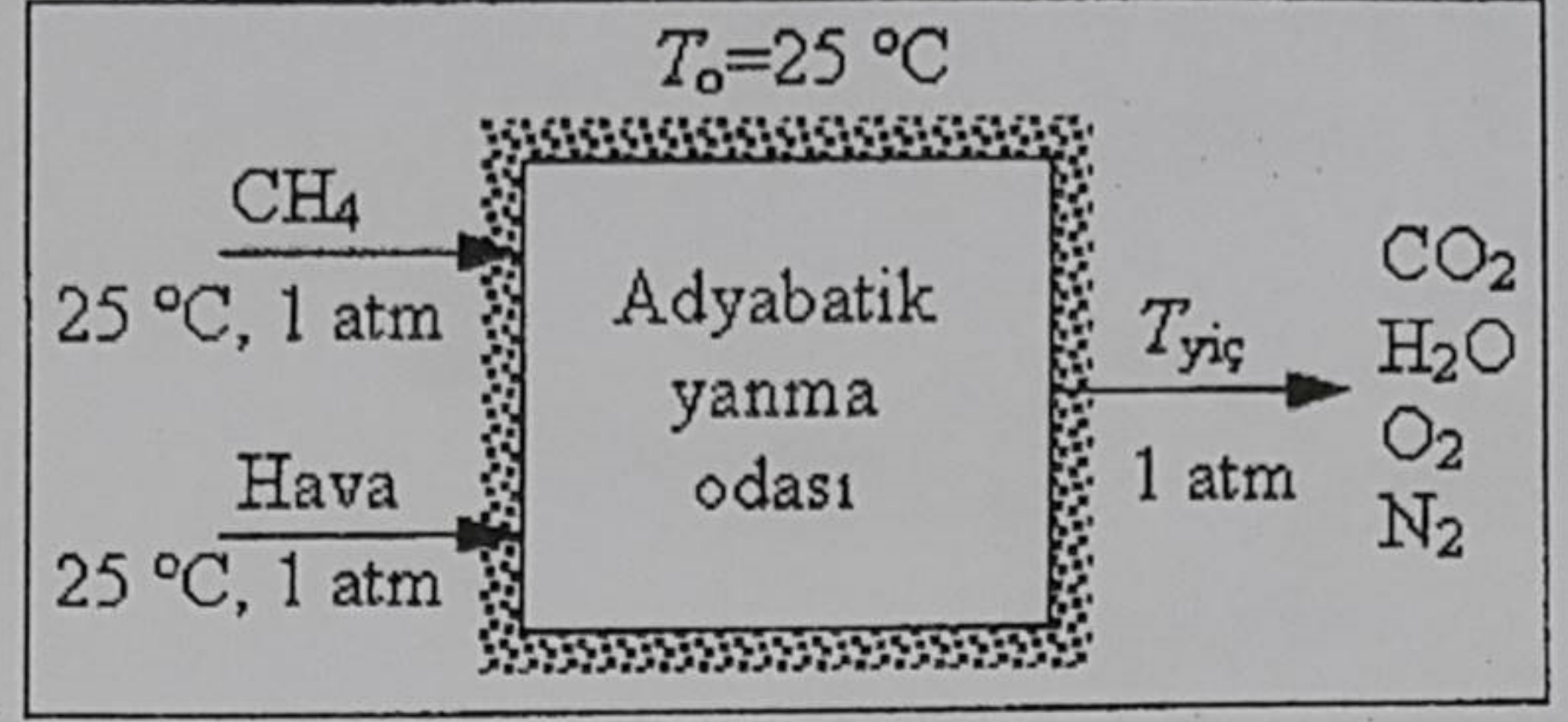


MAK 411 Yanma Teorisi Bütünleme Sınavı Soruları

1) 25 °C sıcaklık ve 1 atm basınca sahip metan gazı (CH₄), sürekli akışlı adyabatik bir yanma odasında 25 °C ve 1 atm basınçta yüzde 120 teorik hava (%20 fazla hava) ile tam yanmaktadır. Metan ve hava yanma odasına ayrı ayrı kanallardan girmekte olup yanma sonu ürünleri sıcaklığı 2070 K olarak hesaplanmıştır. Tablo okuma kolaylığı olsun diye bu sıcaklığı 2100 K kabul ederek,



a) Yanma işlem sırasında entropi üretimini hesaplayınız. (25 puan)

b) Diğer her şey aynı kalmak şartıyla eğer metan ve hava yanma odasına ayrı ayrı değil de karışmış olarak girselerdi entropi üretim miktarı ne olurdu? (5 puan)

