

Solución Problema 1

A una cámara de combustión isobárica operando a 100 kPa entran octano líquido (C_8H_{18}) a $25^\circ C$ y aire a 300 K . En el proceso se usa 130% de aire teórico. El 80% del carbono se quema hasta CO_2 y el remanente se oxida a CO .

Determine:

- Temperatura de rocío de los productos.
- Masa de agua que se condensará por kg de combustible si la temperatura de los productos es $30^\circ C$.
- El poder calorífico inferior del octano.

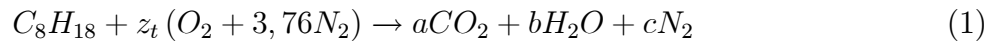
Datos:

Combustible: octano líquido (C_8H_{18}) Condiciones: 100 kPa , $25^\circ C$.

Aire: 100 kPa , 300 K . Se usa 130% de aire teórico.

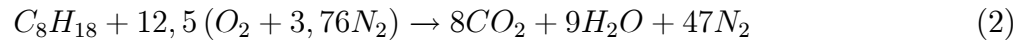
Productos: 80% del carbono se quema hasta CO_2 y el remanente se oxida a CO .

Ecuación Teórica:



Balanceando:

$$\begin{array}{lll} C & : & 8 = a & a = 8 \\ H & : & 18 = 2b & b = 9 \\ O & : & 2z_t = 2a + b & z_t = 12,5 \\ N_2 & : & 3,76z_t = c & c = 47 \end{array}$$

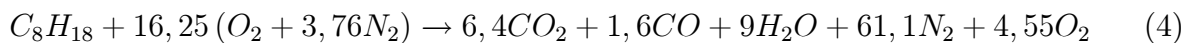


Ecuación Real:



Balanceando:

$$\begin{array}{lll} & & z_r = 1,3z_t & z_r = 16,25 \\ C & : & 8 = a + b & \\ & & a = 0,8 * 8 & a = 6,4 \\ & & b = 0,2 * 8 & b = 1,6 \\ H & : & 18 = 2c & c = 9 \\ O & : & 2z_r = 2a + b + c + 2e & e = 4,55 \\ N_2 & : & 3,76z_r = d & d = 61,1 \end{array}$$



Temperatura de rocío de los productos:

$$\begin{aligned}
\phi &= 1 \\
n_v &= n_{H_2O} = c = 9 \\
y_v &= \frac{n_v}{n_v + n_{ps}} = \frac{9}{9 + 73,65} = 0,108893 \\
P_g &= P_v = y_v P_m = 10,8893 \text{ kPa}
\end{aligned}$$

$$T_{rocío} = T_{sat}(10,8893 \text{ kPa}) = 47,4 \text{ } ^\circ C$$

Masa de agua condensada si los productos están a 30 °C:

$$\begin{aligned}
\phi &= 1 \\
P_v &= P_g = P_{sat}(30 \text{ } ^\circ C) = 4,246 \text{ kPa} \\
y_v &= \frac{P_v}{P_m} = \frac{4,246}{100} = 0,04246 \\
n_v &= \frac{y_v n_{ps}}{1 - y_v} = 3,2658 \\
n_f &= c - n_v = 5,7342
\end{aligned}$$

$$\frac{m_f}{m_{comb}} = \frac{n_f M_{H_2O}}{n_{comb} M_{comb}} = \frac{5,7342 * 18,015}{1 * 114,23} = 0,90433 \text{ kg/kg}$$

