

MAK 411 Yanma Teorisi Genel Sınav Soruları

- 1) Hidrojen (H_2) gazının, sürekli akışlı adyabatik bir yanma odasında, yüzde ikiyüz (%200) teorik hava ile tam yanması halinde,
- Yanma sonu ürünlerinin sıcaklığını hesaplayınız. (15 puan)
 - Entropi üretimini hesaplayınız. (10 puan)
 - Sistemin tersinir işini ve tersinmezliği hesaplayınız. (5 puan)
 - Yanma sonu ürünleri içindeki su buharının yoğuşma sıcaklığını hesaplayınız. (5 puan)

- 2) $25^\circ C$ sıcaklık ve 1 atmosfer basınçta $CH_4 + 2(O_2 + 3.76 N_2) \rightleftharpoons CO_2 + 2 H_2O + 7.52 N_2$ reaksiyonu için denge sabiti K_p 'yi (ya da $\ln K_p$ 'yi) hesaplayınız. (15 puan)

- 3) 1 mol H_2O , 2 mol O_2 ve 3 mol N_2 'den oluşan bir karışım, 2 atmosfer basınçta 3000 K sıcaklığa ısıtılmaktadır. Denge halinde karışımda H_2O , O_2 , ve N_2 ve H_2 bulunduğunu kabul ederek, karışımın mol miktarlarını hesaplamak için gereken denklemleri çıkartınız. (25 puan)

- 4) Birinci dereceden reaksiyona giren bir A maddesinin mol oranındaki değişim zamanla ölçülmüş ve yandaki tabloda verilen değerler elde edilmiştir. Bu tabloda verilen değerlere göre,

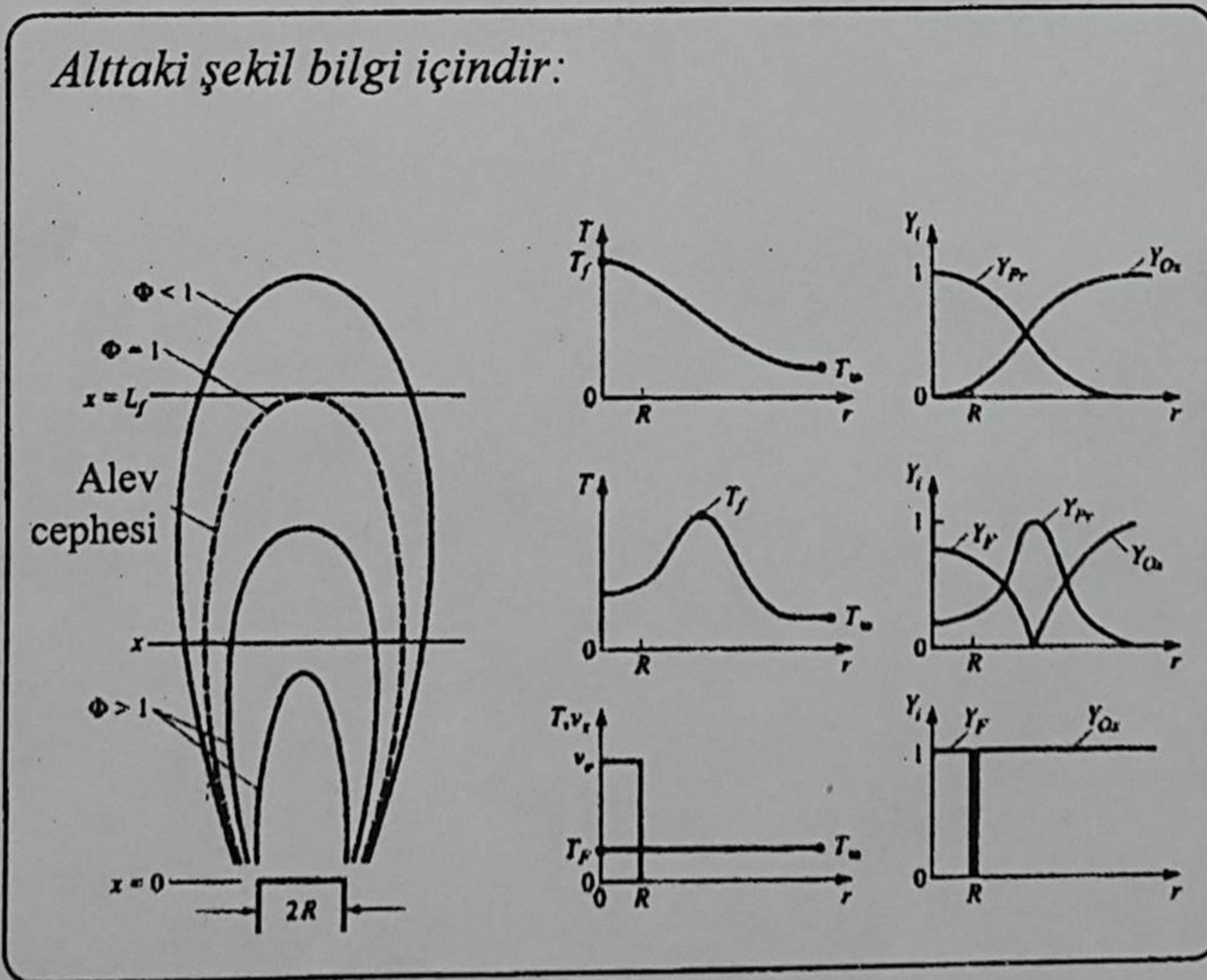
Zaman (s)	Kalan madde (%)
0	100,0
2	53,4
4	27,1
6	12,8
8	6,6

