



3. GAIA: ERREGAI GASEOSOAK

JARDUERA PRAKTIKOAK (EBAZPENA)

Maite de Blas Martín
Aitziber Iriondo Hernández
Blanca M^a Caballero Iglesias

Bilboko Ingeniaritza Eskola
Ingeniaritza Kimikoa eta Ingurumen Ingeniaritza

JARDUERA PRAKTIKOEN EMAITZAK

I) Sukoitasun-mugei buruzko
zenbakizko ariketak

3.1 eta 3.2 ariketak

II) Trukagarritasunari buruzko
zenbakizko ariketak

3.3 eta 3.4 ariketak



Lizentzia publikoan Pixabay
webgunean argitaratutako
irudia [\[1\]](#)

SUKOITASUN-MUGEI BURUZKO ARIKETAK

3.1 ARIKETA. EMAITZA (I)

- a) Goiko zein beheko sukoitasun-mugak (GSM zein BSM) kalkulatzeko, Le Châtelier–Coward formula erabiltzen da:

$$SM = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{\%V_i}{SM_i}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \%V_i = \% i \text{ gasaren bolumena} \\ SM_i = \text{sukoitasun-muga (goikoa edo behekoa, } i \text{ gasarena)} \\ (3.A \text{ taula)} \end{array} \right.$$

Taulako CH_4 eta C_3H_8 konposatuen GSM eta BSM balioak (3.A taula) kontuan hartuz:

$$GSM = \frac{100}{\frac{70}{14,0} + \frac{30}{9,5}} = \% 12,26$$

$$BSM = \frac{100}{\frac{70}{5,3} + \frac{30}{2,37}} = \% 3,87$$

SUKOITASUN-MUGEI BURUZKO ARIKETAK

3.1 ARIKETA. EMAITZA (II)

- b) Aire/erregai proportzioa kalkulatzeko, halaber, Le Châtelier–Coward formula aplikatzen da:

$$SM = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{\%V_i}{SM_i}}$$

Beraz, CH_4 eta C_3H_8 konposatuen balio estekiometrikoak kontuan hartuz (3.A taula):

$$\text{Nashaste estekiometrikoa} = \frac{100}{\frac{70}{9,5} + \frac{30}{4,03}} = \% 6,75$$

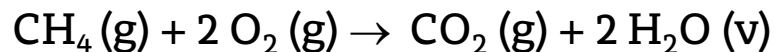
Hortaz, balioa GSM eta BSM balioen artean dago: $\% 2,26 < 6,75 < 3,87$

SUKOITASUN-MUGEI BURUZKO ARIKETAK

3.1 ARIKETA. EMAITZA (III)

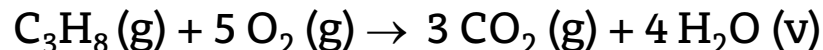
Aire/erregai proportzio estekiometrikoa 1 m³N gas erregai (0,7 m³N CH₄ eta 0,3 m³N C₃H₈) erretzeko beharrezkoa den aire teorikoaren kalkulatik abiatuz lortu daiteke:

CH₄ konposatuaren errektuntza-erreakzio teorikoa:



$$\text{(oxigeno teorikoa)} \quad O_{\text{T}}=0,7 \frac{\text{m}^3\text{N CH}_4}{\text{m}^3\text{N gas}} \frac{2 \text{m}^3\text{N O}_2}{1 \text{m}^3\text{N CH}_4} = 1,40 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N gas}}$$

C₃H₈ konposatuaren errektuntza-erreakzio teorikoa :



$$\text{(oxigeno teorikoa)} \quad O_{\text{T}}=0,30 \frac{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8}{\text{m}^3\text{N gas}} \frac{5 \text{m}^3\text{N O}_2}{1 \text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8} = 1,50 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N gas}}$$

SUKOITASUN-MUGEI BURUZKO ARIKETAK

3.1 ARIKETA. EMAITZA (IV)

$$(1,40 + 1,50) \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{m}^3 \text{N gas}} \cdot \frac{100 \text{ m}^3 \text{N aire}}{21 \text{ m}^3 \text{N O}_2} = 13,81 \frac{\text{m}^3 \text{N aire}}{\text{m}^3 \text{N gas}} \longrightarrow A_T = 13,81 \text{ m}^3 \text{N aire/m}^3 \text{N gas}$$

Beraz, aire/erregai proportzio estekiometrikoa:

$$\frac{\text{Erregaiaren bolumena}}{\text{Erregaiaren bolumena} + \text{Airearen bolumena}}$$

$$\text{Nahaste estekiometrikoa} = \frac{1 \text{ m}^3 \text{N gas}}{13,81 \text{ m}^3 \text{N aire} + 1 \text{ m}^3 \text{N gas}} \cdot 100 = \boxed{\% 6,75}$$