Poder calorífico inferior:

$$\begin{aligned}
\bar{q} &= \sum n_p \bar{h}_p - \sum n_r \bar{h}_r \\
\bar{q} &= a * \bar{h}_{f,CO_2}^o + b * \bar{h}_{f,H_2O,g}^o - \bar{h}_{f,C_8H_{18}}^o \\
\bar{q} &= 8(-393520) + 9(-241820) - (-249950) = -5074590
\end{aligned}$$

$$PC_i = -\frac{q}{M_{comb}} = \frac{5074590}{114,23} = 44424,32 \text{ kJ/kg}$$

Solución Problema 2

Un combustible gaseoso compuesto de 50% etano (C_2H_6) y 50% propano (C_3H_8) en volumen, se estrangula desde 300 kPa y 350 K hasta 100 kPa, para alimentar una cámara de combustión, donde experimenta una combustión completa con aire atmosférico, el cual entra a la cámara a 100 kPa, 300 K, 70% de humedad relativa y con una velocidad de 35 m/s. La relación aire-combustible empleada es $R_{ac} = 39,5097$ kg de aire seco/ kg de combustible. Asuma que todos los componentes tienen comportamiento de gas ideal, y que los calores específicos del combustible, pueden considerarse constantes con la temperatura.

Si los productos de la combustión salen de la cámara a 900 K, determínese:

- Porcentaje de aire teórico empleado.
- Calor transferido por kmol de combustible.
- Cambio de entropía neto por kmol de combustible para el proceso (volumen de control indicado en la Figura 1) si la temperatura del medio circundante es 27 °C.

Datos:

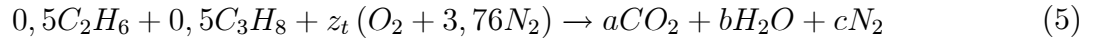
Combustible: 50% etano (C_2H_6) y 50% propano (C_3H_8) en volumen. $P_e = 300$ kPa y $T_e = 350$ K

Aire atmosférico: $P_e = 100$ kPa, $T_e = 300$ K, $\phi_e = 70\%$, $V_e = 35$ m/s.

$R_{ac} = 39,5097$ kg de aire seco/ kg de combustible.

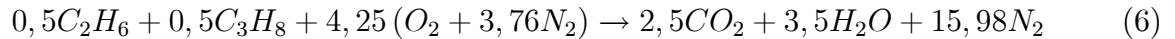
Productos: $T_s = 900$ K.

Ecuación Teórica:



Balanceando:

C	: $0,5 \cdot 2 + 0,5 \cdot 3 = a$	$a = 2,5$
H	: $0,5 \cdot 6 + 0,5 \cdot 8 = 2b$	$b = 3,5$
O	: $2z_t = 2a + b$	$z_t = 4,25$
N_2	: $3,76z_t = c$	$c = 15,98$



Ecuación Real:



$$R_{ac} = 39,5097$$

$$R_{ac} = \frac{137,8972z_r}{M_{comb}}$$

$$M_{comb} = \sum_{k=1}^n y_i M_i = 0,5(30,070)_{C_2H_6} + 0,5(44,097)_{C_3H_8} = 37,0835$$

$$z_r = \frac{R_{ac} M_{comb}}{137,8972} = 10,625 \frac{kmol_{O_2}}{kmol_{comb}}$$

a) Porcentaje de aire teórico empleado:

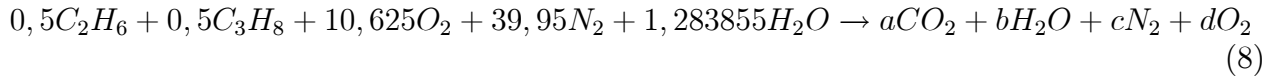
$$\boxed{\%A_t = \frac{100z_r}{z_t} = \frac{100 \cdot 10,625}{4,25} = 250}$$

$$P_g = P_{sat}(300 \text{ K}) = P_{sat}(26,85 \text{ }^\circ\text{C}) = 3,5334 \text{ kPa}$$

$$P_v = \phi P_g = 0,7 \cdot 3,5334 \text{ kPa} = 2,47338 \text{ kPa}$$

$$\omega = \frac{0,622 P_v}{P_m - P_v} = 0,0157746$$

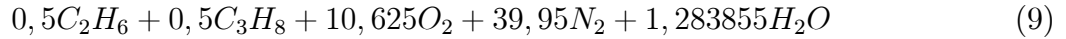
$$7,66\omega = 0,1208334 \frac{\text{kmol}_{H_2O}}{\text{kmol}_{O_2}}$$



