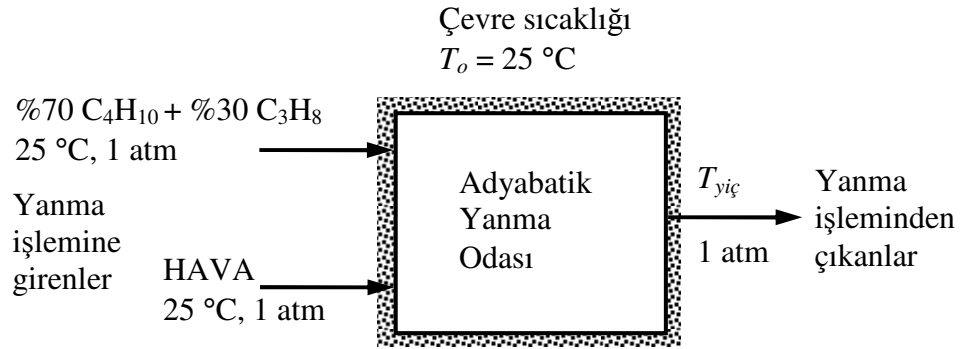


## MAK 411 Yanma Teorisi Genel Sınav Soruları:

- 1) Hacimsel olarak %70 Bütan ( $C_4H_{10}$ ) ve %30 Propan ( $C_3H_8$ ) gazından oluşan gaz yakıt (LPG), sürekli akışlı adyabatik bir yanma odasında yüzde 110 teorik hava (%10 fazla hava) ile **tam** yakılmaktadır. Yanma 1 atm basınç altında gerçekleşmektedir. Buna göre,
- Hava yakıt oranını bulunuz. (10 puan)
  - Yanma işleminden çıkan gazların sıcaklığını hesaplayınız. (30 puan)
  - Duman gazı içindeki su buharının çığ noktası sıcaklığını bulunuz. (10 puan)



- 2)  $25\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık ve 1 atmosfer basınç altındaki 1 kmol  $H_2$ , aynı haldeki 0.5 kmol  $O_2$  ile sürekli akışlı bir açık sistemde yanmaktadır. Yanma işleminde oluşan  $H_2O$ , daha sonra çevre koşulları olan  $25\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık ve 1 atmosfer basınçta getirilmektedir. Yanmanın tam olduğunu kabul ederek, yanma işlemi için tersinir işi ve tersinmezliği hesaplayınız. (30 puan)
- 3)  $25\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık ve 1 atmosfer basınçta  $CH_4 + 2O_2 \rightleftharpoons CO_2 + 2H_2O$  reaksiyonu için denge sabiti  $K_p$ 'yi hesaplayınız. (10 puan)
- 4) 1 mol  $H_2O$ , 2 mol  $O_2$  ve 5 mol  $N_2$ 'den oluşan bir karışım, 2 atmosfer basınçta 4000 K sıcaklığa ısıtılmaktadır. Denge halinde karışımda  $H_2O$ ,  $O_2$ , ve  $N_2$  ve  $H_2$  bulunduğunu kabul ederek, karışımın mol miktarlarını hesaplayınız. (10 puan)

**NOT:** Kullanılan formül ve tabloların alındığı kitap adı ile numaraları tam olarak belirtilmelidir.

Cevaplar

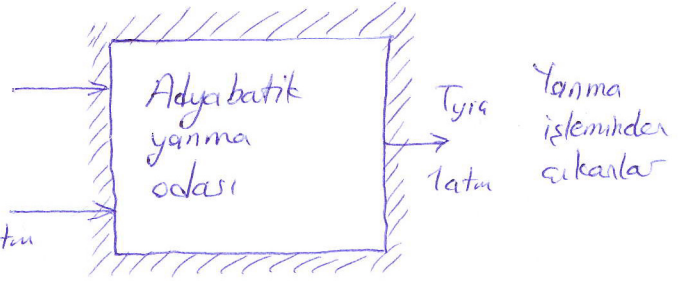
1)

%110 Teorik hava  
tam yanma

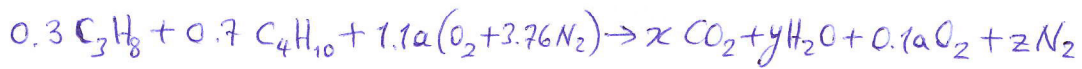
- a)  $HY = ?$   
b)  $T_{yig} = ?$   
c) Duman gazı çıkış noktası sıcaklığı?