- Reaksiyonun hız sabitini (grafik de çizerek) hesaplayınız. (10 puan)
- A maddesinin yarılanma ömrünü bulunuz. (5 puan)

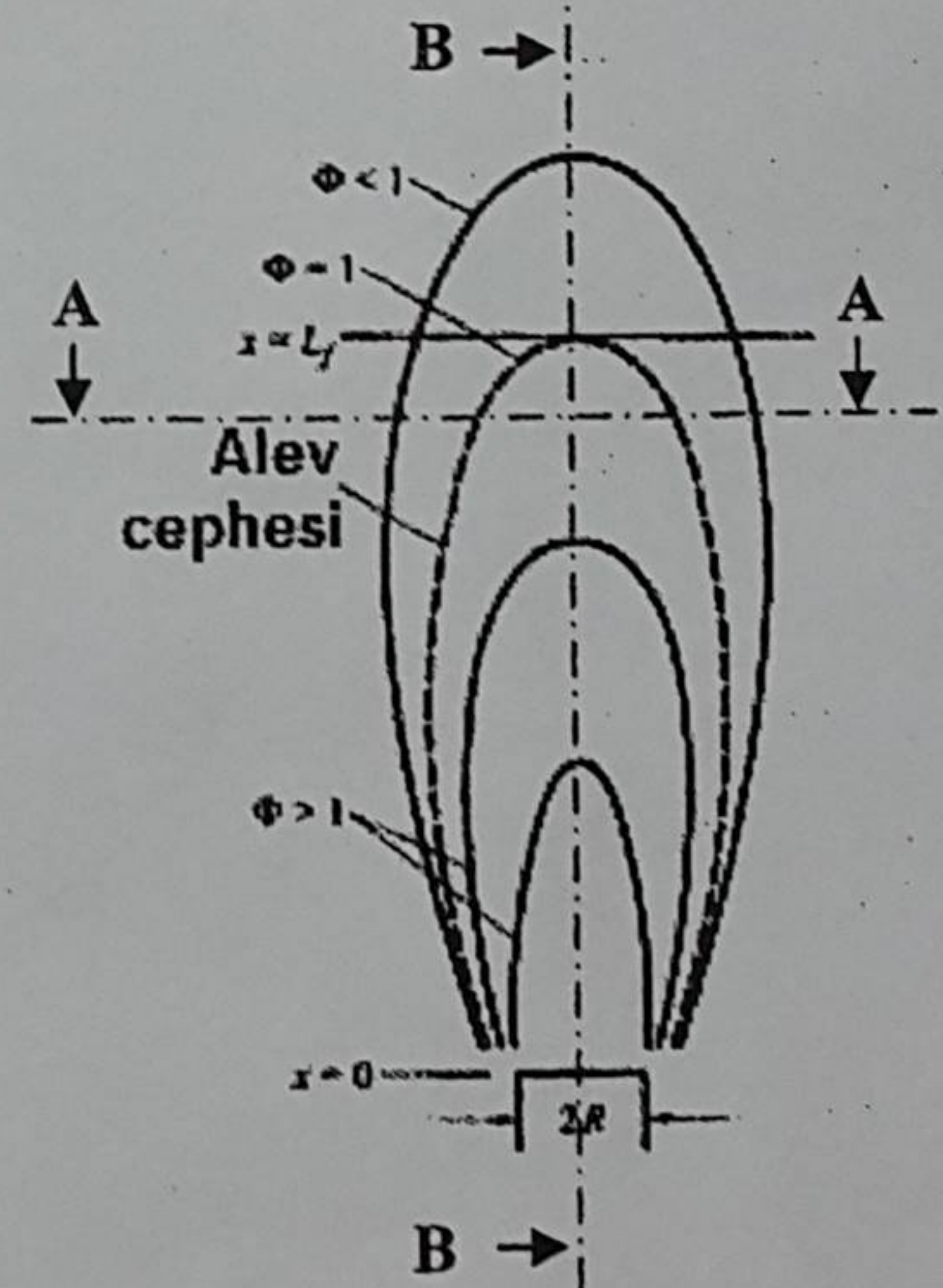
- 5) Aşağıda (sol tarafta), metan yanmasına ait laminer difüzyon alevinin şekli ve alevin değişik kesitlerinde; yakıt ve yakıcı (oksitleyici, oksijen) mol oranları ile sıcaklığın yarıçapa göre değişimi şematik olarak verilmiştir. Sembollerdeki Φ eşdeğerlik oranını, L_f alev boyunu, f indisi yakıtı, O_x indisi ise yakıcıyı temsil etmektedir. Bu bilgilerden hareketle ve onlara benzer olarak,

