

حرارت و سیالات

۱- اگر در یک سیکل تبرید تراکمی افزایش فشار در کمپرسور 120 kPa بوده و در شیر انبساط دمای سیال عامل از 35°C به 15°C - برسد ضریب

ژول - تامسون سیکل، μ_J ، بر حسب $\frac{\text{K}}{\text{kPa}}$ به کدام مقدار نزدیک تر است؟

- (۱) -0.042 (۲) -0.03
(۳) 0.03 (۴) 0.042

۲- مخزن ذخیره هوا دارای حجم 1 m^3 و فشار 1 MPa در دمای محیط $T_0 = 25^\circ\text{C}$ است. به دلیل نشتی شیر این مخزن، هوای داخل مخزن بطور تدریجی تا فشار محیط 100 kPa تخلیه می گردد. برگشت ناپذیری بر واحد

جرم در فرایند نشتی هوا از مخزن چند $\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$ می باشد؟

(مخزن را آدیاباتیک و هوا را گاز ایده آل فرض کنید).

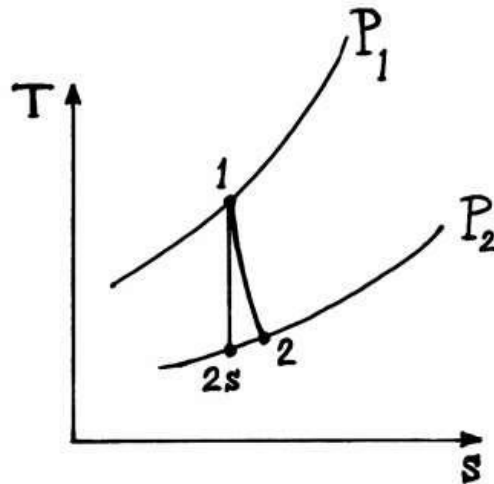
$$R = 0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \text{ و } c_p = 1.003 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \text{ هوا}$$

- (۱) 197 (۲) 123
(۳) 0 (۴) -30

۳- برای یک گاز کامل، مقدار $\left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T$ کدام است؟

- (۱) صفر (۲) ρR
(۳) vR (۴) PR

- ۴ - بخار آب در حالت ۱ وارد یک توربین غیر برگشت پذیر شده و در حالت ۲ از آن خارج می شود. کار برگشت پذیر این توربین کدام است؟ (زیرنویس صفر نشان دهنده شرایط محیط است و از تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیل صرف نظر می شود).



- (۱) $h_1 - h_2$
 (۲) $h_1 - h_{2s}$
 (۳) $(h_1 - h_2) - T_0(s_1 - s_2)$
 (۴) $(h_1 - h_{2s}) - T_0(s_1 - s_{2s})$

- ۵ - مقداری هوای مرطوب با دمای خشک T_1 و رطوبت نسبی 50% وارد یک کمپرسور با نسبت فشار ۲ می گردد. با فرض اینکه بخار آب و هوا مخلوط گاز ایده آل باشند، دمای نقطه شبنم هوای خروجی از کمپرسور کدام است؟
 (۱) کوچکتر از T_1
 (۲) برابر با T_1
 (۳) بزرگتر از T_1
 (۴) بستگی به فشار هوای ورودی به کمپرسور دارد.

- ۶ - یک سیستم حاوی گاز ایده آل ابتدا در فشار P و حجم V می باشد. این گاز در حجم ثابت حرارت داده می شود تا دمای آن دو برابر گردد. سپس در فشار ثابت حرارت از دست می دهد تا دمای آن به دمای اولیه اش برسد. کار انجام شده کل کدام است؟ (سیستم دارای جرم معینی می باشد).

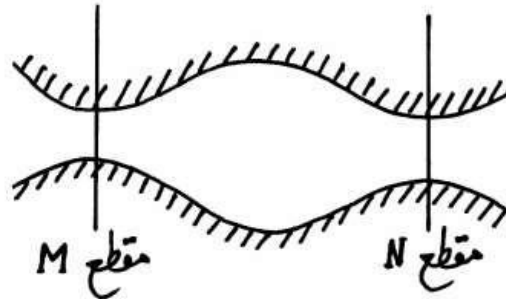
- (۱) $\frac{1}{2}PV$
 (۲) PV
 (۳) $2PV$
 (۴) $4PV$

۷ - شرایط یک گاز ایده‌آل در دو مقطع M و N در عبور از یک کانال به صورت زیر است:

$$P_N = 115 \text{ kPa}, T_N = 47^\circ \text{C}, P_M = 120 \text{ kPa}, T_M = 87^\circ \text{C}$$

جریان پایا و کانال آدیاباتیک است. کدام یک از پاسخ‌های زیر تناقضی با اصول ترمودینامیک ندارد؟

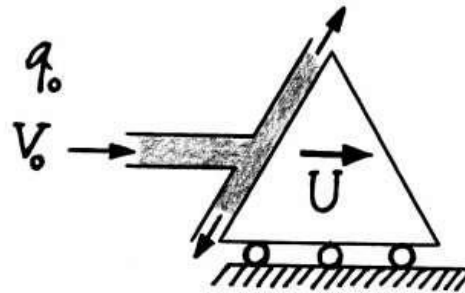
$$(R = 0.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \text{ ثابت گاز}, c_p = 1.5 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \text{ گرمای ویژه گاز})$$



(۱) جریان از N به M است. (۲) جریان میتواند دوطرفه باشد.

