

**PROBLEM SET 5**  
**( Termodinamiğin 2. Yasası ve Entropi )**

1. 50 bar basınç, 1273 K sıcaklık ve  $0,032 \text{ m}^3$  hacminde olan iki atomlu bir gaza Carnot çevrimi uygulanmaktadır. Gaz önce tersinir izotermik olarak  $0,080 \text{ m}^3$  hacme kadar genişletilmektedir. Daha sonra gazın sıcaklığı 541 K oluncaya kadar tersinir adyabatik olarak genişletilmektedir. Bu iki işlemden sonra gazı tekrar başlangıç haline getirmek üzere, önce tersinir izotermik olarak sonra tersinir adyabatik olarak sıkıştırılmaktadır.

Buna göre,

- Gazın yüksek sıcaklıktaki ısı deposundan almış olduğu ısıyı,
- Gazın düşük sıcaklıktaki ısı deposuna vermiş olduğu ısıyı,
- Çevrimin termal verimini hesaplayınız.

2. 500 K sıcaklık ve 8 bar basıncında 1 mol ideal gaz, Carnot çevrimine tabi tutulmaktadır. Gazın hacmi izotermik genişlemede iki kat, adyabatik genişlemede dört kat artmaktadır. Çevrimin verimini ve çevrim sonunda net işi hesaplayınız.

Not:  $\gamma = 1,40$

3.  $15^\circ\text{C}$  sıcaklık ve 1 bar basıncında olan bir mol ideal gaz, hacmi ilk hacminin dörtte birine ininceye kadar aşağıdaki yollarla sıkıştırılmaktadır.

- Tersinir adyabatik olarak sıkıştırılmaktadır. ( $\gamma = 1,40$ )
- Gazın son sıcaklığı tersinir adyabatik sıkıştırma haline göre  $6,6^\circ\text{C}$  fazla olacak şekilde tersinmez adyabatik olarak sıkıştırılmaktadır.

Her iki halde elde edilen işi ve entropi değişimini hesaplayınız.

4. 1 bar basınç ve 300 K sıcaklıkta 2 mol ideal gaz sıra ile aşağıdaki üç işlemden geçirmek üzere kapalı bir çevrime tabi tutuluyor.

- yolu: Gaz tersinir izotermik olarak 2 bar basınca sıkıştırılmaktadır.
  - yolu: Gaz sabit basınçta ilk hacmine kadar ısıtılmaktadır.  $C_p = 5/2 R$
  - yolu: Gaz sabit hacimde 300 K soğutulmaktadır.  $C_v = 3/2 R$
- Bu çevrimde,  $\Delta S_a + \Delta S_b + \Delta S_c = 0$  olduğunu gösteriniz.

5. Bir mol ideal gaz ( $P_1, T_1$ ) halinden ( $P_2, T_2$ ) haline aşağıdaki iki yoldan götürülmektedir.

- yolu: Gaz ( $P_1, T_1$ ) halinden, ( $P_2, T_2$ ) haline kadar tersinir adyabatik olarak genişletilmektedir.
  - yolu: Gaz önce ( $V_2$ ) hacmine kadar tersinir izotermik olarak (3 noktası) genişletilmekte, daha sonra sabit hacimde ( $P_2, T_2$ ) haline soğutulmaktadır.
- Belli iki hal arasında gerçekleştirilen bu iki yoldaki entropi değişimini yola bağlı olmaksızın aynı kaldığını gösteriniz.

6. 550 K sıcaklık ve 500 kPa basınçta olan 1 kmol ideal gaz sırasıyla aşağıdaki işlemlere tabi tutulmaktadır.

- (1-2) yolu: 500 kPa basıncındaki gaz tersinir izotermik olarak 100 kPa basınca genişletilmektedir.
  - (2-3) yolu: Gaz sabit hacimde 550 K' e ısıtılmaktadır. ( $C_v = 21.32 \text{ J/mol.K}$ )
  - (3-1) yolu: Gaz tersinir izotermal olarak 500 kPa basınca sıkıştırılmaktadır.
- Bu üç işlemde entropi değişimlerinin toplamının,  $\Delta S_{12} + \Delta S_{23} + \Delta S_{31} = 0$  olduğunu gösteriniz.

Not:  $\gamma = 1,39$

7. 300 K sıcaklık 1 bar basınçta olan 1 kmol ideal gaz sırasıyla aşağıdaki işlemlere tabi tutuluyor.
- (1-2) yolu: Gaz tersinir izotermik olarak 4 bar basınca sıkıştırılıyor.

(2-3) yolu: Gaz sabit hacimde 420 K' e kadar ısıtılıyor. ( $C_v = 5/2 R$ )

(3-1) yolu: Son olarak gaz politropik olarak genişletilerek başlangıç noktasına dönülüyor.

Bu üç işlem sonunda,

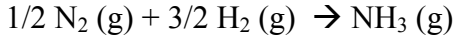
a)  $Q_{12} + Q_{32} + Q_{31} = W_{12} + W_{23} + W_{31}$

b)  $\Delta S_{12} + \Delta S_{23} + \Delta S_{31} = 0$  olduğunu gösteriniz.