- A-A kesitinde sıcaklık ve oksijen mol oranlarının (Y_i) yarıçapa göre değişimlerini, (5 puan)
- Alev boyunca (B-B kesiti) metan mol oranı değişimini şematik olarak gösteriniz. (5 puan)

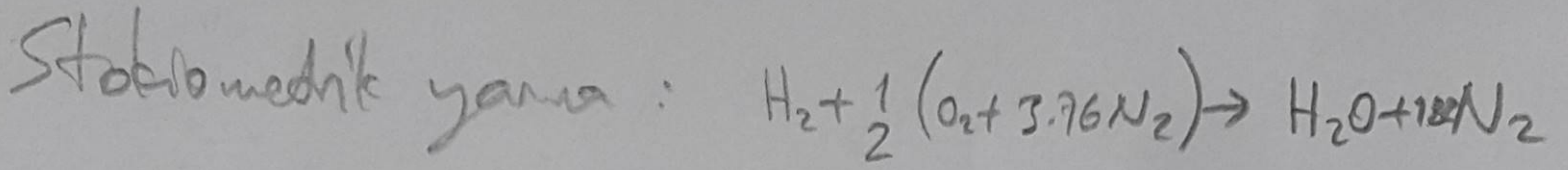
Alttaki şekil bilgi içindir:



Soruya ait şekil:

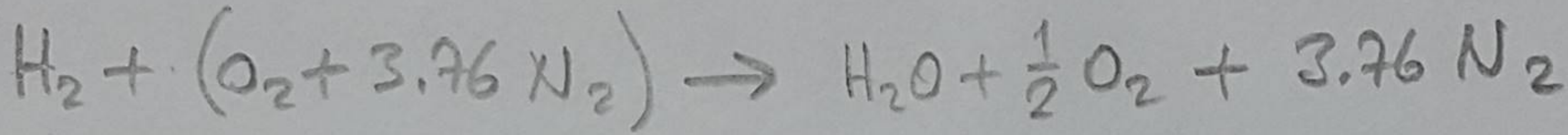


1)



$a = \frac{1}{2}$ %100 teorik hava

%200 teorik hava durma / $2a = 2 \times \frac{1}{2} = 1$ olur. havanın katsayısı



a) $T_{ady} = ?$ (\equiv $T_{ürün}$)

$H_{yap} = H_{yür}$

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

$$n_{H_2} (\bar{h}_f^\circ + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_{H_2} + n_{O_2} (\bar{h}_f^\circ + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_{O_2} + n_{N_2} (\bar{h}_f^\circ + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_{N_2} \rightarrow$$

$$n_{H_2O} (\bar{h}_f^\circ + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_{H_2O} + n_{O_2} (\bar{h}_f^\circ + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_{O_2} + n_{N_2} (\bar{h}_f^\circ + \bar{h} - \bar{h}^\circ)_{N_2}$$

Yanma işlemine girenler H_2 , O_2 ve N_2 olarak hepsinin de $25^\circ C$, 1 atm'de \bar{h}_f° oluşum entalpileri ve $(\bar{h} - \bar{h}^\circ)$ duyu-
lu entalpi farkları sıfırdır. Dolayısıyla
denklemin sol tarafı sıfıra eşittir.

	\bar{h}_f° kJ/kmol	\bar{h}_{298K} kJ/kmol	1660 K için entalpiler
H_2	0	8468	—
O_2	0	8682	55172
N_2	0	8669	52686
H_2O	-241820	9904	65643

(2)

1) Derin)

$$0 = (-241820 + \bar{h} - 9904)_{\text{H}_2\text{O}} + \frac{1}{2} (0 + \bar{h} - 8682)_{\text{O}_2} + 3.76 (0 + \bar{h} - 8669)_{\text{N}_2}$$

$$0 = -251724 + \bar{h}_{\text{H}_2\text{O}} - 4341 + \frac{1}{2} \bar{h}_{\text{O}_2} - 32595.44 + 3.76 \bar{h}_{\text{N}_2}$$

$$\bar{h}_{\text{H}_2\text{O}} + \frac{1}{2} \bar{h}_{\text{O}_2} + 3.76 \bar{h}_{\text{N}_2} = 288660.44$$

Esitliği sağlayan entalpi değerlerinin hangi sıcaklıkta olduğu derine yardımı ile bulunur.

1. Derine için:

$$\Sigma n = 1 + \frac{1}{2} + 3.76 = 5.26$$

$$\frac{288660}{5.26} \approx 54878 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$$

Bu değere karşılık yaklaşıktaki sıcaklıklar:

N ₂ için	1720 K
O ₂ için	1650 K
H ₂ O için	1430 K

Bu değerlerden hareketle ilk tahmin olarak $T = 1660 \text{ K}$ alınabilir.