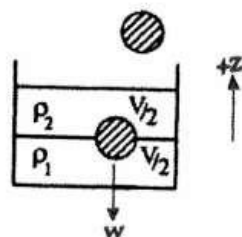
(۳) جریان از M به N است. (۴) جریان وجود ندارد.

۸ - یک جسم مطابق شکل زیر با سرعت ثابت U از جتی با دبی q_0 و سرعت V_0 در حال دور شدن است. در چه سرعتی از U بر حسب V_0 ، توان ماکزیمم از جت به جسم منتقل می‌شود؟ (از وزن آب صرف نظر کنید).



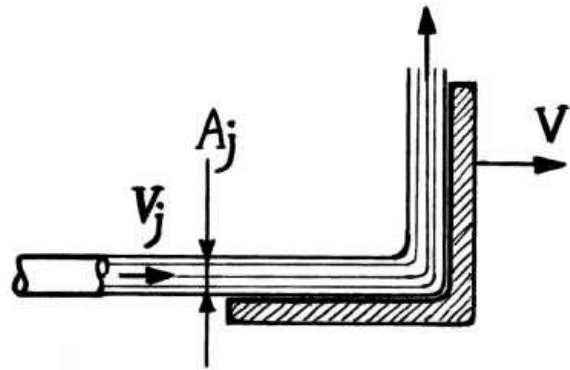
- (۱) $\frac{V_0}{3}$
- (۲) $\frac{V_0}{2}$
- (۳) V_0
- (۴) $2V_0$

۹ - شکل زیر کره‌ای با دانسیته مجهول را نشان می‌دهد که در سطح حائل بین دو مایع غیر قابل امتزاج با دانسیته‌های معلوم ρ_1 و ρ_2 قرار گرفته است. با فرض اینکه نیمی از کره در تماس با هریک از این دو سیال باشد، دانسیته کره چقدر است؟



- (۱) $\frac{\rho_1 - \rho_2}{2}$
- (۲) $\rho_1 - \rho_2$
- (۳) $\frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$
- (۴) $\rho_1 + \rho_2$

- ۱۰- جت آبی مطابق شکل زیر به یک پایه متحرک برخورد می کند. این پایه جریان را 90° منحرف می نماید، ولی مقدار سرعت جریان را تغییر نمی دهد. با صرف نظر از کلیه افت های اصطکاکی، میزان نیروی افقی وارده به پایه چقدر باشد تا پایه شتاب نگیرد؟ (از وزن آب و پایه صرف نظر کنید.)



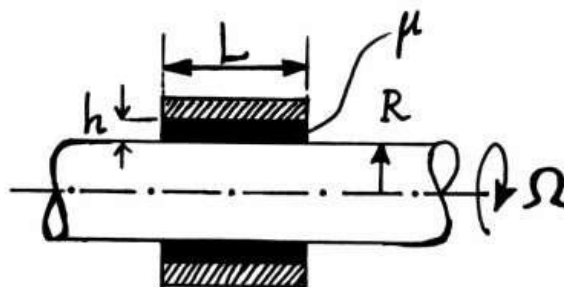
$$\begin{aligned} (1) \quad & \rho_j A_j (V_j - V) V \\ (2) \quad & \rho_j A_j V_j (V_j - V) \\ (3) \quad & \rho_j A_j V_j (V_j + V) \\ (4) \quad & \rho_j A_j (V_j - V)^2 \end{aligned}$$

- ۱۱- در جریان آرام داخل لوله ها، دبی جریان Q ، تابعی از شعاع لوله R ، لزجت سیال μ و مقدار افت فشار در راستای طول لوله $\frac{dP}{dx}$ ، فرض شده است. کدام گزینه گروه یا گروه های بی بعد حاکم بر این مسأله را نشان می دهد؟