2) 2 kmol CO₂ ve 1 kmol O₂'den oluşan bir karışım, 2 atmosfer basınçta 2500 K sıcaklığa ısıtılmaktadır. Denge halinde karışımında CO₂, CO, O₂ ve O bulunduğunu kabul ederek, karışımın mol miktarlarını hesaplayınız. (20 puan)

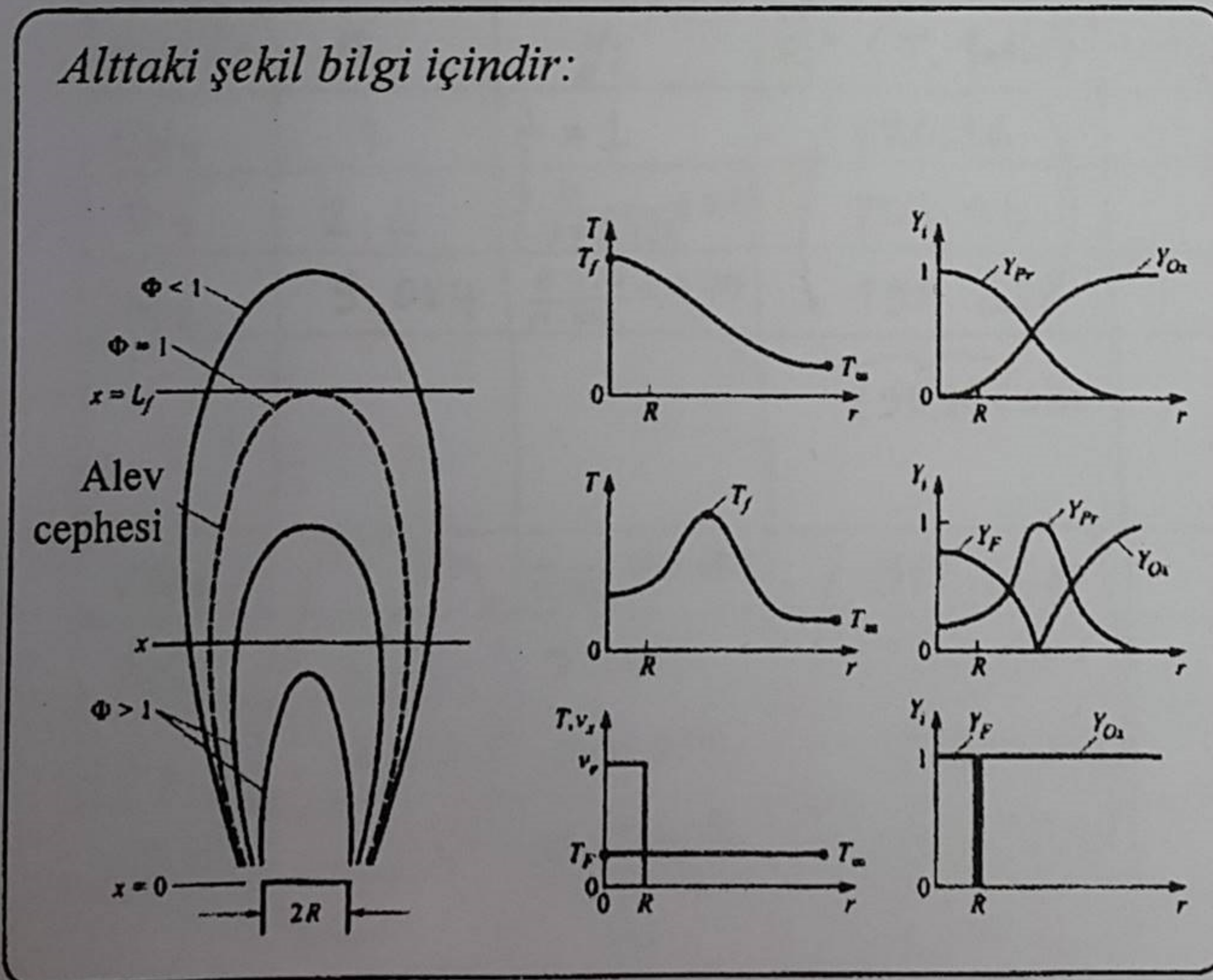
3) CO + 1/2 O₂ ↔ CO₂ reaksiyonu için 3500 K sıcaklıktaki yanma entalpisini bulunuz. (20 puan)

