مثال دوم: (1lbmol) اتان در $2\,ft^3$ و دمای (F) 122 قرار دارد. فشار گاز را با استفاده از معادلات زیر محاسبه کنید.

الف) استفاده از قانون گاز ایده‌آل ب) معادله ردلیچ/کوانگ ج) معادله پنگ/رابینسون

A

Ideal gas: $P = \frac{RT}{V} = \frac{(0.7302)(122+459.67)}{2} = 212.4 \text{ atm}$

$P = 212.4 \text{ atm}$

B

RK Equation:

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a(T)}{v(v+b)}$$

T_c, P_c را از جدول ضمائم کتاب می‌گیریم $T_r = \frac{T}{T_c} = \frac{581.67}{343.1} = 1.695$

$$a = \Psi \frac{\alpha(T_r) R^2 T_c^2}{P_c} \qquad a(T_r) = T_r^{-1/2}$$

$$b = \Omega \frac{RT_c}{P_c}$$

$$a = 0.42748 \frac{(1.695)^{-1/2} (0.7302)^2 (343.1)^2}{45.4} \rightarrow a = 453.94 \text{ atm} ft^6$$

$$b = 0.08664 \frac{(0.7302)(343.1)}{45.4} = 0.4781 \text{ ft}^3 \rightarrow b = 0.4781 \text{ ft}^3$$

$$P = \frac{(0.7302)(581.67)}{2 - 0.4781} - \frac{453.94}{2(2+0.4781)} = 187.49 \text{ atm}$$

$\Rightarrow P = 187.49 \text{ atm}$

C

روش تکراری: استفاده از رابطه ضریب تراکم پذیری و استفاده از روش ترسیمی برای محاسبه P_r

$$P = \frac{ZRT}{V} = \frac{Z(0.7302)(581.67)}{2} = 212.4Z$$

$$P = P_c P_r = 45.4 P_r$$

$$Z = \frac{45.4 P_r}{212.4} = 0.2138 P_r \rightarrow P_r = \frac{Z}{0.2138}$$

$\omega = 0.012$ و $T_r = 1.095$, $P_r = 4.14$ در E.4 , E.3 از جدول Z^0, Z^1 را

$$Z = Z^0 + \omega Z^1$$

$$= 0.887 + (0.012)(0.258) = 0.890$$

$$P = \frac{ZRT}{v} = \frac{(0.890)(0.7302)(581.67)}{2} \rightarrow P = 189.0 \text{ atm}$$

فصل سوم :

۱- ارتباط بین ضرایب معادله ویریال را بدست آورید.

① $Z = 1 + B'P + C'P^2 + D'P^3 + \cdots$

② $Z = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \frac{D}{V^3} + \cdots$

② داریم: $\frac{PV}{RT} = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \frac{D}{V^3} + \cdots \Rightarrow P = \frac{RT}{V} + \frac{BRT}{V^2} + \frac{CRT}{V^3} + \frac{DRT}{V^4} + \cdots$

① داریم: $\frac{PV}{RT} = 1 + B'\left(\frac{RT}{V} + \frac{BRT}{V^2} + \frac{CRT}{V^3} + \cdots\right) + C'\left(\frac{RT}{V} + \frac{BRT}{V^2} + \cdots\right)^2 + D'\left(\frac{RT}{V} + \frac{BRT}{V^2} + \cdots\right)^3$

جایگذاری

$$= \frac{V}{RT}\left(\frac{RT}{V} + \frac{BRT}{V^2} + \cdots\right)$$

$$\Rightarrow 1 + \frac{BRT}{V} + \frac{BB'RT}{V^2} + \frac{B'CRT}{V^3} + \frac{B'DRT}{V^4} + \frac{C'(RT)^2}{V^3} + \frac{2BC'(RT)^2}{V^4} + \frac{CB'^2(RT)^2}{V^4} + \cdots$$

$$+ D'\frac{(RT)^3}{V^3} + \frac{D'B^3(RT)^3}{V^6} + \frac{3D'B(RT)^3}{V^4} + \frac{3D'B^2(RT)^3}{V^5} + \cdots$$

