Dalam percobaan ini, kita masukkan 2,94 J ke dalam sistem, sistem kemudian mengeluarkan 73,7 J, maka menurut hukum ke-1, energi dalam sistem telah berkurang sebanyak (73,7-2,94) J = 79,76 J

iii $TdS = Cp\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P dV + Cv\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V dP = \frac{Cp}{\beta V} dV + \frac{Cvk}{\beta} dP$

penurunannnya :

S=S(V,P), maka $dS = \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_P dV + \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_V = \text{Pakai aturan rantai , maka}$

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P dV + \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V dP$$

$$TdS = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P dV + T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V dP$$

pemakaian :

- Untuk gas ideal berlaku : $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_P = \frac{P}{nR} = \frac{T}{V}$, dan $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V = \frac{V}{nR} = \frac{T}{P}$, maka rumus 11.5 menjadi $TdS = CpT\,\frac{dV}{V} + CvT\,\frac{dP}{P}$ atau $dS = Cp\frac{dV}{V} + Cv\frac{dP}{P}$ \
- Rumus (11.5) diatas dipakai dalam soal menyangkut perubahan volum dan atau perubahan pada proses isentrop ataupun non-isentrop

11.5

pernah diturunkan hubungan $Cp - Cv = \left[P + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T\right]\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$, maka untuk mengetahui Cp-Cv, selain perlu kita ketahui persamaan keadaan, juga energi dalam U sistem sebagai fungsi V dan T

Sekarang akan diturunkan rumus dimana Cp-Cv dapat diturunkan dari persamaan keadaan saja.

Apabila kedua persamaan TdS pertama diatas kita samakan, diperoleh :

$Cv\,dT + T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dV = CpdT - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dP$ atau

$$dT = \frac{R\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V}{Cp - Cv} dV + \frac{T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P}{Cp - Cv} dP$$ ; tetapi $dT = \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P dV + \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V dP$

Dengan menyamakan masing-masing diferensial parsial, diperoleh :

$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P = \frac{R\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V}{Cp - Cv}$ dan $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V = \frac{T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P}{Cp - Cv}$ yang kedua-duanya menghasillkan :

$Cp - Cv = T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ , yang dapat diubah menjadi :

$$\begin{aligned} Cp - Cv &= +\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \\ &= -T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P^2 \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T \\ &= \frac{TV\beta^2}{K_T} \end{aligned}$$

Catatan :

- Nyara bahwa (Cp-Cv) dapat diperoleh dari persamaa keadaan saja ;
- Karena $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T = \frac{1}{\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T}$ untuk semua zat adalah negatif, maka Cp-Cv selalu bertanda positif;
- Nyata juga bahwa Cp-Cv dapat dinaytaka dalam besaran yang mudah diukur, hingga rumus (11.6) diatas memungkinkan kita membuat pengujian eksperimental terhadap teori-teori tentang Cv

Persamaan tentang $\gamma = \frac{Cp}{Cv}$

Dari persamaan (11.3) proses isentrop : $0 = CvdT_S + T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dV_S$

Dari persamaan (11.4) proses isentrop : $0 = CpdT_S + T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_P dP_S$

Bagikan : $\gamma = -\frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P}{\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V}\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T \frac{1}{\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_S} = \frac{K_T}{K_S}$

Karena $\gamma > 1$, maka $K_T$ selalu > Ks

Nyata $\gamma$ dapat diketahui dari persamaan keadaan dan dari fungsi entropi selain dari eksperimen.

11.6

hukum ke-1 untuk proses reversibel : TdS = dU+PdV

11.4 Diketahui bahwa untuk suatu gas berlaku $\beta = \frac{1}{T}$ dan Cp-Cv = nR meskipun gas itu tidak ideal.

Tentukan persamaan keadaannya serta energi dalamnya.