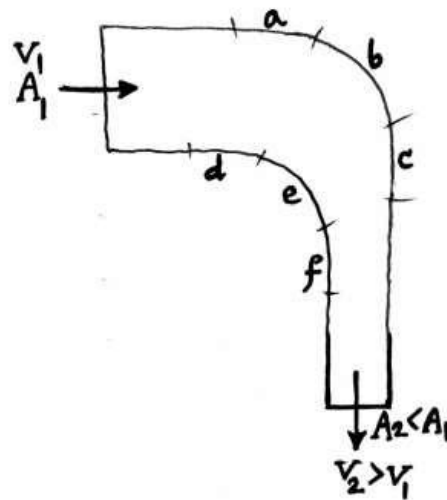
$$\begin{aligned} (1) \quad & \frac{\rho u L}{\mu} \\ (2) \quad & \frac{Q \mu}{R^4 \left(\frac{dP}{dx} \right)} \\ (3) \quad & \frac{Q \mu}{R^2 \left(\frac{dP}{dx} \right)} \text{ و } \frac{\rho u L}{\mu} \\ (4) \quad & \frac{Q \mu}{R^4 \left(\frac{dP}{dx} \right)} \text{ و } \frac{\rho u L}{\mu} \end{aligned}$$

- ۱۲- شکل زیر محوری به شعاع R را نشان می دهد که در داخل یک یاتاقان و در تماس با یک روغن خاص با سرعت زاویه ثابت Ω دوران می نماید. اگر بخواهیم که سرعت زاویه ای این محور دو برابر شود، توان مورد نیاز باید برابر شود.

$$\begin{aligned} (1) \quad & \sqrt{2} \\ (2) \quad & 2 \\ (3) \quad & 4 \\ (4) \quad & 8 \end{aligned}$$



۱۳- در مورد جریان سیال ایده آل (غیر لزج، غیر قابل تراکم و غیر چرخشی) درون نازل خمیده مقابل کدام صحیح است؟



- (۱) سیال در نواحی d و c با گرادیان فشار معکوس مواجه است.
- (۲) سیال در نواحی b و e با گرادیان فشار معکوس مواجه است.
- (۳) در جریان داخل نازل گرادیان معکوس فشاری وجود ندارد.
- (۴) سیال در نواحی a و f با گرادیان فشار معکوس مواجه است.

۱۴- توزیع دما در یک دیواره یک بعدی، مطابق شکل زیر است. کدام گزینه صحیح است؟

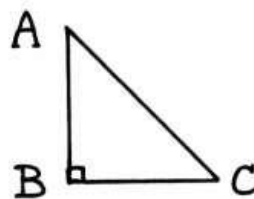


- (۱) شار حرارتی در عرض دیواره ثابت است.
- (۲) ضریب انتقال حرارت هدایتی دیواره با افزایش دما کاهش می یابد.
- (۳) دیواره دارای منبع تولید حرارت بوده و یک سمت آن عایق است.
- (۴) دیواره دارای منبع تولید حرارت بوده و شار حرارتی در جهت X کاهش می یابد.

۱۵- اگر در روش ظریف یکپارچه عدد Biot با کم کردن طول مشخصه، نصف شود، زمان رسیدن جسم به دمای مشخص
 (۱) نصف می شود.
 (۲) دو برابر می شود.
 (۳) به نسبت $\ln 2$ بزرگتر می شود.
 (۴) به نسبت e^2 کوچکتر می شود. (e عدد نپر)

۱۶- در یک میله بلند استوانه‌ای توپر به قطر ۱ سانتی‌متر حرارت به صورت $\frac{W}{m^3} \times 10^4$ تولید می‌شود. اگر ضریب هدایت حرارتی میله $25 \frac{W}{m^{\circ}C}$ باشد، اختلاف دمای مرکز میله و سطح آن چند درجه سانتیگراد است؟
 (۱) ۲۰
 (۲) ۱۶
 (۳) ۱۰
 (۴) ۱۲

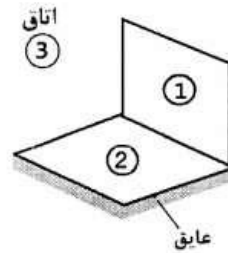
۱۷- در شکل ضریب شکل تشعشعی سطح AB به AC: F_{AB-AC} ، چقدر است؟ (عمق در جهت عمود بر سطح بی‌نهایت است و $AB = BC = 2m$)
 (۱) $\frac{\sqrt{2}}{3}$
 (۲) $\frac{\sqrt{3}}{3}$
 (۳) $\frac{\sqrt{3}}{2}$
 (۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}$



۱۸- برای جریان روی صفحه تختی به طول L، ضریب انتقال حرارت موضعی به صورت $\frac{1}{x^2}$ تغییر می‌کند که x فاصله از لبه ابتدایی صفحه می‌باشد. نسبت عدد نوسلت متوسط برای کل صفحه به عدد نوسلت موضعی در $x = L$ ، یعنی $\frac{\overline{Nu}_L}{Nu_L}$ چقدر است؟
 (۱) ۲
 (۲) ۱
 (۳) $\frac{2}{L}$
 (۴) $\frac{L}{2}$