Lortutako bi emaitzak bat datoz: % 6,75

SUKOITASUN-MUGEI BURUZKO ARIKETAK

3.2 ARIKETA. EMAITZA (I)

- a) Goiko zein beheko sukoitasun-mugak (GSM zein BSM) kalkulatzeko, Le Châtelier–Coward formula erabiltzen da:

$$SM = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{\%V_i}{SM_i}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \%V_i = \% i \text{ gasaren bolumena} \\ SM_i = \text{sukoitasun-muga (goikoa edo behekoa, } i \text{ gasarena)} \\ \text{(3.A taula)} \end{array} \right.$$

Taulako CH₄ eta C₂H₆ konposatuen GSM eta BSM balioak (3.A taula) kontuan hartuz:

$$GSM = \frac{100}{\frac{80}{14,0} + \frac{20}{12,5}} = \% 13,67$$

$$BSM = \frac{100}{\frac{80}{5,3} + \frac{20}{3,2}} = \% 4,69$$

SUKOITASUN-MUGEI BURUZKO ARIKETAK

3.2 ARIKETA. EMAITZA (II)

- b) Aire/erregai proportzioa kalkulatzeko, halaber, Le Châtelier–Coward formula aplikatzen da:

$$SM = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{\%V_i}{SM_i}}$$

Beraz, CH_4 eta del C_2H_6 konposatuen balio estekiometrikoak kontuan hartuz (3.A taula):

$$\text{Nashaste estekiometrikoa} = \frac{100}{\frac{80}{9,5} + \frac{20}{5,66}} = \% 8,36$$

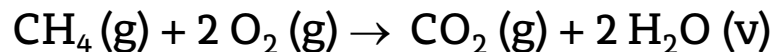
Hortaz, balioa GSM eta BSM balioen artean dago: $\% 13,67 < 8,36 < 4,69$

SUKOITASUN-MUGEI BURUZKO ARIKETAK

3.2 ARIKETA. EMAITZA (III)

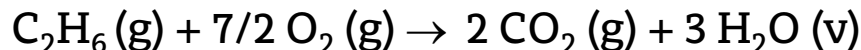
Aire/erregai proportzio estekiometrikoa 1 m³N gas erregai (0,8 m³N CH₄ eta 0,2 m³N C₂H₆) erretzeko beharrezkoa den aire teorikoaren kalkulutik abiatuz lortu daiteke:

CH₄ konposatuaren errektuntza-erreakzio teorikoa:



$$\text{(oxigeno teorikoa)} \quad O_{\text{T}}=0,8 \frac{\text{m}^3\text{N CH}_4}{\text{m}^3\text{N gas}} \frac{2 \text{m}^3\text{N O}_2}{1 \text{m}^3\text{N CH}_4} = 1,60 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N gas}}$$

C₂H₆ konposatuaren errektuntza-erreakzio teorikoa :



$$\text{(oxigeno teorikoa)} \quad O_{\text{T}}=0,20 \frac{\text{m}^3\text{N C}_2\text{H}_6}{\text{m}^3\text{N gas}} \frac{7/2 \text{m}^3\text{N O}_2}{1 \text{m}^3\text{N C}_2\text{H}_6} = 0,70 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N gas}}$$

SUKOITASUN-MUGEI BURUZKO ARIKETAK

3.2 ARIKETA. EMAITZA (IV)

$$(1,60 + 0,70) \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{m}^3 \text{N gas}} \cdot \frac{100 \text{ m}^3 \text{N aire}}{21 \text{ m}^3 \text{N O}_2} = 10,95 \frac{\text{m}^3 \text{N aire}}{\text{m}^3 \text{N gas}} \longrightarrow A_T = 10,95 \text{ m}^3 \text{N aire/m}^3 \text{N gas}$$

Beraz, aire/erregai proportzio estekiometrikoa:

$$\frac{\text{Erregaiaren bolumena}}{\text{Erregaiaren bolumena} + \text{Airearen bolumena}}$$

$$\text{Nahaste estekiometrikoa} = \frac{1 \text{ m}^3 \text{N gas}}{10,95 \text{ m}^3 \text{N aire} + 1 \text{ m}^3 \text{N gas}} \cdot 100 = \boxed{\% 8,37}$$

Lortutako bi emaitzak bat datoz: % 8,37

TRUKAGARRITASUNARI BURUZKO ARIKETAK

3.3 ARIKETA. EMAITZA (I)

Goiko eta beheko Wobbe indizeak kalkulatzeko formula hauek aplikatzen dira:

$$W_s = \frac{GBA}{\sqrt{d}}$$

$$W_i = \frac{BBA}{\sqrt{d}}$$

GBA: goiko berotze-ahalmena
BBA: beheko berotze-ahalmena
d: gasaren dentsitate erlatiboa airearekiko

Gas naturalaren GBA eta BBA kalkulatzeko hurrengo formula aplikatzen da:

$$BA = \sum_{i=1}^n y_i BA_i$$

y_i : i osagaiaren frakzio molarra
 BA_i (GBA edo BBA): i osagaiaren berotze-ahalmena (3.B taula)

$$GBA = 0,95 \cdot 9530 + 0,04 \cdot 16860 + 0,01 \cdot 24350 = 9971,14 \text{ kcal m}^{-3}\text{N}$$

$$BBA = 0,95 \cdot 8570 + 0,04 \cdot 15390 + 0,01 \cdot 22380 = 8980,9 \text{ kcal m}^{-3}\text{N}$$