$$= 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \frac{D}{V^3} + \cdots$$

$$\Rightarrow \frac{B'RT}{V} = \frac{B}{V} \Rightarrow B' = \frac{B}{RT} \checkmark$$

$$\frac{BB'RT}{V^2} + \frac{C'(RT)^2}{V^2} = \frac{C}{V^2} \Rightarrow B^2 + C'(RT)^2 = C \Rightarrow C' = \frac{-B^2 + C}{(RT)^2}$$

$$\frac{B'CRT}{V^3} + \frac{2BC'(RT)^2}{V^3} + \frac{D'(RT)^3}{V^3} = \frac{D}{V^3} \Rightarrow BC + 2B(-B^2 + C) + D'(RT)^3 = D$$

$$\Rightarrow D' = \frac{D - 3BC + 2B^3}{(RT)^3}$$

2-3 اثبات کنید رابطه ضرایب ترمودینامیکی همواره صادق است.

$$\left(\frac{\partial \beta}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial K}{\partial T}\right)_P$$

$$dv = \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial v}{\partial P}\right)_T dP = \beta v\, dT - k v\, dP$$

$$\left(\frac{\partial(\beta v)}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial(kv)}{\partial T}\right)_P$$ اثبات کامل شد.

4-3 برای ایزوترم ضریب تراکم پذیری گاهی اوقات به صورت زیر تقریب زده می‌شود:

$$K = \frac{c}{v(P+b)}$$

که c و b توابعی از دما هستند. کار لازم برای تراکم 1kg آب در دمای 60°C از 500 بار به 2700 بار چقدر است؟ چقدر گرما باید دریافت کند؟

$T = 60\,^\circ C$

$P = 2700\ bar$

$c = 0.125\ \frac{cm^3}{gr}$

$$w = -\int P dv \quad , \quad K = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial v}{\partial P}\right)_T \Rightarrow kv = -\frac{\partial v}{\partial P} \Rightarrow -\frac{\partial v}{\partial P} = \frac{c}{P+b}$$

$$w = -\int \frac{-P c\, dP}{P+b} = c\int \frac{(P+b)-b}{P+b} dP = c\int_{P_1}^{P_2}\left(1-\frac{b}{P+b}\right) dP$$

$$w = c\left(\Delta P - b \ln\frac{P_2+b}{P_1+b}\right) = 125\times 10^{-6}\left(\frac{m^3}{kg}\right)\left(499 - 2700 \ln\left(\frac{500+2700}{1+2700}\right)\times 10^5\right)$$

$$\Rightarrow w = 516\ \frac{j}{kg} = 0.516\ \frac{j}{gr}$$

3- 58 گرم نرمال بوتان در دمای 60 درجه فارنهایت و فشار 1atm معادل 1 تن برن گیری سوخت موتور ماشین استفاده شود، حجم مخزن مورد نیاز برای نگهداری بوتان در فشار 3000 psia و 60 درجه فارنهایت هم ارز مقدار نرمال با 10 تن برن چقدر است؟

10 تن برن $\rightarrow V_{gas} = 1400\ ft^3$ $\begin{cases} 60\ ^\circ F \\ 1atm \end{cases}$ $\rightarrow$ شرایط نرمال

ایده‌آل $PV = nRT \Rightarrow 1(atm) * 1400(ft^3) = 0.7302\left(\frac{ft^3 . atm}{lbmol.R}\right) * n * 520\ (R)$

$\Rightarrow n = 3.687\ lbmole$

غیر ایده‌آل $\begin{cases} 3000\ Psia \\ 60\ ^\circ F \end{cases}$ $PV = nZRT$ چگونه از رابطه سوال قبل استفاده شود

$Z = Z^\circ + \omega Z'$ $T_c = 190.6\ K = 343.08\ R$, $P_c = 45.99\ bar$, $\omega = 0.012$

$\begin{cases} T_r = \frac{520}{343} = 1.516 \\ P_r = \frac{3000}{45.99 * 14.6} = 4.468 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z^\circ = 0.819 \\ Z' = 0.234 \end{cases}$