۱۹- عدد بی بعد گراشف نسبت نیروی در سیستم جابجایی آزاد است. نقش آن مانند عدد است و به عنوان معیاری برای گذار از جریان به کار می‌رود.
 (۱) لزجت به نیروی شناوری - رینولدز در جابجایی اجباری - آرام به متلاطم
 (۲) شناوری به نیروی لزجت - رینولدز در جابجایی اجباری - آرام به متلاطم
 (۳) شناوری به نیروی لزجت - ماخ در جریان تراکم‌پذیر - فرو صوت به فراصوت
 (۴) لزجت به نیروی شناوری - ماخ در جریان تراکم‌پذیر - فرو صوت به فراصوت

- ۲۰- کدام گزینه شبکه تابشی دو سطح مستطیلی زیر را، که به صورت عمود بر هم و در حال موازنه تابشی با اتاق بزرگی هستند، به درستی نشان میدهد؟ سطح (۱) دارای دمای T_1 با ضریب گسیل ϵ_1 بوده و سطح (۲) عایق بندی شده است.



$$\begin{array}{c} \frac{1-\epsilon_1}{\epsilon_1 A_1} \\ J_1 = E_{b1} \quad \text{---} \quad J_3 = E_{b3} \\ \text{---} \quad \frac{1}{A_1 F_{12}} \quad \text{---} \quad \frac{1}{A_2 F_{21}} \\ J_2 = E_{b2} \end{array} \quad (1)$$

$$\begin{array}{c} E_{b1} \quad \text{---} \quad J_1 \quad \frac{1}{A_1 F_{12}} \quad J_2 = E_{b2} \\ \frac{1-\epsilon_1}{\epsilon_1 A_1} \quad \text{---} \quad \frac{1}{A_1 F_{13}} \quad \text{---} \quad \frac{1}{A_2 F_{21}} \end{array} \quad (2)$$

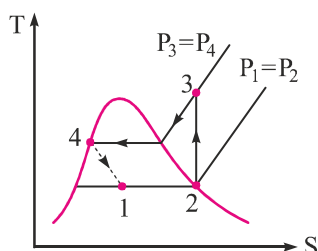
$$\begin{array}{c} E_{b1} \quad \text{---} \quad J_1 \quad \frac{1}{A_1 F_{12}} \quad J_2 \quad \text{---} \quad E_{b2} \\ \frac{1-\epsilon_1}{\epsilon_1 A_1} \quad \text{---} \quad \frac{1}{A_1 F_{13}} \quad \text{---} \quad \frac{1-\epsilon_2}{\epsilon_2 A_2} \\ J_3 = E_{b3} \end{array} \quad (3)$$

$$\begin{array}{c} E_{b1} \quad \text{---} \quad J_1 \quad \frac{1}{A_1 F_{12}} \quad J_2 \quad \text{---} \quad E_{b2} \\ \frac{1}{A_1 F_{13}} \quad \text{---} \quad \frac{1-\epsilon_2}{\epsilon_2 A_2} \end{array} \quad (4)$$

پاسخ تشریحی

۱. گزینه ۴ درست است.

فرآیند ۲ تا ۳: کمپرسور
فرآیند ۴ تا ۱: شیر انبساطی



افزایش فشار در کمپرسور: $P_3 - P_2 = 1200 \text{ kPa}$

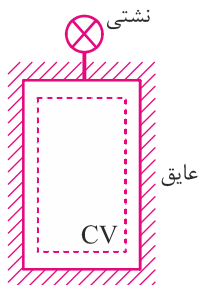
$$\mu_J = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_h \approx \frac{\Delta T}{\Delta P} = \frac{T_1 - T_4}{P_1 - P_4} = \frac{T_1 - T_4}{P_2 - P_3} = \frac{(-15 - 35) \text{ K}}{(-1200) \text{ kPa}} \Rightarrow \mu_J = 0.042 \frac{\text{K}}{\text{kPa}}$$

لازم به ذکر است که در فرآیند اختناق فشار کاهش می‌یابد ($\Delta P < 0$) و از آنجا که در این سوال دما نیز کاهش یافته است ($\Delta T < 0$) ضریب ژول تامسون باید مثبت باشد، بنابراین گزینه‌های ۱ و ۲ صحیح نیستند.

۲. هیچ‌کدام از گزینه‌ها صحیح نیست.