4) Birinci dereceden kimyasal tepkimeye (reaksiyona) giren ve hız katsayısı k = 0.34 1/s olan bir maddenin, başlangıçtaki mol miktarının %80'i tükeninceye kadar geçmesi gereken süreyi hesaplayınız. (20 puan)

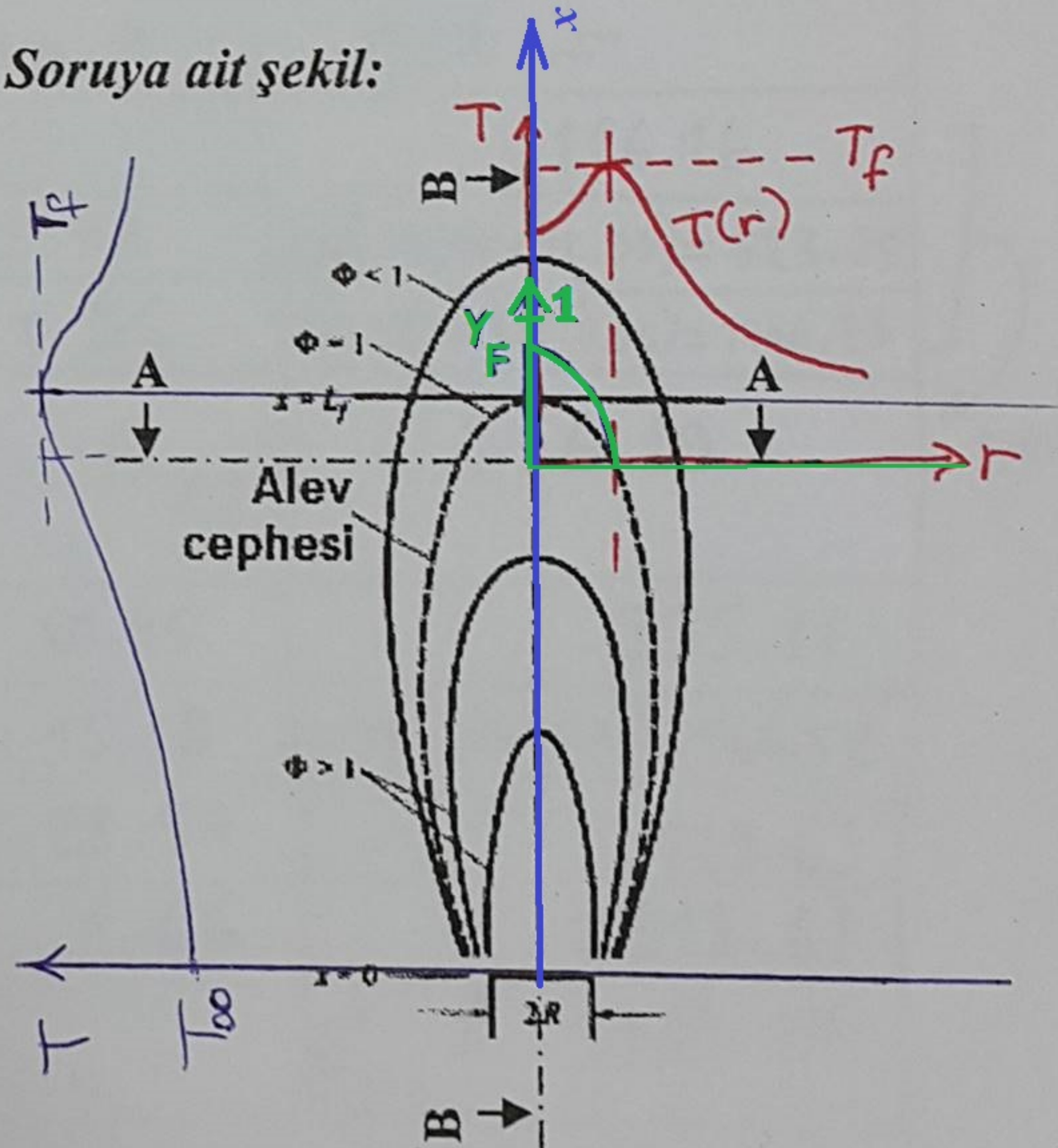
5) Aşağıda (sol tarafta), metan yanmasına ait laminer difüzyon alevinin şekli ve alevin değişik kesitlerinde; yakıt ve yakıcı (oksitleyici, oksijen) mol oranları ile sıcaklığın yarıçapa göre değişimi şematik olarak verilmiştir. Sembollerdeki Φ eşdeğerlik oranını, L_f alev boyunu, f indisi yakıtı, Ox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