Entalpi değerleri ilk sayfadaki tabloya yazılmıştır.

$$65643 + \frac{1}{2} \times 55172 + 3.76 \times 52686 = 291328.36 \text{ kJ}$$

$$291328 \approx 288660 \quad (\%1 \text{ fark in altında})$$

$$T_{\text{ady}} \approx 1660 \text{ K alınabilir} = T_{\text{min}}$$

b) Entropi üretimi :

$$S_{\text{üret.}} = S_a - S_g$$

$$= \sum n_a \bar{s}_a - \sum n_g \bar{s}_g$$

$$= \sum (N_i \bar{s}_i)_a - \sum (N_i \bar{s}_i)_g$$

Her bir bileşen için

$$\bar{s}_i = \bar{s}_i^\circ(T, P_0) - R_u \ln y_i P_{\text{top}}$$

$$R = 8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$$

	N_i	y_i	$\bar{s}_i^\circ(T, 1 \text{ atm})$	$-R_u \ln y_i P_{\text{top}}$	$N_i \bar{s}_i =$
a	b	c	d	$e = -8.314 \ln(c)$	$f = (b) [d + e]$
T=298 K	H ₂	1	130.68	0	130.68
	O ₂	1	205.04	12.98	218.02
	N ₂	3.76	191.61	1.96	728.82
					$\sum S_g = 1077.52$
T=1660 K			T = 1660 K için	$-8.314 \times \ln y_i$	
	H ₂ O	1	255.290	13.81	269.10
	O ₂	1/2	261.690	19.57	140.63
	N ₂	3.76	245.324	2.789	932.94
	$\Sigma = 5.26$				$\sum S_a = 1342.67$

$$S_{\text{üret.}} = S_a - S_g = 1342.67 - 1077.52 = 265.15$$

$$S_{\text{üret.}} = 265.15 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$$

c) $W_{\text{tr}} = I = X_{\text{yükün}} = T_0 \cdot S_{\text{üret.}} = 298 \times 265.15 = 79014.7$

$$W_{\text{tr}} \approx 79015 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$$

d) Yanma sonu ürünleri içindeki su buharının yapışma sıcaklığı :

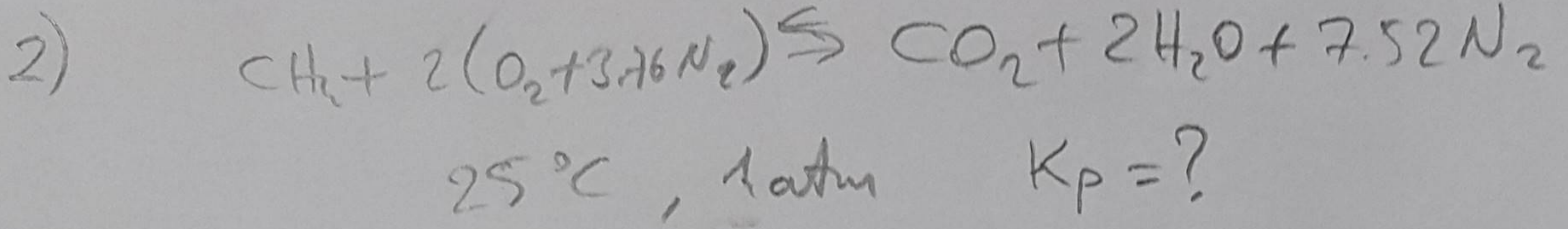
$$T_a = T_{\text{doğ}} P_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_t} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_t} \Rightarrow P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_t} \cdot P_t = \frac{1}{(1 + \frac{1}{2} + 3.76)} \cdot 1 = 0.19 \text{ atm}$$

$P = 0.19 \text{ atm}$ için su buharının doyma sıcaklığı
 $P = 0.19 \times 101.325 \approx 19.3 \text{ kPa}$

$$T_{\text{doğ}} = 59.2^\circ \text{C}$$

(Tablo A-5'den)



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

$$\Delta G^*(T) = \nu_c \bar{g}_c^*(T) + \nu_d \bar{g}_d^* - \nu_a \bar{g}_a^* - \nu_b \bar{g}_b^*$$

$$\Delta G^*(T) = \nu_{\text{CO}_2} \bar{g}_{\text{CO}_2}^* + \nu_{\text{H}_2\text{O}} \bar{g}_{\text{H}_2\text{O}}^* + \nu_{\text{N}_2} \bar{g}_{\text{N}_2}^* - \nu_{\text{CH}_4} \bar{g}_{\text{CH}_4}^* - \nu_{\text{O}_2} \bar{g}_{\text{O}_2}^* - \nu_{\text{N}_2} \bar{g}_{\text{N}_2}^*$$

$$\bar{g}_{\text{CO}_2}^*(T) = \bar{g}_{\text{CO}_2}^*(25^\circ\text{C}) = -394360 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$$

Gizelge A-26'dan

T	$\bar{g}_i^*(T)$
25°C = 298K	
madde	kJ/kmol
CH ₄	-50790
O ₂	0
N ₂	0
CO ₂	-394360
H ₂ O	-228590
N ₂	0