TRUKAGARRITASUNARI BURUZKO ARIKETAK

3.3 ARIKETA. EMAITZA (II)

CH_4 , C_2H_6 eta C_3H_8 konposatuen dentsitate erlatiboa airearekiko kontuan hartuz (3.C taula):

$$d = 0,95 \cdot 0,554 + 0,04 \cdot 1,046 + 0,01 \cdot 1,547 = 0,58$$

Beraz, Wobbe indizeak:

$$W_s = \frac{9971,14}{\sqrt{0,58}} = 13092,74 \text{ kcal m}^{-3}\text{N}$$

$$W_i = \frac{8980,80}{\sqrt{0,58}} = 11792,37 \text{ kcal m}^{-3}\text{N}$$

3.3 ARIKETA. EMAITZA (III)

Errekuntza-potentziala, C, kalkulatzeko hurrengo formula aplikatzen da:

$$C = \frac{\sum a_m v_m}{\sqrt{d}}$$

C: errekuntza-potentziala
 v_m : gasaren osagai bakoitzaren % bolumenean
 a_m : gas bakoitzaren araberako konstantea (ikus 3.10 taula)
d: gasaren dentsitate erlatiboa airearekiko

CH_4 , C_2H_6 eta C_3H_8 konposatuen a_m konstantearen zein dentsitate erlatiboaren balioak (3.C taula) kontuan hartuz:

$$C = \frac{95 \cdot 0,30 + 4 \cdot 0,75 + 1 \cdot 0,95}{\sqrt{0,95 \cdot 0,554 + 0,04 \cdot 1,046 + 0,01 \cdot 1,547}} = \frac{32,45}{0,76} = \boxed{42,70}$$

TRUKAGARRITASUNARI BURUZKO ARIKETAK

3.4 ARIKETA. EMAITZA (I)

Wobbe indizea (GBAri dagokiona) kalkulatzeko ondoko formula aplikatzen da:

$$W_s = \frac{PCS}{\sqrt{d}}$$

GBA: goiko berotze-ahalmena
d: gasaren dentsitate erlatiboa airearekiko

Gas naturalaren GBA kalkulatzeko hurrengo formula aplikatzen da:

$$BA = \sum_{i=1}^n y_i BA_i$$

y_i : i osagaiaren frakzio molarra
 BA_i (GBA edo BBA): i osagaiaren berotze-ahalmena (3.B taula)

$$GBA = 0,892 \cdot 9530 + 0,082 \cdot 16860 + 0,016 \cdot 24350 + 0,01 \cdot 32060 = 10593,50 \text{ kcal m}^{-3}\text{N}$$

3.4 ARIKETA. EMAITZA (II)

CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 eta C_4H_{10} konposatuen dentsitate erlatiboaren balioak kontuan hartuz (3.C taula):

$$d = 0,892 \cdot 0,554 + 0,082 \cdot 1,046 + 0,016 \cdot 1,547 + 0,01 \cdot 2,071 = 0,63$$

Beraz, Wobbe indizea:

$$W_s = \frac{10593,52}{\sqrt{0,63}} = 13346,60 \text{ kcal m}^{-3}\text{N}$$

TRUKAGARRITASUNARI BURUZKO ARIKETAK

3.4 ARIKETA. EMAITZA (III)

Errekuntza-potentziala, C, kalkulatzeko hurrengo formula aplikatzen da:

$$C = \frac{\sum a_m v_m}{\sqrt{d}}$$

C: errekuntza-potentziala
 v_m : gasaren osagai bakoitzaren % bolumenean
 a_m : gas bakoitzaren araberako konstantea (ikus 3.10 taula)
d: gasaren dentsitate erlatiboa airearekiko

CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 eta C_4H_{10} konposatuen a_m konstantearen zein dentsitate erlatiboaren balioak (3.C taula) kontuan hartuz:

$$C = \frac{89,2 \cdot 0,30 + 8,2 \cdot 0,75 + 1,6 \cdot 0,95 + 1 \cdot 0,30}{\sqrt{0,62}} = \frac{35,43}{0,79} = 44,85$$

TRUKAGARRITASUNARI BURUZKO ARIKETAK

3.4 ARIKETA. EMAITZA (IV)

Gas-sistemaren espezifikazioak betetzen dituela egiaztatzeko GBA eta W_s ezaugarrien unitate-aldaketa kWh-ra egin behar da:

$$GBA = 10593,52 \text{ kcal m}^{-3}\text{N} \cdot \frac{4,18 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^3 \text{ kJ}} = 12,39 \text{ kWh m}^{-3}\text{N}$$

$$W_s = 13346,60 \text{ kcal m}^{-3}\text{N} \cdot \frac{4,18 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^3 \text{ kJ}} = 15,49 \text{ kWh m}^{-3}\text{N}$$

3.D taula kontsultatuz, espero zen moduan, gas naturalak gas-sistemaren espezifikazioak betetzen ditu.