(LPG)  
%70  $C_4H_{10}$   
%30  $C_3H_8$   
25°C, 1atm

HAVA  
25°C, 1atm



b)



C Dengesi:  $0.3 \cdot 3 + 0.7 \cdot 4 = x \Rightarrow x = 3.7$

H Dengesi:  $0.3 \cdot 8 + 0.7 \cdot 10 = 2y \Rightarrow 2y = 9.4 \Rightarrow y = 4.7$

O Dengesi:  $1.1a \cdot 2 = 2x + y + 0.1a \cdot 2 \Rightarrow 2.2a - 0.2a = 2 \cdot 3.7 + 4.7 \Rightarrow 2a = 12.1$

$N_2$  Dengesi:  $1.1 \cdot 6.05 \cdot 3.76 = z \Rightarrow z = 25.0228$

$a = 6.05$

Adyabatik yanma odası için:

$$H_{yig} = H_{yig}$$

$$\sum n_f (\bar{h}_f^\circ + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_f = \sum n_g (\bar{h}_g^\circ + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_g$$

Girenler 25°C'de (298 K'de) olduklarından  $(\bar{h} - \bar{h}^\circ) = 0$  olur. Dolayısıyla yalnız  $\bar{h}_f^\circ$  hesaba girer.

madde	$\bar{h}_f^\circ$ kJ/kmol	$\bar{h}_{298K}^\circ$ kJ/kmol	1. Derece $T = 2400 K$ için entalpiler	2. Derece $T = 2300 K$ için entalpi değerleri	Tablo No ve Sayfa No:
$C_3H_8$ (gaz)	-103850	Gerekmiyor.			
$C_4H_{10}$ (gaz)	-126150	Gerekmiyor.			
$O_2$	0	8682	83174	79316	A-19
$N_2$	0	8669	79320	75676	A-18
$H_2O$ (gaz)	-241820	9904	103508	98199	A-23
$CO_2$	-393520	9364	125152	119035	A-20

$$3.7(-393520 + \bar{h}_{CO_2} - 9364)_{CO_2} + 4.7(-241820 + \bar{h}_{H_2O} - 9904)_{H_2O} + 0.605(\bar{h}_{O_2} - 8682)_{O_2} + 25.0228(\bar{h}_{N_2} - 8669)_{N_2} = 0.3(-103850)_{C_3H_8} + 0.7(-126150)_{C_4H_{10}} + 6.655(0.376 \cdot 0)$$

$$3.7 \bar{h}_{CO_2} - 1490671 + 4.7 \bar{h}_{H_2O} - 1183103 + 0.605 \bar{h}_{O_2} - 5253 + 25.0228 \bar{h}_{N_2} - 216923 = -31155 - 88305$$

$$3.7 \bar{h}_{CO_2} + 4.7 \bar{h}_{H_2O} + 0.605 \bar{h}_{O_2} + 25.0228 \bar{h}_{N_2} = 2895950 - 119460 = 2776490$$

$$\text{Toplam mol sayısı: } 3.7 + 4.7 + 0.605 + 25.0228 = 34.0278 \approx 34$$

Yanma ürünlerinin tamamı  $N_2$  gibi düşünülerek  $N_2$  için entalpi değerinden hareket edilerek ilk denenecek sıcaklık tespit edilir:

$$\bar{h}_{N_2} = \frac{2776490}{34} = 81661 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \Rightarrow T \approx 2450 \text{ K'e karşılık gelmektedir.}$$

\* 1. Deneme için  $T = 2400 \text{ K}$  alınabilir: (2400 K için entalpi değerleri 1. sayfadaki tabloya yazıldı.)

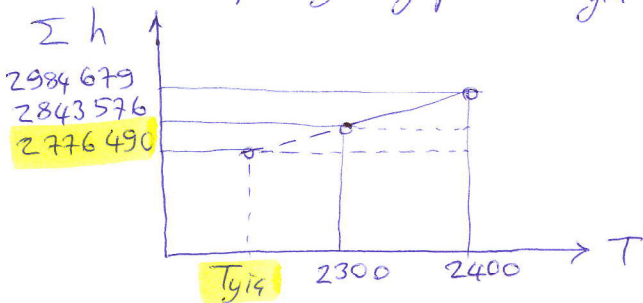
$$\underbrace{3.7(125152)}_{463062} + \underbrace{4.7(103508)}_{486488} + \underbrace{0.605(83174)}_{50320} + \underbrace{25.0228(79320)}_{1984808} = 2984679 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$$

$2984679 > 2776490$  olduğundan daha küçük bir sıcaklık değeri ile deneme yapılmalıdır.