در این سوال برگشت ناپذیری بر واحد جرم خواسته شده است، اما آنچه واضح است این است که در این سوال جرم گاز داخل مخزن در حال تغییر است، بنابراین اولین سوالی که به ذهن خطور می‌کند این است که برگشت ناپذیری در واحد کدام جرم؟ جرم اولیه، جرم نهایی یا جرم خارج شده؟

رابطه برگشت ناپذیری برای فرایند USUF این سوال:



$$I = T_0 \left[(S_2 - S_1) + \sum m_e S_e - \sum m_i S_i \right] - \dot{Q}_{cv} \frac{T_0}{T_H}$$

$$I = T_0 \left[(m_2 s_2 - m_1 s_1) + m_e s_e \right]$$

با استفاده از قانون بقای جرم می‌دانیم $m_e = m_1 - m_2$ است، پس:

$$I = T_0 \left[m_2 s_2 - m_1 s_1 + (m_1 - m_2) s_e \right]$$

$$I = T_0 \left[m_2 (s_2 - s_e) - m_1 (s_1 - s_e) \right]$$

$$I = T_0 m_2 \left[C_p \ln \frac{T_2}{T_e} - R \ln \frac{P_2}{P_e} \right] - T_0 m_1 \left[C_p \ln \frac{T_1}{T_e} - R \ln \frac{P_1}{P_e} \right]$$

در این سوال در ابتدای فرایند در خروجی مخزن شرایط خفگی وجود دارد و در خروجی عدد ماک برابر با یک است. اما از آنجا که فشار داخل مخزن در حال کاهش است شرایط خفگی تا انتهای فرایند برقرار نیست و نمی‌توان به سادگی مساله را تحلیل کرد، زیرا مادامی که شرایط خفگی برقرار است فشار خروجی با فشار بحرانی برابر است ($P_e = P^*$) و هنگامی که شرایط خفگی برقرار نیست فشار خروجی با فشار محیط برابر است ($P_e = 100 \text{ kPa}$).

در ضمن در این سوال گاز داخل مخزن امکان تبادل حرارت با محیط بیرون را ندارد و در اثر خروج جرم و کاهش فشار سرد می‌شود (مانند اسپری). بنابراین دمای گاز در این فرایند ثابت نمی‌ماند.

البته به نظر می‌رسد که آنچه مدنظر طراح این سوال بوده است استفاده از رابطه زیر می‌باشد:

$$I = T_0 \Delta S_{\text{net}} = T_0 \left[\Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} \right]$$

که اساساً غلط است زیرا رابطه فوق برای سیستم است نه حجم کنترل. اما با این فرض غلط سوال را حل می‌کنیم تا به آن چه مدنظر طراح بوده برسیم:

$$I = T_0 \left[\Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} \right] = T_0 \left[S_2 - S_1 + \frac{Q_{\text{surr}}}{T_0} \right] \Rightarrow I = T_0 m (s_2 - s_1) \Rightarrow i = T_0 (s_2 - s_1)$$

مجدداً متذکر می‌شویم که فرمول اخیر مربوط به سیستم است نه حجم کنترل.

$$i = T_0 \left(c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \right)$$

آنچه ظاهراً از این جا به بعد مدنظر طراح بوده است این است که چون فرایند تدریجی است، دما ثابت می‌ماند در صورتی که در تحلیل صحیح سوال دیدیم اینگونه نیست، اما اگر به غلط فرض کنیم $T_1 = T_2$ ، آنگاه:

$$i = -T_0 R \ln \frac{P_2}{P_1} = -298 \times 0.0287 \ln \frac{1}{10} \Rightarrow i = 197 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

اما واضح است که جواب فوق به هیچ وجه توجیه علمی ندارد و اساساً غلط است.

۳. گزینه ۲ درست است.

$$\left. \begin{aligned} \text{روابط ماکسول: } \left(\frac{\partial S}{\partial v} \right)_T &= \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v \\ \text{معادله حالت گاز کامل: } P v &= R T \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial v} \right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v = \frac{R}{v} = \rho R$$

۴. گزینه ۳ درست است.

$$\dot{W}_{1-2}^{\text{rev}} = \sum \dot{m}_i \left(h + \frac{V^2}{2} + gz \right) - \sum \dot{m}_e \left(h + \frac{V^2}{2} + gz \right) - T_0 \left[\sum \dot{m}_i s_i - \sum \dot{m}_e s_e \right] + \dot{Q}_{cv} \left(1 - \frac{T_0}{T_H} \right)$$

با صرف نظر از اثرات انرژی جنبشی و پتانسیل و با فرض آدیاباتیک بودن توربین داریم:

$$\dot{W}_{1-2}^{rev} = \dot{m}(h_i - h_e) - T_0(S_i - S_e) \Rightarrow$$

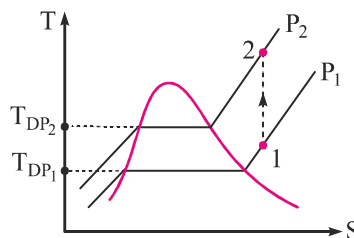
$$w^{rev} = \frac{\dot{W}^{rev}}{\dot{m}} = (h_i - h_e) - T_0(s_i - s_e) = (h_1 - h_2) - T_0(s_1 - s_2)$$

۵. گزینه ۳ درست است.