8. 1 mol ideal gazın ( $P_1$ ) basıncından ( $P_2$ ) basıncına kadar politropik olarak sıkıştırılması halinde entropi değişiminin,

$\Delta S = (C_v - C_p/n) \ln P_2/P_1$  olduğunu ve politropik sıkıştırma işleminde daima  $\Delta S < 0$  olacağını gösteriniz.

9. Amonyak sentez reaksiyonunun 25°C sıcaklıkta kendiliğinden yürüyüp yürümeyeceğini ve 25 °C de reaksiyon denge sabitini hesaplayınız.



Not: Standart oluşum entalpi ve entropileri:

$$h^{\circ}_{NH_3} = -46191 \text{ J/mol}$$

$$s^{\circ}_{NH_3} = 192,5 \text{ J/mol.K} \quad s^{\circ}_{N_2} = 191,6 \text{ J/mol.K} \quad s^{\circ}_{H_2} = 130,7 \text{ J/mol.K}$$

10. 25°C de suyun elementlerine kendiliğinden ayrışıp ayrışmayacağını bulunuz.

Not: Standart oluşum entalpi ve entropileri:

$$h^{\circ}_{H_2O} = -241830 \text{ J/mol}$$

$$s^{\circ}_{H_2O} = 192,5 \text{ J/mol.K} \quad s^{\circ}_{O_2} = 205,2 \text{ J/mol.K} \quad s^{\circ}_{H_2} = 130,7 \text{ J/mol.K}$$

11.  $T_1$  K sıcaklığında (n) mol ideal gaz ile  $T_2$  K sıcaklığındaki (n) mol ideal gaz birbiri ile izole bir sistem içinde ve sabit basınç altında karıştırılıyor. ( $T_1 > T_2$ ). Bu işlemin tersinmez bir olay olduğunu gösteriniz.

Not : Her iki gazın mol ısısı aynıdır.

12. Termal denge halinde olan izole bir sistem içinde kendiliğinden bir sıcaklık farkı oluşamayacağını gösteriniz.

13. + 5 °C sıcaklıktaki suyun -5 °C sıcaklık ve 1 atm basıncında olan bir ortam içinde bırakıldığında kendiliğinden donarak buz haline geleceğini gösteriniz.

Not: Suyun ve buzun sabit basınçtaki molar ısıları söz konusu sıcaklık aralığında  $C_p = 75,3 \text{ J/K mol}$  ve  $C_p = 37,7 \text{ J/K mol}$ 'dür. Buzun erime ısısı  $\Delta h = 6020 \text{ J/mol}$ 'dür.

14. Aşağıdaki işlemin mümkün olup olmayacağını inceleyiniz. 4 bar basıncında ve 20° C sıcaklıkta 2 mol hava bir soğutma makinesine girmektedir. Makine bu havanın 1 molünü 80°C sıcaklıkta ve 1 bar basınçta, öteki molünü de 1 bar basınçta ve -40 °C sıcaklıkta iki kısma ayırmaktadır. Dışarıdan hiçbir iş yapılmamakta ve ısı alış veriş olmamaktadır.

Not: Hava için  $C_p = 7/2 R$ 'dir. ( Bu değerin 180 °C ve -40°C arasında sabit kaldığı kabul edilecektir.

15. Kızgın buhar üreten aşağıdaki makinenin çalışmasının mümkün olup olmayacağını gösteriniz. Makineye yalnız 100°C sıcaklıkta 1 kg doymuş buhar girmekte ve bu 0°C de 1 kg doymuş su olarak çıkmaktadır. Makine bir seri işlemden sonra 1 kg buhardan aldığı 1800 kJ ısıyı 1 bar basınç ve 175 °C da kızgın buhar üretmekte kullanmaktadır. Makine sınırsız miktarda soğutma suyu kullanabilecektir. Çevre sıcaklığı 0°C dır. Bu koşullarda makinenin çalışıp çalışmayacağını inceleyiniz.

16. 20 °C sıcaklıktaki 1 mol ideal gaz aşağıdaki dört yolla 100 °C e kadar sabit basınç altında ısıtılacaktır. ( $C_p = 7/2 R$ )

a) 110 °C sıcaklıktaki bir ısı kaynağında,

- b) 500 °C sıcaklıktaki bir ısı kaynağında,
- c) İçine 500 °C sıcaklıkta aynı gazdan yeterli miktarda katılarak,
- d) Elektrikli ısıtıcı ile.

Bu yolların her birinde kayıp işi ve termodinamik verimi hesaplayınız.

Not: Çevre sıcaklığı 20°C dur.

17. Bir ısı değıştircisi ile hava, 20 °C dan 90 °C a kadar ısıtılacaktır. Bu amaçla 180 °C da sıcak bir hava kullanılmaktadır. Isıtılan ve ısınan havanın mol sayıları birbirine eşit ise ve çevreye hiç ısı kaçağı olmuyorsa,

- a) her iki havanın entropi değışimlerini hesaplayınız.
- b) Bir mol havanın ısıtılması halinde kayıp iş nedir?
- c) Isıtılan bir mol hava başına ısı değıştircisinden çevreye 100 J ısı kaçağı olduğu kabul edilirse kayıp iş ne olur?

Not: Havanın ortalama mol ısısı  $C_p = 7/2 R$  dir. Çevre sıcaklığı 20 ° C dur.