$\Rightarrow Z = 0.819 + (0.234 * 0.012) = 0.822$

$\Rightarrow \frac{3000}{14.6}(bar) * V = 3.687 * 0.822 * 0.7302 * 520$

$\Rightarrow V = 5.6\ ft^3$

3- 35 - Z ، V را برای بخار آب در دمای 250°C و فشار 1800 kPa از طریق زیر تعیین کنید

الف) معادله ویریال ساده شده به صورت تابعی از حجم:

$B = -152.5 \frac{cm^3}{mole}$ $\quad C = -5800 \frac{cm^6}{mole^2}$ $\quad \left(Z = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2}\right)$

ب) معادله ویریال ساده شده که B را از رابطه تعمیم یافته پیتزر بدست آید

$\left(Z = 1 + \frac{BP}{RT}\right)$

ج) جدول بخار

الف) $\frac{PV}{RT} = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} \Rightarrow \frac{1800 * 10^3 * V * 10^{-6}}{8.314 * 523.15} = 1 - \frac{152.5}{V} - \frac{5800}{V^2}$

$\Rightarrow 4.14 * 10^{-4} V = 1 - \frac{152.5}{V} - \frac{5800}{V^2} \Rightarrow 4.14 * 10^{-4} V^3 = V^2 - 152.5V - 5800$

$\Rightarrow V^3 - 2415.5 V^2 + 3.7 * 10^5 V + 1.4 * 10^7 = 0 \Rightarrow \begin{cases} V^{vap} = 2248.1 \frac{cm^3}{mole} \\ V^{liq} = 198.69 \frac{cm^3}{mole} \end{cases}$

$Z = \frac{PV}{RT} = \frac{1.8 * 10^6 * 2248.1 * 10^{-6}}{8.314 * 523.15} = 0.93$

ب) $B = \hat{B} \frac{RT_c}{P_c}$ ، $\hat{B} = B_0 + \omega B_1$ $\quad T_r = \frac{523.15}{647.1} = 0.808$ $\quad Pr = \frac{1800/101.325}{220.55} = 0.0801$

$\omega = 0.345$

$\begin{cases} B_0 = -0.51 \\ B_1 = -0.281 \end{cases} \Rightarrow Z = 1 + (B_0 + \omega B_1) \frac{Pr}{T_r} = 0.939$

$Z = \frac{PV}{RT} \Rightarrow V = 2268 \frac{cm^3}{mole}$

ج) $V = 124.99 \frac{cm^3}{gr} \Rightarrow v = 124.99 * 18 = 2252 \frac{cm^3}{mole}$

$Z = 0.939$

5/

۱۴- یک گاز ایده‌آل ابتدا در ۳۰°C و ۱۰۰ kPa تحت فرایند زیر یک سیکل بسته را طی می‌کند:

a) فرایند برگشت‌پذیر است، ابتدا به صورت آدیاباتیک تراکم می‌یابد تا ۵۰۰ kPa، سپس به صورت ثابت ۳۰°C و ۵۰۰ kPa خنک می‌شود سپس به صورت همدما به حالت اولیه منبسط می‌گردد.

b) مسیر سیکل با قبل یکسان است، اما در هر مرحله با بازده ۸۰٪ نسبت به حالت برگشت‌پذیر، فرایند برگشت‌ناپذیر است.

محاسبه کنید Q ، W ، ΔU ، ΔH برای هر مرحله فرایند و کل سیکل

$C_p = \frac{7}{2}R$ ، $C_v = \frac{5}{2}R$

مرحله ۱: $T_1 = 30^\circ C$ ، $P_1 = 100\ kPa$ ← مرحله ۲: $T_2 = ?$ ، $P_2 = 500\ kPa$ ، $Q = 0$ ← مرحله ۳: $T_3 = 30^\circ C$ ، $P_3 = 500\ kPa$ ، $P = cte$

مرحله ۴ (رفت): $T_4 = 30^\circ C$ ، $P_4 = 100\ kPa$

بدست آوردن T_2: برای آدیاباتیک $Q = 0$ ⇒ $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$ ⇒ $\frac{500}{100} = \left(\frac{T_2}{303.15}\right)^{\frac{7/5}{7/5-1}}$