$$\Delta G^*(T) = (-394360 - 2 \times 228590 - 0) - (-50790 - 0 - 0)$$

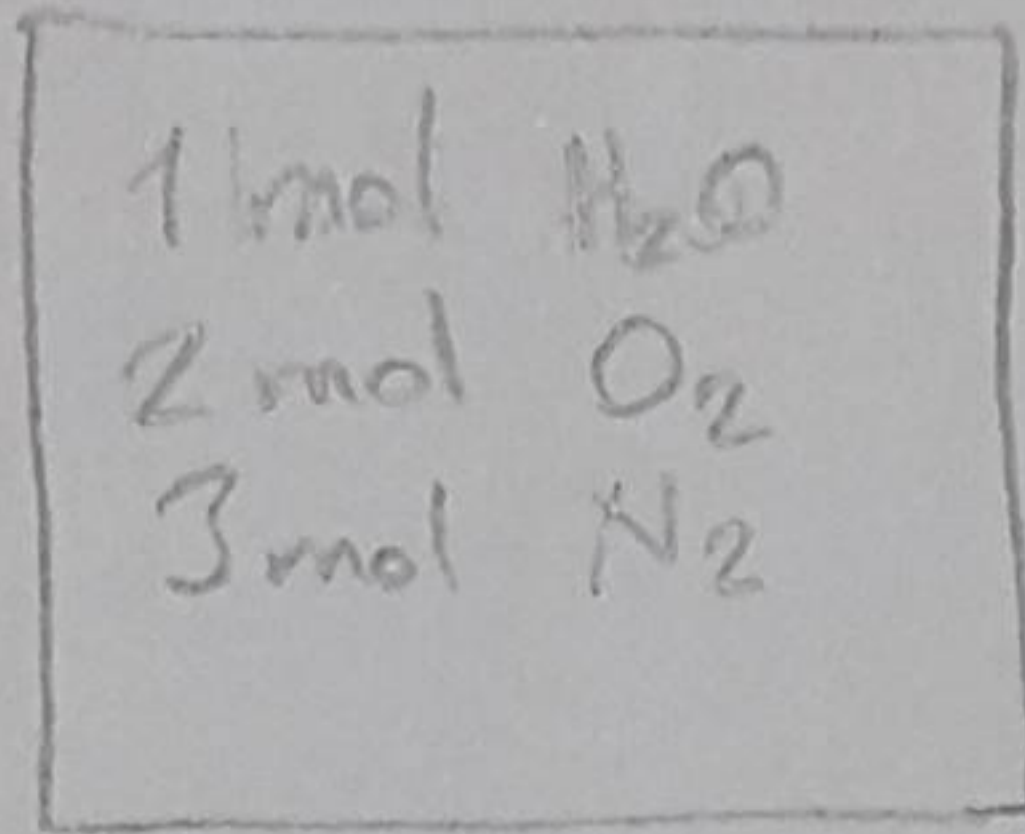
$$\Delta G^* = -800750 \text{ kJ/kmol}$$