a) A-A kesitinde sıcaklık ve yakıt mol oranlarının (Y_i) yarıçapa göre değişimlerini, (5 puan)

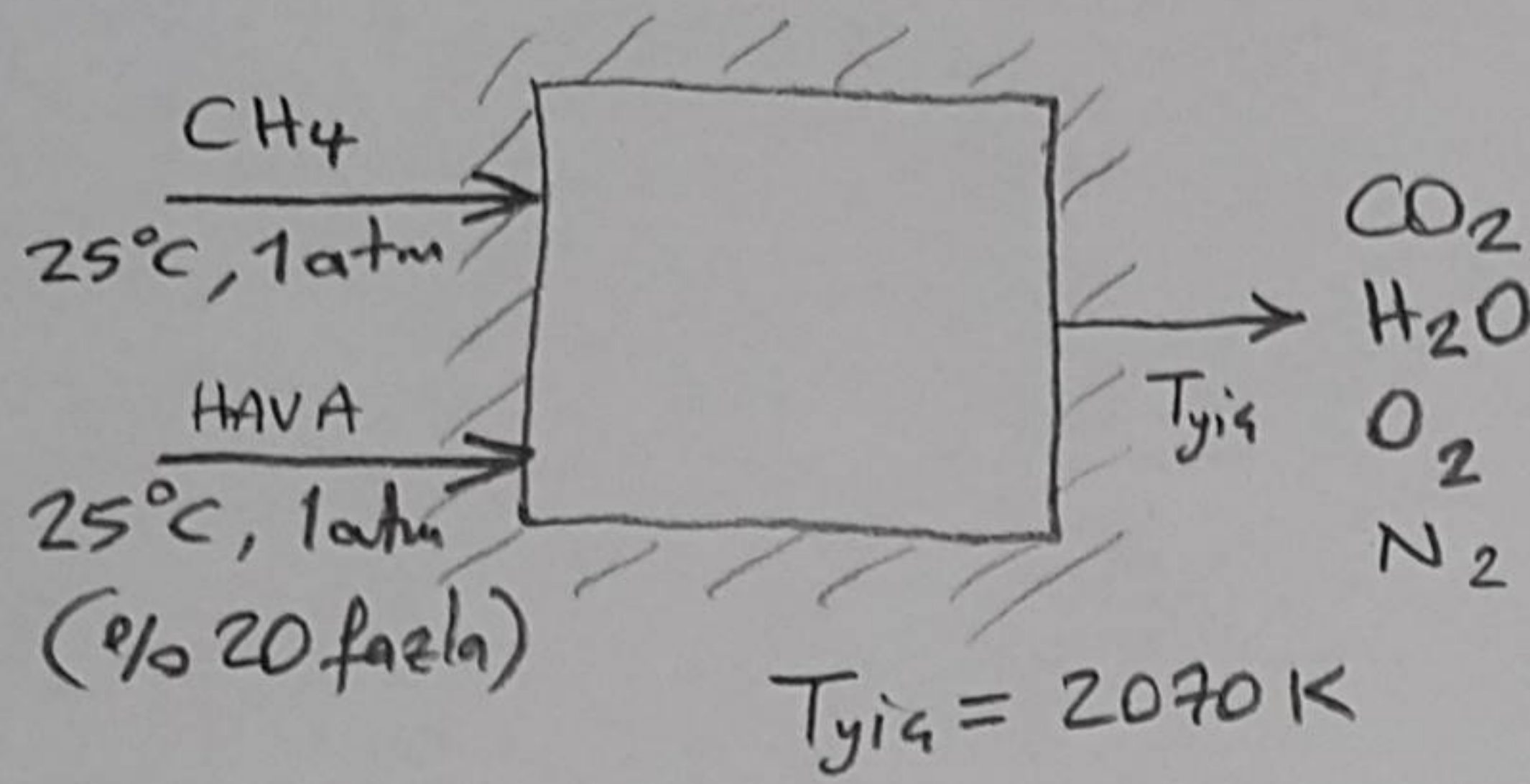
b) Alev boyunca (B-B kesiti) yalnız sıcaklık değişimini şematik olarak gösteriniz. (5 puan)