$\Rightarrow T_2 = 5^{\frac{2}{7}} \times 303.15$

$\Rightarrow T_2 = 480.14\ K$

مرحله ۱-۲:

$\Delta U_{12} = C_v (T_2 - T_1) = \frac{5}{2}R(T_2 - T_1) = 3.679\ \frac{KJ}{mole}$

$\Delta H_{12} = C_p (T_2 - T_1) = 5.15\ \frac{KJ}{mole}$

$Q = 0$

$\Delta U_{12} = Q_{12} + W_{12} \Rightarrow -W_{12} = \Delta U_{12} = 3.679\ \frac{KJ}{mole}$

b)

مسیر 2-3

$$Q_{23} = \Delta H_{23} = C_p \Delta T = C_p (T_3 - T_2) = \frac{7}{2} R (303.15 - 480.14) = -5.15 \ \frac{KJ}{mole}$$

$$\Delta U_{23} = C_v \Delta T = \frac{5}{2} R (303.15 - 480.14) = -3.679 \ \frac{KJ}{mole}$$

$$\Delta U_{23} = Q_{23} + W_{23} \Rightarrow -3.679 = -5.15 + W_{23} \Rightarrow W_{23} = 1.471 \ \frac{KJ}{mole}$$

مسیر 3-1 (مسیر بی‌دررو)

$$\Delta U_{31} = \Delta H_{31} = 0$$

$$Q_{31} = +W_{31} = \int_3^1 p \, dV = \int p \, d\left(\frac{RT}{p}\right) = -RT_3 \int \frac{dp}{p} = -RT_3 \ln \frac{P_1}{P_3}$$

$$= -RT_3 \ln \frac{100}{500} = +4.056 \ \frac{KJ}{mole}$$

کل سیکل: $Q = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = -1.094 \ \frac{KJ}{mole}$

$$W = W_{12} + W_{23} + W_{31} = -1.094 \ \frac{KJ}{mol}$$

کل سیکل (چون نقطه ابتدا و انتها یکی است) $\Delta U = \Delta H = 0$

b)

$$W'_{12} = \frac{W_{12}}{0.8} \Rightarrow W'_{12} = -4.598 \ \frac{KJ}{mole}$$

$$\Delta U'_{12} = \Delta U_{12} = 3.679 \ \frac{KJ}{mole}$$

$$\Rightarrow \Delta U'_{12} = Q'_{12} + W'_{12} \Rightarrow Q'_{12} = -0.92 \ \frac{KJ}{mole}$$

$$W'_{23} = \frac{W_{23}}{0.8} \Rightarrow W'_{23} = -1.839 \ \frac{KJ}{mole}$$

$$\Delta U'_{23} = \Delta U_{23} = -3.679 \ \frac{KJ}{mole}$$

$$\Rightarrow \Delta U'_{23} = Q'_{23} + W'_{23} \Rightarrow Q'_{23} = -5.518 \ \frac{KJ}{mole}$$

$$W'_{31} = \frac{W_{31}}{0.8} \Rightarrow W'_{31} = +3.245 \ \frac{KJ}{Kg}$$

$$\Delta U'_{31} = \Delta U_{31} = 0$$

$$\Rightarrow \Delta U'_{31} = Q'_{31} + W'_{31} \Rightarrow Q'_{31} = +3.245 \ \frac{KJ}{Kg}$$

کل سیکل: $Q = -3.192 \ \frac{KJ}{Kg}$

$$W = -3.192 \ \frac{KJ}{Kg}$$

25- روش پیمانکاران حجم داخلی V_B^t یک استوانه فلزی شامل مراحل زیر است. استوانه را ابتدا در فشار جو P_1 پر می‌کنند. از طریق لوله کوچک و شیری به یک مخزن اصلی تحت خلأ با حجم معلوم V_A^t متصل می‌شود و سپس شیر باز می‌شود، گاز از طریق لوله وارد مخزن اصلی جریان می‌یابد. پس از اینکه سیستم به دمای اولیه خود برمی‌گردد یک فشارسنج حساس مقدار تغییر فشار ΔP در استوانه را مشخص می‌کند. حجم استوانه V_B^t را با داده‌های زیر به دست آورید:

$V_A^t = 256\ cm^3$

$\frac{\Delta P}{P_1} = -0.0639$

if gas $\rightsquigarrow$ ideal $PV = RT$

$P_1 V_B = P_2 (V_A + V_B)$

$P_1 V_B = P_2 V_A + P_2 V_B \Rightarrow \Delta P\, V_B = -P_2 V_A + P_1 V_A - P_1 V_A$

$\Delta P\, V_B = -\Delta P\, V_A - P_1 V_A$

$\Delta P (V_A + V_B) = -P_1 V_A$

$\Rightarrow \frac{-\Delta P}{P_1} = \frac{V_A}{V_A + V_B} \Rightarrow 0.0639 = \frac{256}{256 + V_B}$

$\Rightarrow V_B = 3750.3\ cm^3$

* سیلندر پیستون به حجم $0.1\,m^3$ حاوی $0.5\,kg$ بخار در فشار $0.4\,MPa$ است. این بخار را تا دمای $300\,^\circ C$ گرم می‌کنیم. کار و انتقال گرما را در این فرایند به دست آورید.

$$\Delta E = Q - W$$

$$\Delta U + \Delta KE + \Delta PE = Q - W = Q - W_s - \Delta(PV)$$

هیچ تغییری در انرژی جنبشی و پتانسیل نداریم.
کار توسط حرکت مرزی صورت می‌گیرد.
فرایند فرایند شبه‌تعادلی است.

$P = cte$

$$\Rightarrow \Delta U = Q - P\Delta V$$

$$\Rightarrow m(u_2 - u_1) = Q - mp(v_2 - v_1)$$

$$\Rightarrow Q = m([u_2 - pv_2] - [u_1 - pv_1]) = m(h_2 - h_1)$$

$$v_1 = \frac{V_1}{m} = \frac{0.1}{0.5} = 0.2 \quad \xrightarrow{0.4\,MPa} v_1 = 0.2 \Rightarrow \begin{cases} v_f = 0.001084 \ m^3/kg \\ v_{fg} = 0.4614 \ m^3/kg \end{cases}$$

$$v_1 = v_{f1} + x_1 v_{fg} \Rightarrow 0.2 = 0.001084 + x_1\, 0.4614 \Rightarrow x_1 = 0.4311$$

$$\Rightarrow \begin{cases} h_f = 602.74 \ kJ/kg \\ h_{fg} = 2133.8 \ kJ/kg \end{cases} \Rightarrow h_1 = h_f + x_1 h_{fg} = 1524.7 \ kJ/kg$$

$$\left.\begin{array}{l} P = 0.4\,MPa \\ T = 300\,^\circ C \end{array}\right\} \longrightarrow \begin{array}{l} h_2 = 3066.8 \ kJ/kg \\ v_2 = 0.6548 \ m^3/kg \end{array}$$

$$Q = 0.5\,(3066.8 - 1524.7) = 771.1 \ kJ$$

$$N = mP(v_2 - v_1) = 0.5 * 400\,(0.6548 - 0.2) = 91 \ KJ$$

$$\Delta U = Q - W = 771.1 - 91 = 680.1 \ kJ$$

22 نیتروژن در حالت پایدار یک لوله عایق شده افقی با قطر داخلی 1.5 in جریان دارد. جریان به داخل یک شیر خفه‌کن با دبی حاصل می‌شود

فشار خروجی شیر 20 psia و دبی 20 lb/s و دمای ورودی 120 °F و فشار 100 psia (689.5 kPa) می‌باشد. اگر فشار قبل از شیر

باشد، دما چقدر است؟ فرض کنید PV/T برای نیتروژن مقداری ثابت است.