$$\ln K_p = -\frac{\Delta G^*(T)}{R_u T} = -\frac{(-800750)}{8.314 (298)}$$

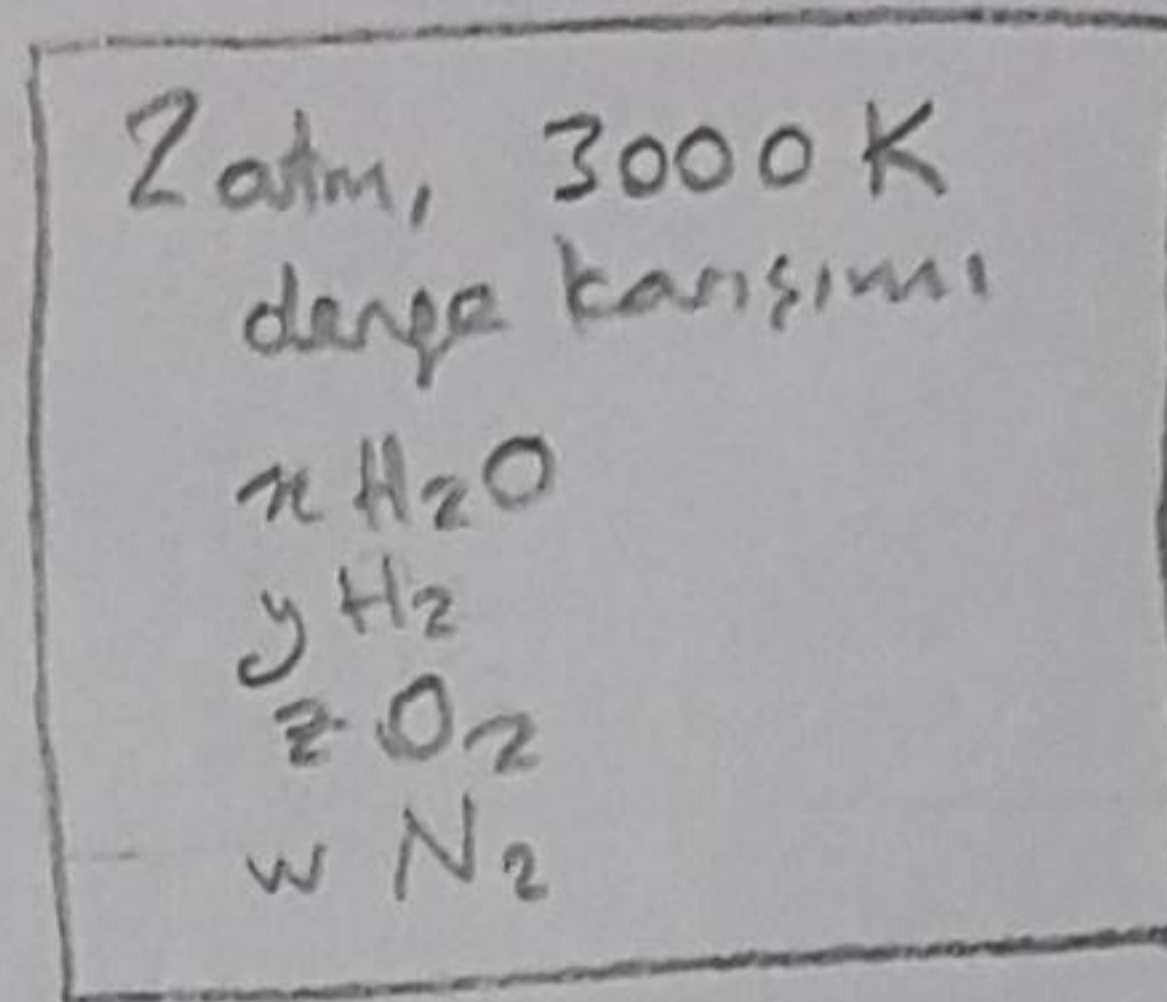
$$\ln K_p = 323.2$$

$$K_p = e^{323.2}$$

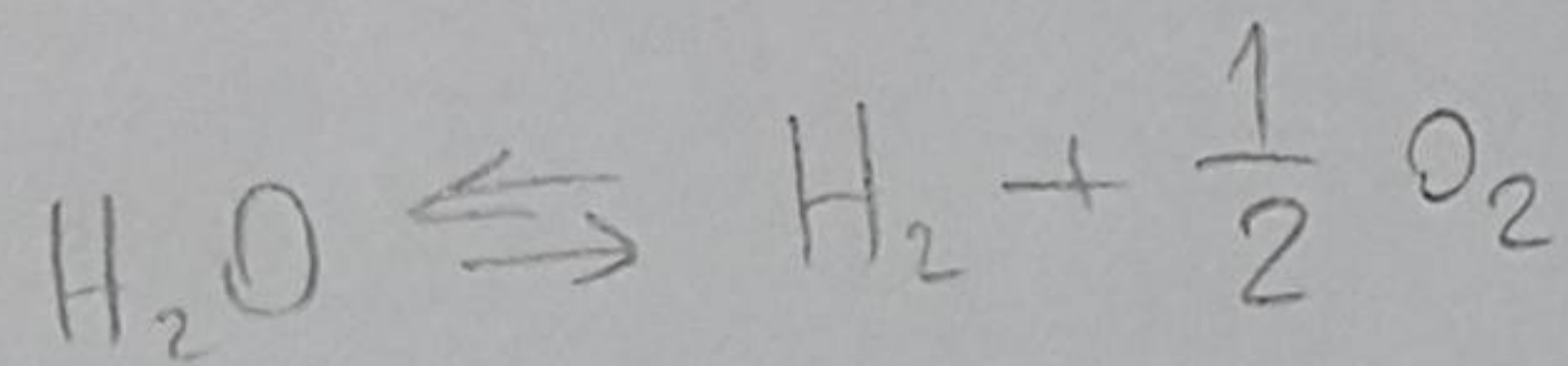
3)



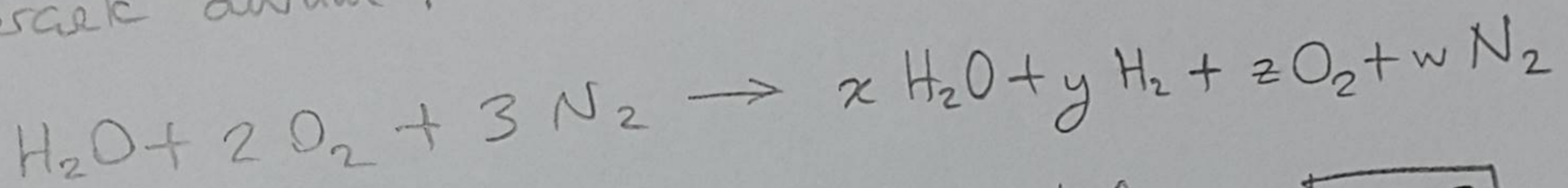
→



Stokiyometrik denklem:



Gerçek durum:

Azot inert gaz olarak miktarı değişmeden kalır: $w = 3$ Dolayısıyla x , y , ve z bilinmeyen miktarların bulunması gerekir.

Kütle dengeliklerinden aşağıdaki denklemler yazılabilir:

H dengesi:

$$2 = 2x + 2y \quad \text{I}$$

O dengesi:

$$1 + 2 \times 2 = x + 2z$$

$$5 = x + 2z \quad \text{II}$$

2 denklem, fakat 3 bilinmeyen var.

Bir denkleme de gereksinim vardır.