Soruya ait şekil:



1)



a) $T_{yiq} = 2100$ K için entropi üretimi?

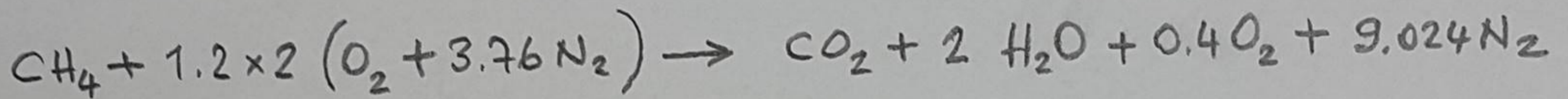
b) $(CH_4 + HAVA) \rightarrow Y_{iq}$
Olsaydı entropi üretimi?

a)

Stokiyometrik yanma denklemi:
 $CH_4 + a(O_2 + 3.76 N_2) \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 3.76a N_2$

Oksijen dengeliği: $2a = 2 + 2 \Rightarrow a = 2$

%120 teorik (%20 fazla) hava ile yanma denklemi:



Adyabatik yanma odasında yanma sırasındaki entropi üretimi:

$$S_{\text{üretim}} = \Delta S_{\text{sistem}} = S_{yiq} - S_{yig} = \sum n_f \bar{s}_f - \sum n_g \bar{s}_g$$

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

(ilgili sıcaklık için tablodan)