با فرض ایزنتروپیک بودن فرآیند از نقطه ۱ به ۲ می‌رسیم. در شکل زیر P_1 و P_2 فشار جزئی بخار آب داخل کمپرسور است. با توجه به رابطه زیر با افزایش فشار کل مخلوط فشار جزئی بخار نیز افزایش می‌یابد:

$$P_{\text{vapor}} = yP_{\text{total}}$$

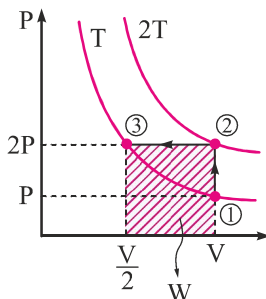
که در این رابطه y کسر مولی بخار است.



لازم به ذکر است که اگر فرایند آیزنتروپیک نباشد و برگشت ناپذیری داشته باشیم (انتروپی افزایش یابد) آنگاه نقطه ۲ بر روی خط P_2 کمی بالاتر می‌رود و نتیجه نهایی عوض نمی‌شود (با فرض آدیاباتیک بودن کمپرسور).

۶. گزینه ۲ درست است.

فرآیند اول:



$$\left. \begin{aligned} \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \\ V_1 &= V_2, T_2 = 2T_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow P_2 = 2P_1$$

فرآیند دوم:

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_2 V_2}{T_2} &= \frac{P_3 V_3}{T_3} \\ P_2 &= P_3, T_3 = \frac{1}{2}T_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_3 = \frac{V_2}{2}$$

$$W = \int PdV = \text{مساحت زیر منحنی فرآیند 1 تا 3} = 2P \times \frac{V}{2} = PV$$

۷. گزینه ۱ درست است.

قانون دوم برای حجم کنترل در شرایط پایا:

$$\left(\frac{dS}{dt} \right)_{c.v.} + \dot{m}(s_e - s_i) = \sum \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_g \Rightarrow s_e - s_i = \frac{\dot{S}_g}{\dot{m}} \Rightarrow \Delta s = s_g \geq 0$$

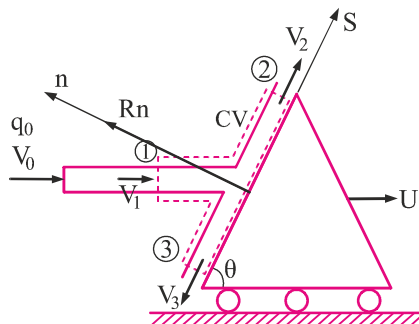
بنابراین ΔS باید بزرگتر مساوی صفر شود. در ابتدا فرض می‌کنیم جریان از M به N باشد. تحت این شرایط باید $\Delta S_{M-N} \geq 0$ شود:

$$\Delta S_{M-N} = C_p \ln \frac{T_N}{T_M} - R \ln \frac{P_N}{P_M} = 1.5 \left(\ln \frac{320}{360} \right) - 0.3 \left(\ln \frac{115}{120} \right) =$$

$$-1.5 \ln \frac{310}{320} + 0.3 \ln \frac{120}{115} = -1.5 \ln \frac{9}{8} + 0.3 \ln \frac{24}{23} = -1.5(0.12) + 0.3(0.04) < 0$$

بنابراین $\Delta S_{M-N} < 0$ شد که با فرض اولیه تناقض دارد بنابراین جریان از N به M می‌باشد.

۸. گزینه ۱ درست است.



با استفاده از معادله برنولی بین نقاط ۱ و ۲ به راحتی می‌توان نشان داد که $V_1 = V_2$ است زیرا در گذر از ۱ به ۲ نه ارتفاع (z) عوض می‌شود (با فرض کوچک بودن حجم کنترل) و نه فشار.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \Rightarrow V_1 = V_2$$

به همین ترتیب می‌توان گفت $V_1 = V_3$ و در مجموع می‌توان گفت $V_1 = V_2 = V_3$. معادله اندازه حرکت خطی در جهت n:

$$\sum F_n = \sum (\dot{m} V_n)_{out} - \sum (\dot{m} V_n)_{in}$$

$$R_n = -\dot{m}(-V_1 \sin \theta) \rightarrow R_n = \dot{m} V_1 \sin \theta = \rho A V_1^2 \sin \theta$$

و از آنجا که حجم کنترل متحرک است از سرعت نسبی استفاده می‌کنیم:

$$R_n = \rho A (V_0 - U)^2 \sin \theta$$

با صرف نظر کردن از وزن آب و اصطکاک می‌توان گفت $R_s = 0$ می‌باشد (در جهت S نیرویی به حجم کنترل وارد نمی‌شود) پس کل نیروی وارد بر حجم کنترل که همان نیروی وارد بر جسم است برابر است با:

$$R = \sqrt{R_n^2 + R_s^2} = R_n = \rho A (V_0 - U)^2 \sin \theta$$

توان منتقل شده به جسم برابر است با:

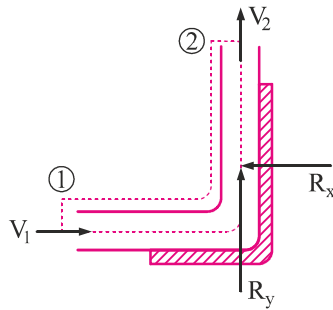
$$P = R \times U \Rightarrow P = \rho A (V_0 - U)^2 U \sin \theta$$

$$\frac{dP}{dU} = 0 \Rightarrow U = \frac{V_0}{3}$$

۹. گزینه ۳ درست است.

$$F_B = W \Rightarrow \gamma_1 \forall_1 + \gamma_2 \forall_2 = \gamma \forall \Rightarrow \rho_1 \frac{\forall}{2} + \rho_2 \frac{\forall}{2} = \rho \forall \Rightarrow \rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

۱۰. گزینه ۴ درست است.



$$\sum F_x = \sum (\dot{m}V_x)_{out}^0 - \sum (\dot{m}V_x)_{in}$$

$$-R_x = -\dot{m}V_1 \Rightarrow R_x = \rho AV_1^2$$

و از آن جا که حجم کنترل متحرک است از سرعت نسبی استفاده می کنیم:

$$R_x = \rho_j A_j (V_j - V)^2$$

۱۱. گزینه ۲ درست است.

$$Q = f\left(R, \mu, \frac{dP}{dx}\right)$$

$$\left. \begin{matrix} n = 4 \\ m = 3 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \text{تعداد گروه های بدون بعد} = n - m = 1$$

بنابراین گزینه های ۳ و ۴ صحیح نیستند و بین گزینه های ۱ و ۲ واضح است که گزینه ۲ انتخاب می شود، زیرا در گزینه ۲ متغیرهای مطرح شده در صورت سوال وجود دارد.

بررسی بدون بعد بودن گزینه ۲: بعد فشار با بعد ρV^2 ، بعد x با بعد L ، بعد Q با بعد $L^2 V$ (زیرا $Q = AV$) و بعد R با بعد L یکسان است. پس گزینه ۲ به صورت زیر در می آید.

$$\frac{Q\mu}{R^4 \left(\frac{dP}{dx}\right)} = \frac{(L^2 V)\mu}{L^4 \times \frac{\rho V^2}{L}} = \frac{\mu}{\rho V L}$$

که معکوس عدد رینولدز و بی بعد است.

لازم به ذکر است که با استفاده از رابطه پیوآزی که مختص جریان آرام است نیز می توان گزینه ۲ را انتخاب کرد، زیرا:

$$\Delta P = \frac{128\mu L Q}{\pi B^4} \Rightarrow \frac{\Delta P}{L} = \frac{128\mu Q}{\pi D^4} \Rightarrow \frac{Q\mu}{D^4 \left(\frac{\Delta P}{L}\right)} = \frac{\pi}{128} = \text{بدون بعد}$$

۱۲. گزینه ۳ درست است.

$$T = \frac{2\pi\mu L \Omega}{h} R^3$$

گشتاور لازم برای دوران محور

$$P = T \times \Omega = \frac{2\pi\mu L \Omega^2}{h} R^3$$

توان لازم برای دوران محور

بنابراین برای دو برابر شدن Ω ، توان (P) باید چهار برابر شود.

۱۳. گزینه ۲ درست است.

از ابتدای مسیر b تا وسط مسیر b به علت نیروی جانب مرکز، فشار افزایش می یابد (گرادیان فشار معکوس است یعنی

$$\left(\frac{dP}{dx}\right) > 0$$

همچنین از وسط مسیر e تا انتهای آن، فشار افزایش می‌یابد. البته اگر شروع مسیر خمیده روی سطح خارجی را از a در نظر بگیریم و همچنین انتهای مسیر خمیده روی سطح پایینی را f در نظر بگیریم، گزینه ۴ صحیح است.
منبع: کتاب مکانیک سیالات Bernard Massey، صفحه ۲۶۶

۱۴. گزینه ۳ درست است.

