

MAK 411 Yanma Teorisi Genel Sınav Soruları

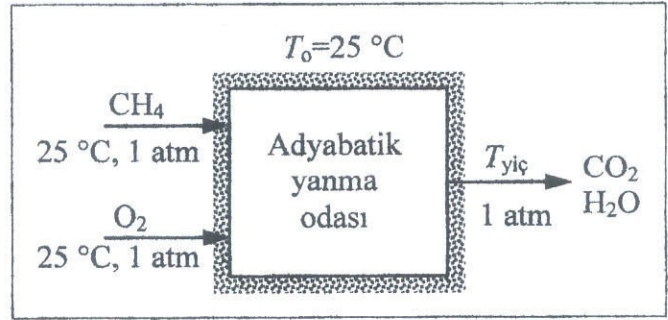
1) Kapalı otoparklara LPG'li taşıtların alınmamasının nedeni nedir? (10 puan)

2) Bir yanma odasına 25 °C sıcaklık ve 1 atm basınçta giren karbon (C), yanma odasına aynı basınç ve sıcaklıkta giren yüzde 105 teorik hava (hava fazlalık katsayısı 1.05) ile yanmaktadır (yandaki şekil). Kinetik ve potansiyel enerji değişimlerini ihmal ederek bu yanma işlemi için adyabatik alev sıcaklığını hesaplayınız. (30 puan)



3) Metan gazı (CH₄), sürekli akışlı adyabatik bir yanma odasında stokiometrik miktarda oksijen (O₂) ile tam yanmakta olup çevre sıcaklığı 25 °C'dir. Buna göre,

- Yanma sonu ürünlerinin sıcaklığını, (10 puan)
- Bu işlem sırasında entropi üretimini ve (10 puan)
- Sistemin tersinir işini hesaplayınız. (10 puan)



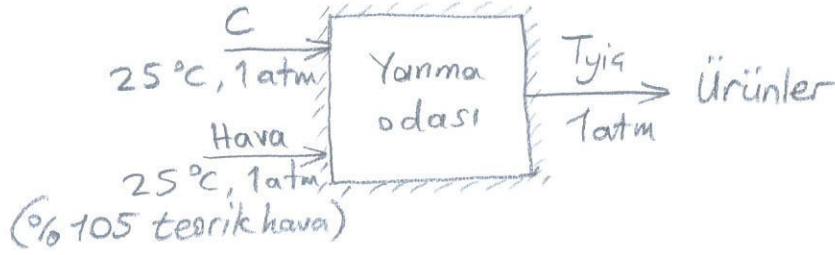
4) 25 °C sıcaklıkta, $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ reaksiyonu için denge sabiti K_p 'yi hesaplayınız. (15 puan)

5) 2 kmol CO₂ ve 1 kmol O₂'den oluşan bir karışım, 2 atmosfer basınçta 3400 K sıcaklığa ısıtılmaktadır. Denge halinde karışımında CO₂, CO, O₂ ve O bulunduğunu kabul ederek, karışımın mol miktarlarını hesaplayınız. (15 puan)

NOT: Kullanılan formül ve tabloların numaraları ile alınan değerler açıkça belirtilmelidir.

Mustafa Eyriboyun

2)



O Dengesi: $1,05 a \cdot 2 = 2 + 2 \cdot 0,05 a$

$$2(1,05 - 0,05)a = 2$$

$$2a = 2 \Rightarrow \boxed{a=1}$$



Adyabatik alev sıcaklığı için:

$$H_{yiq} = H_{yig} \text{ olmalıdır.}$$

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

Yanma işlemine girenlerin hepsi standart referans halindedir.