\* 2. Deneme için  $T = 2300 \text{ K}$  alındı. (Entalpi değerleri 1. sayfadaki tabloya yazıldı.)

$$\underbrace{3.7(119035)}_{440430} + \underbrace{4.7(98199)}_{461535} + \underbrace{0.605(79316)}_{47986} + \underbrace{25.0228(75676)}_{1893625} = 2843576 < 2776490$$

Ekstrapolasyon yapılarak  $T_{yiq}$  değeri bulunabilir:



$$\frac{T_{yiq} - 2300}{2843576 - 2776490} = \frac{2300 - 2400}{2984679 - 2843576}$$

$$T_{yiq} - 2300 = \frac{-100(67086)}{141103} = -\frac{6708600}{141103} = -47.54$$

$$T_{yiq} = 2300 - 47.54 \Rightarrow T_{yiq} = 2252.5 \text{ K}$$

$$T_{yiq} = 1979.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

c) Yanma sonu ürünlerinin cisim noktası sıcaklığı  $T_{cn} = ?$

$$P_g = \left( \frac{n_g}{n_{yiq}} \right) (P_{yiq}) = \frac{4.7}{3.7 + 4.7 + 0.605 + 25.0228} \cdot (101.325) = \frac{4.7}{34.03} (101.325)$$

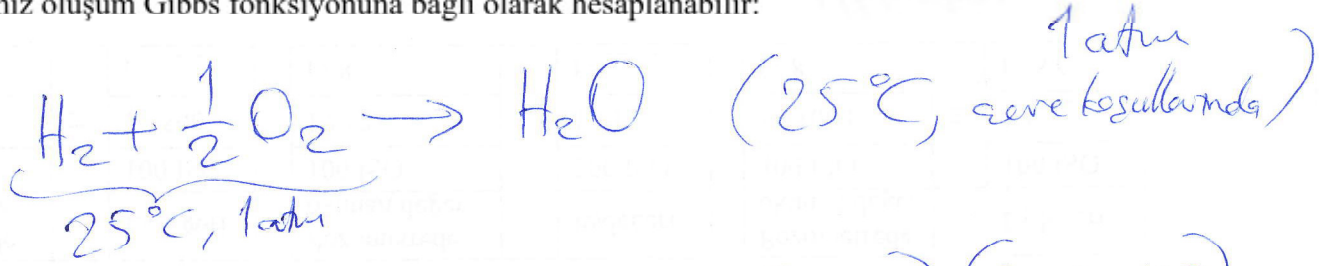
$$P_g = 13.99 \text{ kPa} \quad P_g \approx 14 \text{ kPa} \Rightarrow T_{cn} = T_{doyma, 14 \text{ kPa}} = 52.34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$a) \quad HY = \frac{m_{hava}}{m_{yakıt}} = \frac{1.1 \times 6.05 \times 28.97 \times 4.76}{0.3 \times 44.097 + 0.7 \times 58.124} = \frac{917.7059}{13.2291 + 40.6868} = \frac{917.7059}{53.9159}$$

$$HY = 17.02 \frac{\text{kg hava}}{\text{kg yakıt}}$$

2)

Yanma işlemine giren ve çıkan maddeler  $25^\circ\text{C}$  ve  $1\text{ atm}$  koşullarında olduğundan, tersinir iş yalnız oluşum Gibbs fonksiyonuna bağlı olarak hesaplanabilir:



$$W_{tr} = \sum n_g \bar{g}_{og} - \sum n_a \bar{g}_{og} \quad (14.24) \text{ (Sayfa 685)}$$

$$W_{tr} = \sum n_g (\bar{g}_f^\circ + \bar{g}_{T_0} - \bar{g}^\circ)_g - \sum n_a (\bar{g}_f^\circ + \bar{g}_{T_0} - \bar{g}^\circ)_a \quad (14.25)$$

Çünkü  $\text{H}_2$  ve  $\text{O}_2$  için  $25^\circ\text{C}$ ,  $1\text{atm}$  de Gibbs oluşum fonksiyonları sıfırdır.