Onu da kimyasal denge sabitinden hareketle bulabiliriz.

$$K_p = \frac{N_c^{y_c} N_D^{y_D}}{N_A^{y_A} N_B^{y_B}} \left(\frac{P}{N_{top}} \right)^{\Delta y}$$

$$\Delta y = y_c + y_D - y_A - y_B$$

$$\ln K_p = -3.086 \Rightarrow K_p = 0.0457$$

$$0.0457 = \frac{N_{H_2}^{y_{H_2}} N_{O_2}^{y_{O_2}}}{N_{H_2O}^{y_{H_2O}}} \left(\frac{P}{N_{toplam}} \right)^{(y_{H_2} + y_{O_2} - y_{H_2O})} = \frac{y \cdot z^{\frac{1}{2}}}{x} \left(\frac{2}{x+y+z+3} \right)^{1+0.5-1}$$

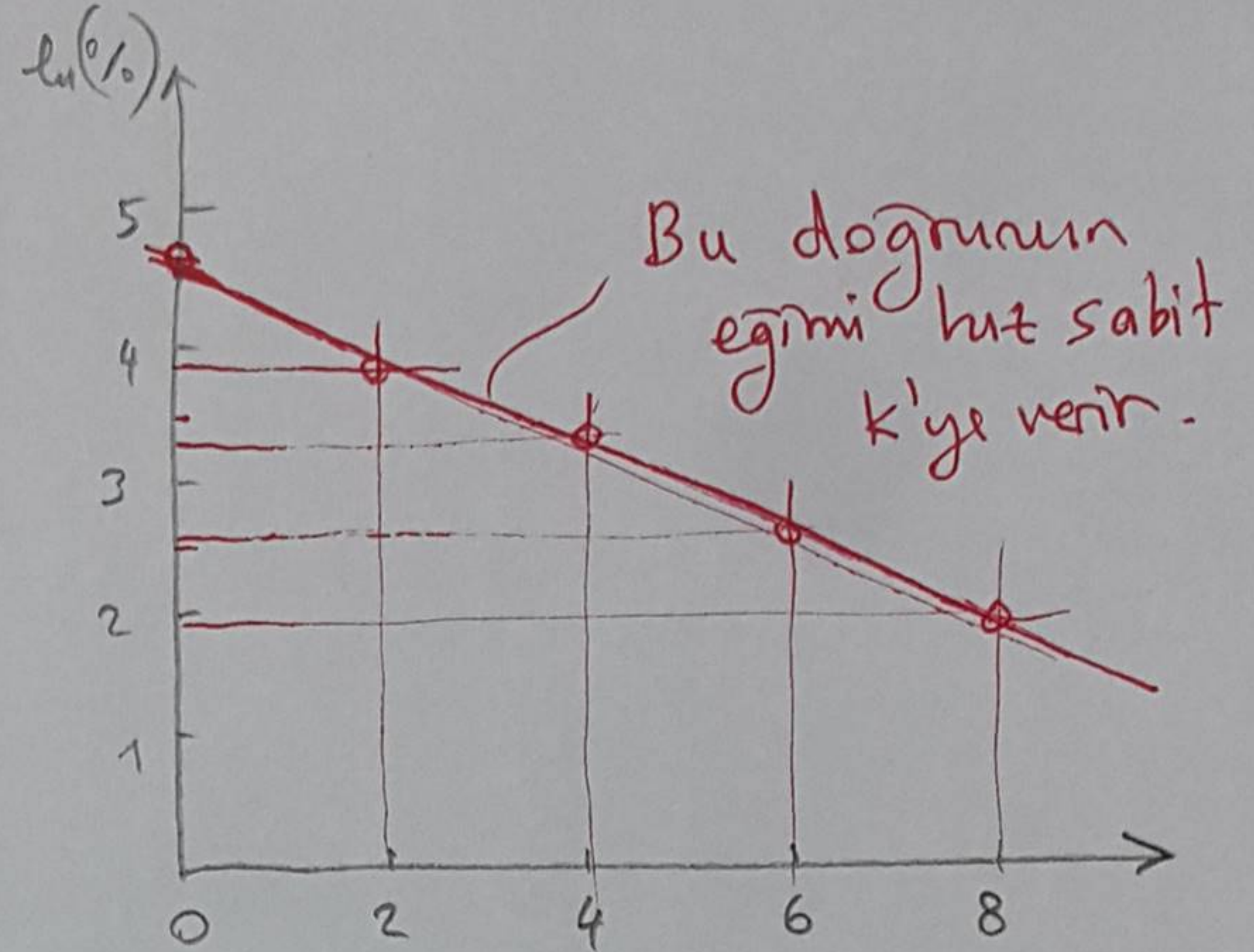
$$0.0457 = \frac{y \sqrt{z}}{x} \sqrt{\left(\frac{2}{3+x+y+z} \right)} \quad \text{III}$$

I, II ve III no.lu denklemlerin ortak çözümünden x , y ve z bulunabilir.