بررسی گزینه ۱: از آنجا که در نقطه ماکزیمم نمودار $\frac{dT}{dx} = 0$ است و در نقاط دیگر کناری آن $\frac{dT}{dx}$ مقداری مخالف صفر دارد پس شار حرارتی $q_x'' = -k \frac{dT}{dx}$ ثابت نیست (گزینه ۱ صحیح نیست)

بررسی گزینه ۲: بحث متغیر بودن k با دما معمولاً زمانی مطرح می‌شود که شار یا انتقال حرارت در دیواره ثابت باشد تا به عنوان مثال بتوان گفت که به علت ثابت بودن شار، k و $\frac{dT}{dx}$ رفتاری معکوس دارند. (این گزینه نیز صحیح نیست)
بررسی گزینه ۳: با فرض شرایط پایا و ثابت بودن k و یک بعدی بودن انتقال حرارت داریم:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2T}{dx^2} + \frac{\dot{q}}{k} &= 0 \Rightarrow \frac{d^2T}{dx^2} = -\frac{\dot{q}}{k} \\ \frac{d^2T}{dx^2} &< 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \dot{q} > 0$$

تغیر منحنی دما رو به پایین است

یعنی دیواره دارای منبع تولید حرارت می‌باشد و از آنجا که در سمت راست دیواره $\frac{dT}{dx} = 0$ است، پس قسمت راست دیواره عایق است. بنابراین گزینه ۳ صحیح است.

بررسی گزینه ۴: با حرکت در جهت x شار ابتدا کاهش می‌یابد، سپس صفر می‌شود و سپس افزایش و مجدداً کاهش می‌یابد. بنابراین این گزینه نیز صحیح نیست.

۱۵. گزینه ۱ درست است.

$$Bi = \frac{hL}{k}$$

اگر طول نصف شود، Bi نصف می‌شود.

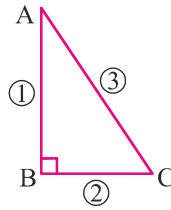
$$\tau = \frac{PC\forall}{hA} = \frac{PC}{h} \frac{\forall}{A} \xrightarrow{\frac{\forall}{A}=L} \frac{PC}{h} L$$

طبق رابطه اخیر با نصف شدن طول، τ نصف می‌شود و در نتیجه زمان رسیدن جسم به دمای مشخص نیز نصف می‌شود. لازم به ذکر است که هر چقدر ثابت زمانی کوچک شود، زمان رسیدن دمای جسم به یک دمای مشخص، کمتر می‌شود. از آنجا که در این سؤال τ کم شده است پس گزینه‌های ۲ و ۳ صحیح نیستند.

۱۶. گزینه ۳ درست است.

$$T_{\max} - T_s = \frac{\dot{q}R^2}{4k} = \frac{4 \times 10^7 \times (0.5 \times 10^{-2})^2}{4 \times 25} = 10^\circ \text{C}$$

۱۷. گزینه ۴ درست است.



$$\left. \begin{array}{l} \text{تقارن} \quad : F_{31} = F_{32} \\ F_{33} = 0 \\ \text{قاعده مجموع} \quad : F_{33} + F_{31} + F_{32} = 1 \end{array} \right\} \Rightarrow F_{31} = F_{32} = \frac{1}{2}$$

قاعده تقابل:

$$A_1 F_{13} = A_3 F_{31} \Rightarrow F_{13} = \frac{A_3}{A_1} F_{31} = \frac{3\sqrt{2}}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

۱۸. گزینه ۱ درست است.

$$h_x \propto x^{-\frac{1}{2}} \Rightarrow h_x = C_1 x^{-\frac{1}{2}} \Rightarrow Nu_x = \frac{h_x \cdot x}{k} = \frac{C_1}{k} x^{\frac{1}{2}}$$

$$\bar{h} = \frac{1}{L} \int_0^L h_x dx = \frac{1}{L} \int_0^L C_1 x^{-\frac{1}{2}} dx = \frac{2C_1}{L} \left(x^{\frac{1}{2}} \right)_0^L$$

$$\Rightarrow \bar{h} = 2C_1 L^{-\frac{1}{2}} \Rightarrow \overline{Nu} = \frac{\bar{h}L}{k} = \frac{2C_1}{k} L^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{\overline{Nu}_L}{Nu_{x=L}} = \frac{\frac{2C_1}{k} L^{\frac{1}{2}}}{\frac{C_1}{k} L^{\frac{1}{2}}} = 2$$

لازم به ذکر است که نسبت $\frac{\overline{Nu}_L}{Nu_L}$ نسبت دو عدد بدون بُعد است که حاصل، یک عدد بدون بُعد است. پس گزینه‌های ۳ و ۴ صحیح نیستند.

۱۹. گزینه ۲ درست است.

۲۰. گزینه ۲ درست است.

بررسی گزینه ۱: به علت رسم کردن مقاومت سطحی برای سطح ۱ (یعنی $\frac{1-\varepsilon_1}{A_1 \varepsilon_1}$) غلط است.

بررسی گزینه ۳: از آنجا که سطح ۲ عایق است، انتقال حرارتی ندارد. پس $E_{b_2} = J_2$ است و نیازی به مقاومت سطحی برای سطح ۲ نیست. بنابراین این گزینه نیز غلط است.

بررسی گزینه ۴: با توجه به توضیحات گزینه ۱ و گزینه ۳، این گزینه نیز غلط است.