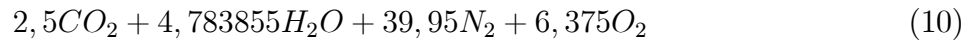
Balanceando:

	$R_{ac} = 39,5097$	$\rightarrow$	$z_r = 10,625$
C	$: 0,5 \cdot 2 + 0,5 \cdot 3 = a$		$a = 2,5$
H	$: 0,5 \cdot 6 + 0,5 \cdot 8 + 1,283855 \cdot 2 = 2b$		$b = 4,783855$
O	$: 2 \cdot 10,625 + 1,283855 = 2a + b + 2d$		$d = 6,375$
N_2	$: 39,95 = c$		$c = 39,95$

Reactivos:



Productos:

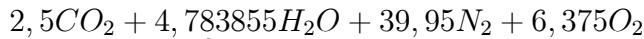


b) Calor transferido por kmol de combustible (temperatura de los productos es 900 K):

$$\bar{q} = \sum n_p \left(\bar{h}_p + \frac{\mathcal{V}_p^2 M_{p,i}}{2000} \right) - \sum n_r \left(\bar{h}_r + \frac{\mathcal{V}_r^2 M_{r,i}}{2000} \right)$$

Usando la ecuación real:

Productos:



$$\sum n_p \left(\bar{h}_p + \frac{\mathcal{V}_p^2 M_{p,i}}{2000} \right) : \text{Considerando } \mathcal{V}_p = 0$$

$$2,5 (\bar{h}_f^\circ + \Delta \bar{h}_{900K})_{CO_2} + 4,783855 (\bar{h}_{f,g}^\circ + \Delta \bar{h}_{900K})_{H_2O} + 39,95 * \Delta \bar{h}_{N_2,900K} + 6,375 * \Delta \bar{h}_{O_2,900K}$$

PRODUCTOS	CO_2	H_2O	N_2	O_2	Σ
n_i	2, 5	4, 783855	39, 95	6, 375	53, 3033855
$y_i = \frac{n_i}{n_{ps}}$	0, 046901	0, 084017	0, 749483	0, 119598	1, 000
h_f^o	-393522	-241827	0	0	
Δh_{900K}	28041	21924	18221	19246	
$h_f^o + \Delta h_{900K}$	-365481	-219903	18221	19246	
$n_i (h_f^o + \Delta h_{900K})$	-913.702, 50	-1.051.984, 10	727.928, 95	122.693, 25	-1.115.064, 37
$\bar{s}_{900K}^o$	263, 668	228, 430	224, 757	239, 936	
$\bar{R} \ln \left(\frac{y_i 100}{100} \right)$	-25, 4395	-20, 5924	-2, 3976	-17, 6565	
$\bar{s}_{900K}^o - \bar{R} \ln (y_i)$	289, 1075	249, 0224	227, 1546	257, 5925	
$n_i [\bar{s}_{900K}^o - \bar{R} \ln (y_i)]$	722, 7687	1.191, 2872	9.074, 8269	1.642, 1520	12.631, 0347

Reactivos: Considerando $\mathcal{V}_{comb} = 0$ y $\mathcal{V}_{aire} = 35 \text{ m/s}$.

$$\sum n_r \left(\bar{h}_r + \frac{\mathcal{V}_r^2 M_{r,i}}{2000} \right) :$$

Combustible: $0,5 (\bar{h}_f^o + \Delta \bar{h}_{350K})_{C_2H_6} + 0,5 (\bar{h}_f^o + \Delta \bar{h}_{350K})_{C_3H_8}$