4)

a)

Zaman (s)	Kalan madde (%)	ln(%)
0	100.0	4.61
2	53.4	3.98
4	27.1	3.30
6	12.8	2.55
8	6.6	1.89



Birinci dereceden reaksiyona giren kimyasal maddelerin konsantrasyonunun zamanla değişimi:

$$\ln[A] = -kt + \ln[A]_0$$

Değerlerin logaritmaları alındığında zamanla değişim bir doğru denklemidir. Dolayısıyla grafik "ln(%)-t" için çizilmelidir.

$$-kt = \ln[A] - \ln[A]_0 \Rightarrow k = \frac{\ln[A]_0 - \ln[A]}{t}$$

İlk ve son değerler ile işlem yapılırsa:

$$k = \frac{\ln(100) - \ln(6.6)}{8} = \frac{4.61 - 1.89}{8} = 0.34 \text{ } 1/s$$

$$k \approx 0.34 \text{ } 1/s$$

b) Yarılanma ömrü, maddenin reaksiyon sonucu %50 kalıncaya kadar geçen süredir.

$$t_{1/2} = \frac{\ln[A]_0 - \ln[A]}{k} = \frac{\ln\left(\frac{[A]_0}{[A]}\right)}{k} = \frac{\ln(2)}{k} = \frac{0.69315}{k}$$

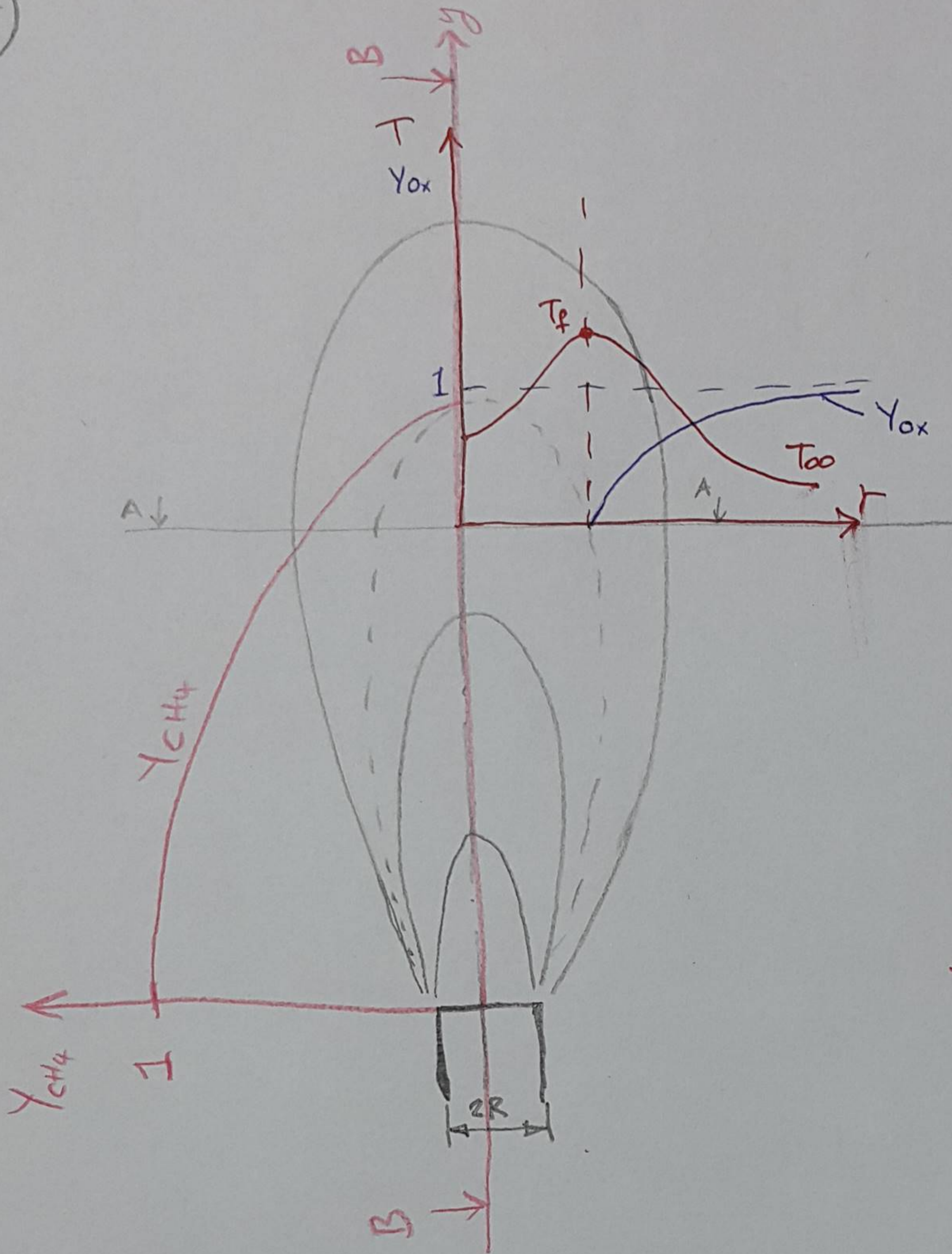
$$t_{1/2} = \frac{0.69315}{0.34} = 2.039 \text{ s}$$

$$t_{1/2} \approx 2.04 \text{ s}$$

Tabloda verilen değerlerden de $t_{1/2}$ 'nin 2 s'den biraz daha büyük olması gerektiği görülebilir.

NOT: (a) şıkta daha doğru bir sonuç için deneysel olarak elde edilen değerlerden hareketle en küçük kareler yöntemiyle eğri uydurup, eğilin (k) o şekilde bulunmalıdır.

5)



* } (a)
* }
* (b)