$$y_{ni} = \frac{P_i}{P}$$

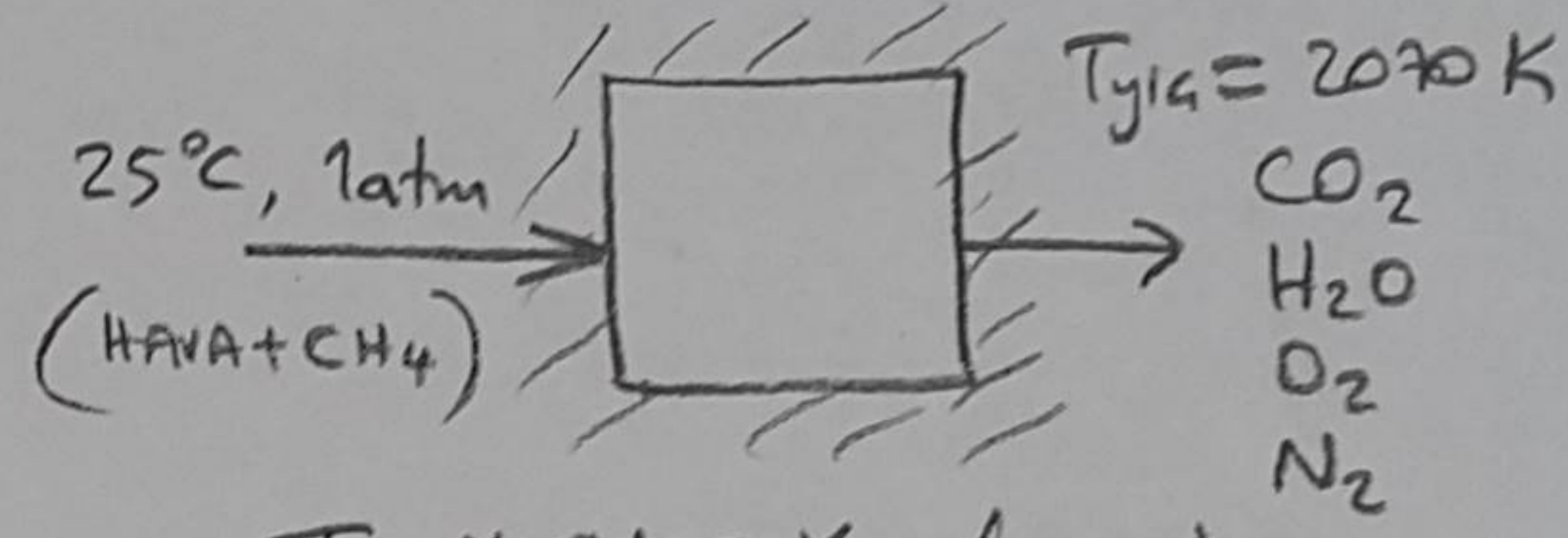
$$R_u = 8.314 \text{ kJ/kmol.K}$$

Madde	n_i	y_i	$\bar{s}_i^\circ(T, 1atm)$	$-R_u \ln y_{ni} P$	$n_i \bar{s}_i$
CH ₄	1	$\frac{1}{1} = 1$	186.16	0	186.16
O ₂	2.4	$\frac{2.4}{2.4+9.024} = 0.21$	205.04	12.98	2.4(205.04+12.98)=523.25
N ₂	9.024	$\frac{9.024}{11.424} = 0.79$	191.61	1.96	9.024(191.61+1.96)=1746.78
			298 K için		$S_{yig} = 2456.19$
CO ₂	1.00	$\frac{1}{12.424} = 0.0805$	312.160	20.95	333.11
H ₂ O	2.00	0.1610	267.081	15.18	2(267.081+15.18)=564.52
O ₂	0.40	0.0322	270.504	28.57	119.63
N ₂	9.024	0.7263	253.724	2.66	2313.61
	Toplamı: 12.424		2100 K için		$S_{yiq} = 3330.87$

toplamı

$$S_{\text{üretim}} = S_{yiq} - S_{yig} = 3330.87 - 2456.19 = 874.68 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} = S_{\text{üretim}}$$

1-b) Hava ve yakıt birlikte yanma odasına giriyor.



$T_{yiq} \approx 2100$ K alınacak.

Burada (a) şıkkından farklı olarak girenlerin mol oranları değişecektir. Çıkanlarda değişiklik yoktur. S_{yig} 'i hesaplamak yeterlidir:

Madde	n_i	y_i	$\bar{s}_i^\circ(T, 1atm)$	$-R_u \ln y_{ni} P$	$n_i \bar{s}_i$
CH ₄	1	$\frac{1}{12.424} = 0.0805$	186.16	20.95	207.11
O ₂	2.4	$\frac{2.4}{12.424} = 0.1932$	205.04	13.67	524.90
N ₂	9.024	0.7263	191.61	2.66	1753.09
	$\Sigma = 12.424$				$S_{yig} = 2485.10$

$S_{yiq} = 3330.87 \text{ kJ/kmol}\cdot\text{K}$ (a) şıkkında hesaplanmıştı.