COMBUSTIBLE	C_2H_6	C_3H_8	Σ
$n_i = y_i$	0, 5	0, 5	1, 0
M_i	30, 070	44, 097	
$C_{p,i}$	1, 7662	1, 6794	
$\bar{C}_{p,i}$	53, 1096	74, 0565	
h_f^o	-84.680	-103.850	
$\Delta h_{350K} = \bar{C}_p (T - T_{ref})$	2.753, 7328	3.839, 8295	
$h_f^o + \Delta h_{350K}$	-81.926, 2672	-100.010, 1705	
$n_i (h_f^o + \Delta h_{350K})$	-40.963, 1336	-50.005, 0853	-90.968, 2189
$\bar{s}_{298K}^o$	229, 49	269, 91	
$\Delta \bar{s}_{(298K \rightarrow 350K)}^o = \bar{C}_p \ln \left(\frac{350}{298} \right)$	8, 5421	11, 9112	
$\bar{R} \ln \left(\frac{y_i 300}{100} \right)$	3, 3712	3, 3712	
$\bar{s}_{300K}^o + \Delta \bar{s}_{(298K \rightarrow 350K)}^o - \bar{R} \ln (3y_i)$	234, 6609	278, 45	
$n_i [\bar{s}_{300K}^o + \Delta \bar{s}_{(298K \rightarrow 350K)}^o - \bar{R} \ln (3y_i)]$	117, 33045	139, 225	256, 55545

Aire: $10,625 \Delta \bar{h}_{O_2,300} + 39,95 \Delta \bar{h}_{N_2,300K} + 1,283855 (\bar{h}_{f,g}^o + \Delta \bar{h}_{300K})_{H_2O} + \frac{n_{aire \text{ atm}} M_{aire \text{ atm}} \mathcal{V}_{aire \text{ atm}}^2}{2000}$

AIRE	O_2	N_2	H_2O	Σ
n_i	10,625	39,95	1,283855	
$y_i = \frac{n_i}{n_m}$	0,204883	0,77036	0,02476	1,0000
M_i	31,999	28,013	18,015	
$y_i M_i$	6,55605	21,5801	0,44599	
h_f°	0	0	-241.827	
Δh_{300K}	54	54	63	
$h_f^\circ + \Delta h_{300K}$	54	54	-241.764	
$n_i (h_f^\circ + \Delta h_{300K})$	573,75	2.157,30	-310.389,92	-307.658,87
$\bar{s}_{300K}^\circ$	205,322	191,791	189,038	
$\bar{R} \ln \left(\frac{y_i 100}{100} \right)$	-13.18086	-2.16919	-30.75080	
$\bar{s}_{300K}^\circ - \bar{R} \ln (y_i)$	218,50286	193,96019	219,7888	
$n_i [\bar{s}_{300K}^\circ - \bar{R} \ln (y_i)]$	2.321,5929	7.748,7096	282,1769	10.352,4794

$$\frac{n_{aire\ atm} M_{aire\ atm} \mathcal{V}_{aire\ atm}^2}{2000} = \frac{51,858855 \cdot 28,58215 \cdot 35^2}{2000} = 907,87$$

Calor transferido:

$$\bar{q} = -1.115.064,37 - (-90.968,2189 - 307.658,87 + 907,87)$$

$$\boxed{\bar{q} = -717.345,15 \text{ kJ/kmol}_{comb}}$$

c) Cambio de entropía neto por kmol de combustible:

$$T_o = 27^\circ C = 300 \text{ K}.$$

$$\bar{s}_U = \sum n_p \bar{s}_p - \sum n_r \bar{s}_r - \frac{\bar{q}}{T_o}$$

$$\bar{s}_U = 12.631,0347 - (256,55545 + 10.352,4794) - \frac{(-717.345,15)}{300}$$

$$\boxed{\bar{s}_U = 4.413,15035 \text{ kJ}/(K \cdot \text{kmol}_{comb})}$$