$C_p = \frac{7}{2}R$, $C_v = \frac{5}{2}R$

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$ $\qquad$ $\frac{PV}{T} = cte$

$\rho_1 u_1 A_1 = \rho_2 u_2 A_2$ $\qquad$ $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

$\Delta H + \frac{1}{2g_c}\Delta u^2 + \frac{g}{g_c}\Delta z = q + w$

$\Rightarrow u_2 = u_1 \frac{\rho_1}{\rho_2} = u_1 \frac{V_2}{V_1} = u_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\frac{P_1}{P_2}\right)$

$\Rightarrow \Delta H = -\frac{\Delta u^2}{2g_c}$

$\Rightarrow \Delta H = +\frac{u_1^2}{2g_c \times 778.16}\left(1 - \left(\frac{T_2}{T_1}\frac{P_1}{P_2}\right)^2\right) = \frac{7}{2}R \times \Delta T$

$\Rightarrow \frac{400}{2 \times 32.174 \times 778.16 \times \frac{7}{2} \times \left(\frac{1.986}{28}\right)}\left(1 - \frac{25}{800}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2\right) = \Delta T$

$\Rightarrow 0.0322\left(1 - \frac{25}{800}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2\right) = \Delta T \Rightarrow T_2' = T_1 + 0.0322\left(1 - 25\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2\right)$

فرض اولیه: $T_2 = 570 \Rightarrow T_2' = 578.02\ ^\circ R$

$T_2 = 578.02 \Rightarrow T_2' = 578.299\ ^\circ R$

13 - 18 - 19 - 21 - 26 - 29

۲۵- در یک لوله مستقیم افقی که آب (با دانسیته 28 °C) جریان دارد، در قسمتی از لوله قطر داخلی 1 in (2.54 cm) است سرعت آب 45.93 ft/s (14 m/s) می‌باشد. اگر قطر لوله ناگهان به 1.5 in (3.81 cm) برسد تغییر فشار آب چقدر است؟ اگر قطر لوله 3 in (7.62 cm) شود چطور؟ بیشترین تغییر فشار برای کاهش قطر لوله چقدر است؟

SI: $\Delta H + \frac{1}{2}\Delta u^2 + g\Delta z = \hat{Q} + \hat{W}$

افقی

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$

$\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2 \Rightarrow V_2 = V_1 \frac{A_1}{A_2} = V_1 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$

$\Delta H + \frac{1}{2}\Delta u^2 = 0$

$\Rightarrow \Delta H = \frac{1}{2}(u_2^2 - u_1^2) = \frac{1}{2} u_1^2 \left(1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4\right)$

$D_1 = 2.54$ cm

$D_2 = 3.81$ cm $\Rightarrow \Delta H = \frac{1}{2}(14)^2\left(1 - \left(\frac{2.54}{3.81}\right)^4\right) = 78.64$

$V_1 = 14$ m/s

$\Rightarrow \Delta T = \frac{78.64}{C_p} = \frac{78.64}{4180} = 0.0188$ °C

$\Delta H + \frac{1}{2g_c}\Delta u^2 + \frac{g}{g_c}\Delta z = \hat{Q} + \hat{W}$

فقط دقت شود واحد C_p به چه صورت $\frac{Btu}{lb}$ باشد برای همین از ضریب 778.16 $\frac{ft\,lbf}{Btu}$ استفاده می‌کنیم

$\Delta H = \frac{1}{2g_c} u_1^2 \left(1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4\right) / 778.16$

$C_p = 4.18 \frac{kJ}{kg\cdot°C} * \frac{10^3 J}{kJ} * \frac{1\,Btu}{1055.06\,J}$

$* \frac{1\,kg}{10^3\,gr} * \frac{453.59\,gr}{1\,lbm} * \frac{1°C}{1.8°F}$

$= 0.998 \frac{Btu}{lbm\cdot°F}$

$C_p \Delta T = \frac{1}{2g_c * 778.16} u_1^2 \left(1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4\right)$

$\Delta T = \frac{1}{2 * 32.174 * 778.16 * 0.998} (45.93)^2 \left(1 - \left(\frac{1}{1.5}\right)^4\right)$

$\Delta T = 0.0339\ °F * \frac{1°C}{1.8°F} = 0.0188$ °C

بیشترین تغییر فشار زمانی است که $D_2 = \infty$ شود

$\Delta T = \frac{1}{2C_p} u_1^2 = \frac{98}{4180} = 0.0234$ °C