$$W_{tr} = n_{\text{H}_2} \bar{g}_{f, \text{H}_2}^\circ + n_{\text{O}_2} \bar{g}_{f, \text{O}_2}^\circ - n_{\text{H}_2\text{O}} \bar{g}_{f, \text{H}_2\text{O}}^\circ$$

$$= -n_{\text{H}_2\text{O}} \bar{g}_{f, \text{H}_2\text{O}}^\circ$$

$$\bar{g}_{f, \text{H}_2\text{O}}^\circ = -237180 \text{ kJ/kmol}$$

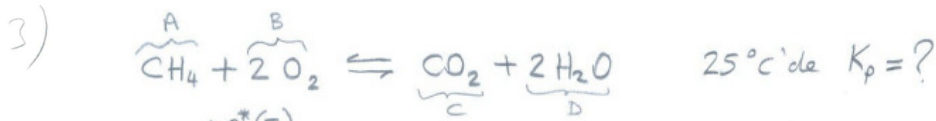
(Tablo A-26  
H<sub>2</sub>O (sıvı)  
için  
Sayfa 832)

$$W_{tr} = (-1)(-237180) = 237180 \text{ kJ/kmol}$$

$$W_{tr} = 237180 \text{ kJ}$$

Sistemde gerçek iş olmadığı için tersinmezlik ve tersinir iş birbirine eşittir.

$$I = T_0 S_{\text{üretim}} \equiv W_{tr} = 237180 \text{ kJ}$$



$$K_p = e^{-\frac{\Delta G^*(T)}{R_u T}} \quad \Delta G^*(T) = \gamma_c \bar{g}_c^*(T) + \gamma_d \bar{g}_d^*(T) - \gamma_A \bar{g}_A^*(T) - \gamma_B \bar{g}_B^*(T)$$

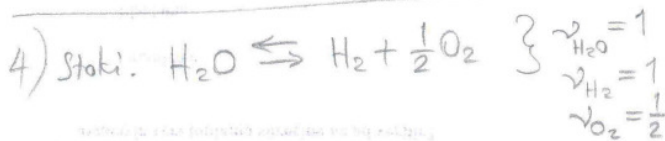
$$\begin{aligned} \bar{g}_c^* &= -394360 \text{ kJ/kmol} & \bar{g}_A^* &= -50790 \text{ kJ/kmol} \\ \bar{g}_d^* &= -228590 \text{ "} & \bar{g}_B^* &= 0 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{Tablo A-26} \\ \text{Sayfa 832} \end{array} \right\}$$

$$\Delta G^*(T) = 1(-394360) + 2(-228590) - 1(-50790) - 2(0) = -800750 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$$

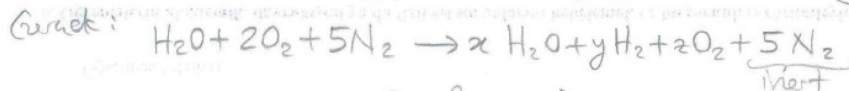
$$\ln K_p = -\frac{\Delta G^*(T)}{R_u \cdot T} = -\frac{-800750}{8,314 \cdot 298} = 323,1995 \quad \boxed{\ln K_p \approx 323,2}$$

$$\boxed{K_p = e^{323,2} = 1,96 \times 10^{140}}$$

NOT: Hesap makinaları bu hesabı yapamayabilir. Sınavda  $\ln K_p$ 'yi bulmak yeterlidir.



1 H<sub>2</sub>O  
2 O<sub>2</sub>  
5 N<sub>2</sub>  
4000 K  
2 atm



H dengesi:  $2 = 2x + 2y \Rightarrow y = 1 - x$

O dengesi:  $5 = x + 2z \Rightarrow z = 2,5 - 0,5x$

$$K_p = \frac{N_{\text{H}_2}^{\nu_{\text{H}_2}} N_{\text{O}_2}^{\nu_{\text{O}_2}}}{N_{\text{H}_2\text{O}}^{\nu_{\text{H}_2\text{O}}}} \left( \frac{P}{N_{\text{toplam}}} \right)^{\nu_{\text{H}_2} + \nu_{\text{O}_2} - \nu_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{y \cdot z^{0,5}}{x} \left( \frac{P}{N_{\text{top}}} \right)^{1+0,5-1}$$

4000 K için  $K_p = 0,5816$   
 $\ln K_p = -0,542$   
 $0,5816 = \frac{(1-x)(2,5-0,5x)^{0,5}}{x} \left( \frac{2}{8,5-0,5x} \right)^{0,5}$   $\left. \begin{array}{l} \text{Buradan } x \\ \text{bulunur.} \\ \text{Sonra } y \text{ ve } z \\ \text{hesaplanır.} \end{array} \right\}$