى نوعين:

1) **الحرارة النوعية عند ضغط ثابت**: وتقسم إلى الأنواع التالية:

- الحرارة النوعية المولية ($C_{p,m}$) وتقاس بـــ ($J/Kmol\cdot K$).
- الحرارة النوعية الكتلية (c_p) وتقاس بـــ ($J/Kg\cdot K$) وتحسب من العلاقة:

$$c_p = \frac{C_{p,m}}{M} \qquad (2.40)$$

- الحرارة النوعية الحجمية (C_p) وتقاس بـــ ($J/m_N^3\cdot K$) وتحسب من العلاقة:

$$C_p = \frac{C_{p,m}}{V_{M,N}} \qquad (2.41)$$

2) **الحرارة النوعية عند حجم ثابت**: وتقسم إلى الأنواع التالية:

- الحرارة النوعية المولية ($C_{V,m}$) وقاس بـــ ($J/Kmol\cdot K$).
- الحرارة النوعية الكتلية (c_V) وتقاس بـــ ($J/Kg\cdot K$) وتحسب من العلاقة:

$$c_V = \frac{C_{V,m}}{M} \qquad (2.42)$$

- الحرارة النوعية الحجمية (C_V) وتقاس بـــ ($J/m_N^3\cdot K$) وتحسب من العلاقة:

$$C_V = \frac{C_{V,m}}{V_{M,N}} \qquad (2.43)$$

من الممكن التعبير عن العلاقة بين الحرارة النوعية عند ضغط ثابت والحرارة النوعية عند حجم ثابت على الشكل التالي:

$$\frac{c_p}{c_V} = \frac{C_p}{C_V} = \frac{C_{p,m}}{C_{V,m}} = k \qquad (2.44)$$

حيث إنَّ:

k: الأس الاديباتي، وتتوقف قيمته على عدد ذرات الغاز:

- $k = 1{,}67$ في حالة الغازات وحيدة الذرة.
- $k = 1{,}40$ في حالة الغازات ثنائية الذرة.
- $k = 1{,}33$ الغازات متعددة الذرات.

يمكن حساب قيمة السعة الحرارية النوعية المولية لكل عنصر غازي باستخدام العلاقة التجريبية التالية:

$$C_{p,m} = \mathrm{a} + \mathrm{b} \cdot T + \mathrm{c} \cdot T^2 \qquad (2.45)$$

حيث: $\mathrm{a}, \mathrm{b}, \mathrm{c}$ ثوابت تؤخذ قيمتها من الجدول (3.5).

ومن المهم معرفة أنه عندما يراد تعيين السعة الحرارية النوعية للأمزجة الغازية ذات التراكيب المعروفة يتم اللجوء إلى استخدام العلاقات التالية:

$$c_p = \sum_{i=1}^{N} c_{p,i} g_i \,,\; c_V = \sum_{i=1}^{N} c_{V,i} g_i \,, \qquad (2.46)$$

$$C_{p,m} = \sum_{i=1}^{N} C_{p,m_i} y_i \,,\; C_{V,m} = \sum_{i=1}^{N} C_{V,m_i} y_i \,, \qquad (2.47)$$

$$C_p = \sum_{i=1}^{N} C_{p,i} y_i \,,\; C_V = \sum_{i=1}^{N} C_{V,i} y_i \,. \qquad (2.48)$$

اسم العنصر	a	$\mathrm{b} \cdot 10^3$	$c \cdot 10^6$
الآزوت	26,380	7,616	-1,444

الأوكسجين	25,670	12,520	-3,375
ثنائي أوكسيد الكربون	28,680	35,727	-10,363
ثنائي أوكسيد الكبريت	33,998	28,576	-8,805
الميتان	14,328	74,72	-17,440
الإيتان	5,757	175,2	-57,890
البروبان	1,717	270,900	-94,550
أيزو البوتان	9,613	345,000	-162,400
نظامي البوتان	18,242	303,800	-92,720
نظامي البنتان	13,147	420,000	-148,900
نظامي الهكسان	30,619	439,000	-135,600
نظامي الهيبتان	22,614	570,600	-204,200

الجدول (2.5)، يبين قيمة الثوابت a, b, c **لبعض العناصر الغازية.**