$S_{üretim} = S_{yiq} - S_{yig} = 3330.87 - 2485.10 = 845.77$

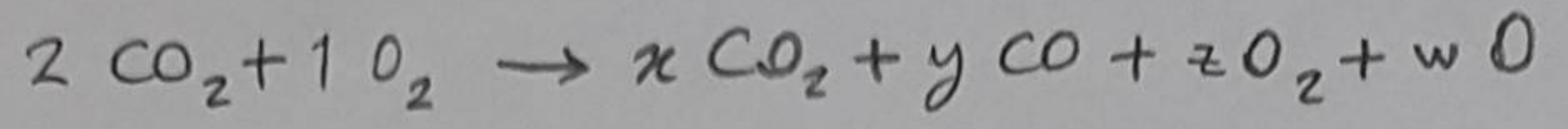
$S_{üretim} = 845.77 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}\cdot\text{K}}$

* Aradaki farkın yönünü ve sebebini düşününüz.

2)

Denge karışımı			
CO ₂	CO	O ₂	O
2500 K			
2 atm			

Gerçekleşen reaksiyon:



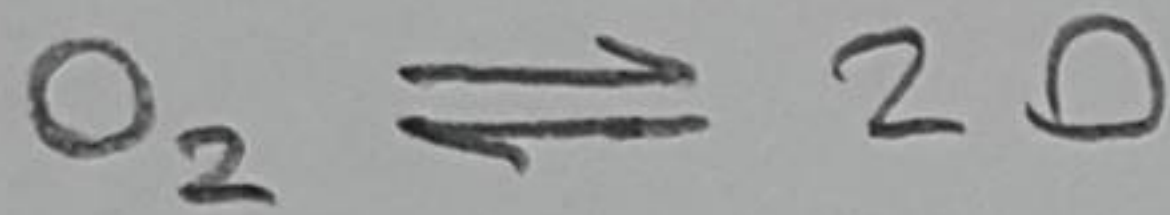
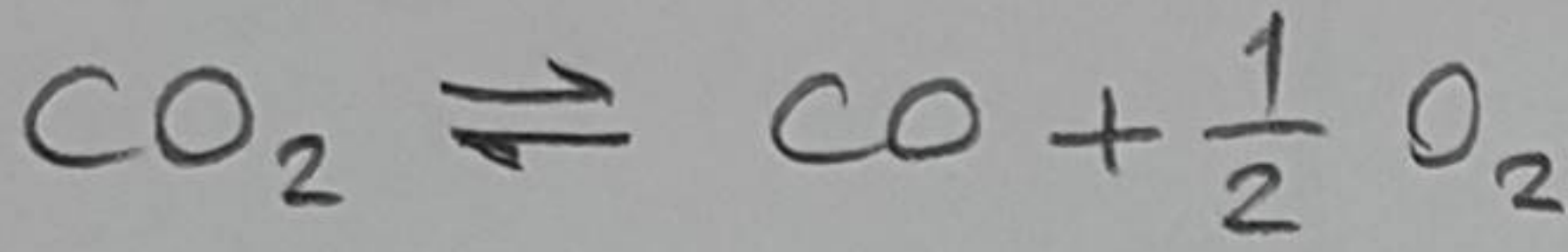
Kütle dengeliği:

Karbon: $2 = x + y$ (I)
Oksijen: $6 = 2x + y + 2z + w$ (II)

x, y, z, w : Dört bilinmeyen fakat 2. denklem var.

Bu durumda iki adet kimyasal denge sabiti eşitliği yazılmalı.