O_2 ve N_2 için $\bar{h}_f^\circ = 0$ ve $25^\circ C + 273 = 298 K$ için değerler:

madde	\bar{h}_f° kJ/kmol	\bar{h}_{298K} kJ/kmol
C (katı)	0	GEREKMIYOR
O_2	0	8682
N_2	0	8669
CO_2	-393520	9364

Girenler için
 $(\bar{h} - \bar{h}^\circ) = 0$ olur
standart referans
halinde oldukları için.

$$(-393520 + \bar{h} - 9364)_{CO_2} + 0,05 (0 + \bar{h} - 8682)_{O_2} + 3,948 (0 + \bar{h} - 8669)_{N_2}$$

$$= (0 + 0 - 0)_C + 1,05 (0 + 0 - 0)_{O_2} + 3,948 (0 + 0 - 0)_{N_2}$$

$$= 0$$

$$\bar{h}_{CO_2} - 402884 + 0,05 \bar{h}_{O_2} - 434,1 + 3,948 \bar{h}_{N_2} - 34225,2 = 0$$

$$\bar{h}_{CO_2} + 0,05 \bar{h}_{O_2} + 3,948 \bar{h}_{N_2} = 437543,3 \quad - \textcircled{A}$$

$h = h(T)$ olduğundan (Entalpi yalnız sıcaklığa bağlı olduğundan) değişik sıcaklık değerleri için entalpiler yerine konarak denklik sağlanmaya çalışılır.

İlk deneme için :

$$\frac{437543,3}{1+0,05+3,948} = 87543,68 \quad \left. \begin{array}{l} N_2 \text{ için } \sim 2625 \text{ K} \\ O_2 \text{ için } \sim 2500 \text{ K} \\ CO_2 \text{ için } \sim 1780 \text{ K} \end{array} \right\}$$

Denkliği sağlayacak olan sıcaklık 2625K'den daha düşük olmalıdır :

$$T = 2550 \text{ K için}$$

$$\bar{h}_{CO_2} = 134368 \text{ kJ/kmol}$$

$$\bar{h}_{O_2} = 89004 \text{ kJ/kmol}$$

$$\bar{h}_{N_2} = 84814 \text{ kJ/kmol}$$

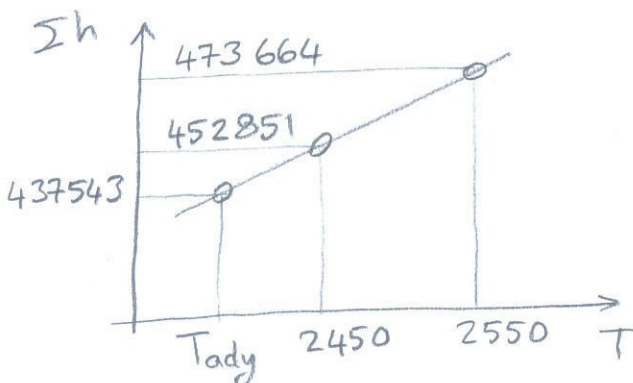
Bu değerleri \textcircled{A} 'da yerine koyarsak :

$$134368 + 0,05 \cdot 89004 + 3,948 \cdot 84814 = 473663,87 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$$

$$473663,87 \neq 437543,3$$

$$T = 2450 \text{ K için : } \bar{h}_{CO_2} = 128219 \text{ kJ/kmol} \quad \bar{h}_{O_2} = 85112, \quad \bar{h}_{N_2} = 81149$$

$$128219 + 0,05 \cdot 85112 + 3,948 \cdot 81149 = 452850,85$$



$$\frac{T_{ady} - 2550}{437543 - 473664} = \frac{2450 - 2550}{452851 - 473664}$$

$$\frac{T_{ady} - 2550}{-36121} = \frac{-100}{-20813}$$

$$T_{ady} = 2550 - \frac{3612100}{20813} = 2076,45$$

$$T_{ady} \approx 2076 \text{ K}$$

3) a) $T_{yis} = ?$



Burada istenen T_{yis} da adyabatik davar sıcaklığı olmaktadır. Aıklamalar 2. soruda olduğu gibidir. Burada yalnız hesaplar yapılacaktır. (Ayrıca örnek 14.10'deki değerleri kullanabiliriz.)

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

$$\begin{aligned} & [-393520 + \bar{h}_{\text{CO}_2} - 9364]_{\text{CO}_2} + 2 [-241820 + \bar{h}_{\text{H}_2\text{O}} - 9904]_{\text{H}_2\text{O}} = \\ & = (-74850)_{\text{CH}_4} + (0)_{\text{O}_2} \end{aligned}$$

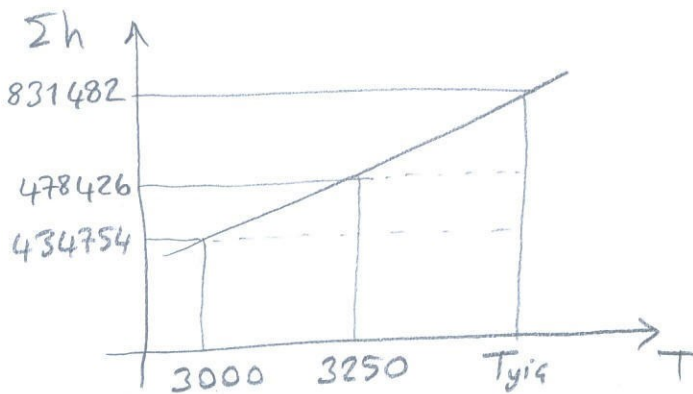
$$\bar{h}_{\text{CO}_2} + 2\bar{h}_{\text{H}_2\text{O}} = 906332 - 74850 = 831482$$

Tablodaki en büyük değer $T = 3200 \text{ K}$ için:

$$177882 + 2 \cdot 150272 = 478426 \text{ kJ/kmol} < 831482 \text{ kJ/kmol}$$

$T = 3000 \text{ K}$ için

$$162226 + 2 \cdot 136264 = 434754 \text{ kJ/kmol}$$



$$\frac{T_{yis} - 3250}{831482 - 478426} = \frac{3250 - 3000}{478426 - 434754}$$

$$\frac{T_{yis} - 3250}{353056} = \frac{250}{43672}$$

$$T_{yis} = 3250 + \frac{353056 \cdot 250}{43672}$$

$$T_{yis} = 3250 + 2021 = 5271 \text{ K}$$

$$T_{yis} \approx 5271 \text{ K}$$

3-b)

Tablodan okuma kolaylığı için 3250 K için hesaplar yapılacaktır.

$$\text{Süretim} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{çevre}} \quad \text{Adyabatik : } \Delta S_{\text{çevre}} = 0$$

$$\text{Süretim} = \Delta S_{\text{sistem}} = S_{yığ} - S_{yig} = \sum n_f \bar{S}_f - \sum n_g \bar{S}_g$$

Yanma odasına giren ve yanma işleminden çıkan gazlar 1 atm basınçta. Karışınların entropileri, kısmi basınçlarına bağlı olarak hesaplanmalıdır.

$$P_i = y_i P, \quad S_i = n_i \bar{S}_i(T, P) = n_i \left[\bar{S}_i^\circ(T, P_0) - R_u \ln y_i P \right]$$

$$R_u = 8,314 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

	n_i	y_i	$\bar{S}_i^\circ(T, 1 \text{ atm})$	$-R_u \ln y_i P$	$n_i \bar{S}_i$
CH ₄	1	1	186,16	$-8,314 \cdot \ln 1 \cdot 1 = 0$	186,16
O ₂	2	1	205,04	$-8,314 \cdot \ln 1 \cdot 1 = 0$	410,08
				$S_{yig} =$	596,24
CO ₂	1	0,3333	302,517	$-8,314 \cdot \ln 0,3333 \cdot 1 = 9,1347$	311,65
H ₂ O	2	0,6667	258,957	$-8,314 \cdot \ln 0,6667 \cdot 1 = 3,3706$	524,66
				$S_{yığ} =$	836,31

H₂O için hesap örneği : $S_i = 2 \left[258,957 - 8,314 \cdot \ln 0,6667 \cdot 1 \right]$

$$S_i = 524,6552 \approx 524,66 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K}$$

$$\text{Süretim} = S_{yığ} - S_{yig} = (836,31 - 596,24) = 240,07 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$$

$$\text{Süretim} \approx 240 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \text{ CH}_4$$

c) Bu sistemde iş yapılmadığından tersinir iş ve tersinmezlik birbirine eşittir.