Olası reaksiyonlar:



$$R1 \Rightarrow \ln K_{p1} = -3.3305$$

$$R2 \Rightarrow \ln K_{p2} = -8.509$$

$$K_{p1} = 0.036$$

$$K_{p2} = 2.018 \times 10^{-4}$$

$$R1: K_{p1} = \frac{n_{\text{CO}}^{y_{\text{CO}}} n_{\text{O}_2}^{y_{\text{O}_2}}}{n_{\text{CO}_2}^{y_{\text{CO}_2}}} \left(\frac{P}{n_{\text{top}}} \right)^{y_{\text{CO}} + y_{\text{O}_2} - y_{\text{CO}_2}}$$

$$\Delta \nu = y_{\text{CO}} + y_{\text{O}_2} - y_{\text{CO}_2} = 1 + \frac{1}{2} - 1 = \frac{1}{2}$$

$$R2: K_{p2} = \frac{n_{\text{O}}^{y_{\text{O}}}}{n_{\text{O}_2}^{y_{\text{O}_2}}} \left(\frac{P}{n_{\text{top}}} \right)^{y_{\text{O}} - y_{\text{O}_2}}$$

$$n_{\text{top}} = n_{\text{CO}_2} + n_{\text{CO}} + n_{\text{O}_2} + n_{\text{O}}$$

$$n_{\text{top}} = x + y + z + w$$

$$R1: 0.036 = \frac{y (z)^{1/2}}{x} \left(\frac{2}{x+y+z+w} \right)^{1/2} \dots \text{(III)}$$

$$R2: 2.018 \times 10^{-4} = \frac{w^2}{z} \left(\frac{2}{x+y+z+w} \right)^1 \dots \text{(IV)}$$

(I), (II), (III) ve (IV) no.lu denklemlerin ortak çözümünden

x, y, z ve w değerleri bulunur.

* Buraya kadar olan kısım tam puan almak yeterlidir.

3) $\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \leftrightarrow \text{CO}_2$ reaksiyonu için 3500 K'de yanma entalpisini?

Küçük sıcaklık aralıkları için van't Hoff bağıntısı bu amaçla kullanılabilir.

$$\ln \frac{K_{p2}}{K_{p1}} \approx \frac{\bar{h}_R}{R_u} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \Rightarrow \bar{h}_R = \frac{R_u \ln \frac{K_{p2}}{K_{p1}}}{\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}$$

$T = 3500 \text{ K}$ olduğuna göre $T_1 = 3400 \text{ K}$ ve $T_2 = 3600 \text{ K}$ seçilebilir.

$\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \leftrightarrow \text{CO}_2$ reaksiyonunun tersi için K_p değerleri Tablo A-28'de verilmiştir. Dolayısıyla tablodaki değerlerin tersinden hareketle, çözüme gidilebilir:

$\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2$ için

$T_1 = 3400 \text{ K}$ için $\ln K_{p1} = 0.169 \Rightarrow K_{p1} = 1.184 \quad \frac{1}{K_{p1}} = 0.8445$
 $T_2 = 3600 \text{ K}$ için $\ln K_{p2} = 0.701 \Rightarrow K_{p2} = 2.016 \quad \frac{1}{K_{p2}} = 0.4961$

$$\bar{h}_R = \frac{R_u \ln \frac{K_{p2}}{K_{p1}}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \frac{8.314 \ln \frac{0.4961}{0.8445}}{\frac{1}{3400} - \frac{1}{3600}} = \frac{-4.4228}{1.634 \times 10^{-5}} = -270637.86$$

$$\bar{h}_R = -270638 \text{ kJ/kmol}$$

4) Birinci dereceden reaksiyon için konsantrasyonun zamanla değişimi;

$$\ln[A] = -kt + \ln[A]_0 \quad \text{denklemini ile tanımlıdır.}$$

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

$\frac{[A]_0}{[A]} = 0.20$ (%80'i tükenmiş) $t = \frac{\ln(0.20)}{-0.34} = 4.73 \text{ s}$ $t = 4.73 \text{ s}$

* AÇIKLAMA: $k = -0.34 \text{ 1/s}$ olarak verilmeliydi.

5) Soru kağıdı üzerinde.