$$\text{Tersinmezlik} \quad I = T_0 \cdot \text{Süretim} = 298 \cdot 240 = 71520 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol CH}_4}$$

$$W_{tr} = 71520 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol CH}_4}$$



$$K_p = e^{-\frac{\Delta G^*(T)}{R_u T}}$$

$$\Delta G^*(T) = \gamma_C \bar{g}_C^*(T) + \gamma_D \bar{g}_D^*(T) - \gamma_A \bar{g}_A^*(T) - \gamma_B \bar{g}_B^*(T)$$

$$\bar{g}_C^* = -394360 \text{ kJ/kmol}$$

$$\bar{g}_A^* = -50790 \text{ kJ/kmol}$$

Tablo A-26
Sayfa 832

$$\bar{g}_D^* = -228590 \text{ "}$$

$$\bar{g}_B^* = 0$$

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

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

$$\ln K_p \approx 323,2$$

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

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

5)

$$\begin{matrix} \text{CO}_2, \text{CO}, \text{O}_2, \text{O} \\ 3400\text{K} \\ 2 \text{ atm} \end{matrix}$$



C Dengeni: $2 = x + y$ — (A)

O₂ Dengeni: $6 = 2x + y + 2z + w$ — (B)

4 Bileşen, 2 element $\therefore 4 - 2 = 2$ Denge sabiti denklemlerine ihtiyac var.



Reaksiyon 1 $\Rightarrow \ln K_{p1} = 0,169$ } Tablo A-28

Reaksiyon 2 $\Rightarrow \ln K_{p2} = -1,935$ } Sayfa 834



1,841

$$K_{p1} = \frac{N_{\text{CO}}^{\gamma_{\text{CO}}} N_{\text{O}_2}^{\gamma_{\text{O}_2}}}{N_{\text{CO}_2}^{\gamma_{\text{CO}_2}}} \left(\frac{P}{N_{\text{toplani}}} \right)^{(\gamma_{\text{CO}} + \gamma_{\text{O}_2} - \gamma_{\text{CO}_2})}$$

$$\Rightarrow 1,841 = \frac{(y)(z)^{1/2}}{x} \left(\frac{2}{x+y+z+w} \right)^{1/2} \text{ — (C)}$$

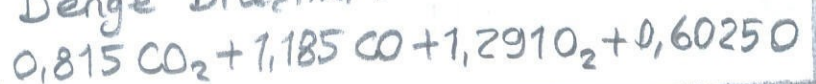
$$K_{p2} = \frac{N_{\text{O}}^{\gamma_{\text{O}}}}{N_{\text{O}_2}^{\gamma_{\text{O}_2}}} \left(\frac{P}{N_{\text{toplani}}} \right)^{(\gamma_{\text{O}} - \gamma_{\text{O}_2})}$$

$$\Rightarrow 0,1444 = \frac{w^2}{z} \left(\frac{2}{x+y+z+w} \right)^{(2-1)} \text{ — (D)}$$

(A), (B), (C) ve (D) denklemlerinin ortak çözümünden:

$$\begin{matrix} x = 0,815 & z = 1,291 \\ y = 1,185 & w = 0,6025 \end{matrix}$$

Denge bileşimi:





EES Equations Window

```
x+y=2
2*x+y+2*z+w=6
((y*sqrt(z))/x)*sqrt(2/(x+y+z+w))=1.1841
((w^2)/z)*(2/(x+y+z+w))=0.1444
```

EES Formatted Equations

$$x + y = 2$$

$$2 \cdot x + y + 2 \cdot z + w = 6$$

$$\frac{y \cdot \sqrt{z}}{x} \cdot \left[\sqrt{\frac{2}{x + y + z + w}} \right] = 1.1841$$

$$\frac{w^2}{z} \cdot \left[\frac{2}{x + y + z + w} \right] = 0.1444$$

EES Solution

Main

Unit Settings: [kJ]/[C]/[kPa]/[kg]/[degrees]

w = 0.6025

x = 0.815

y = 1.185

z = 1.291

No unit problems were detected.

Calculation time = .0 sec.