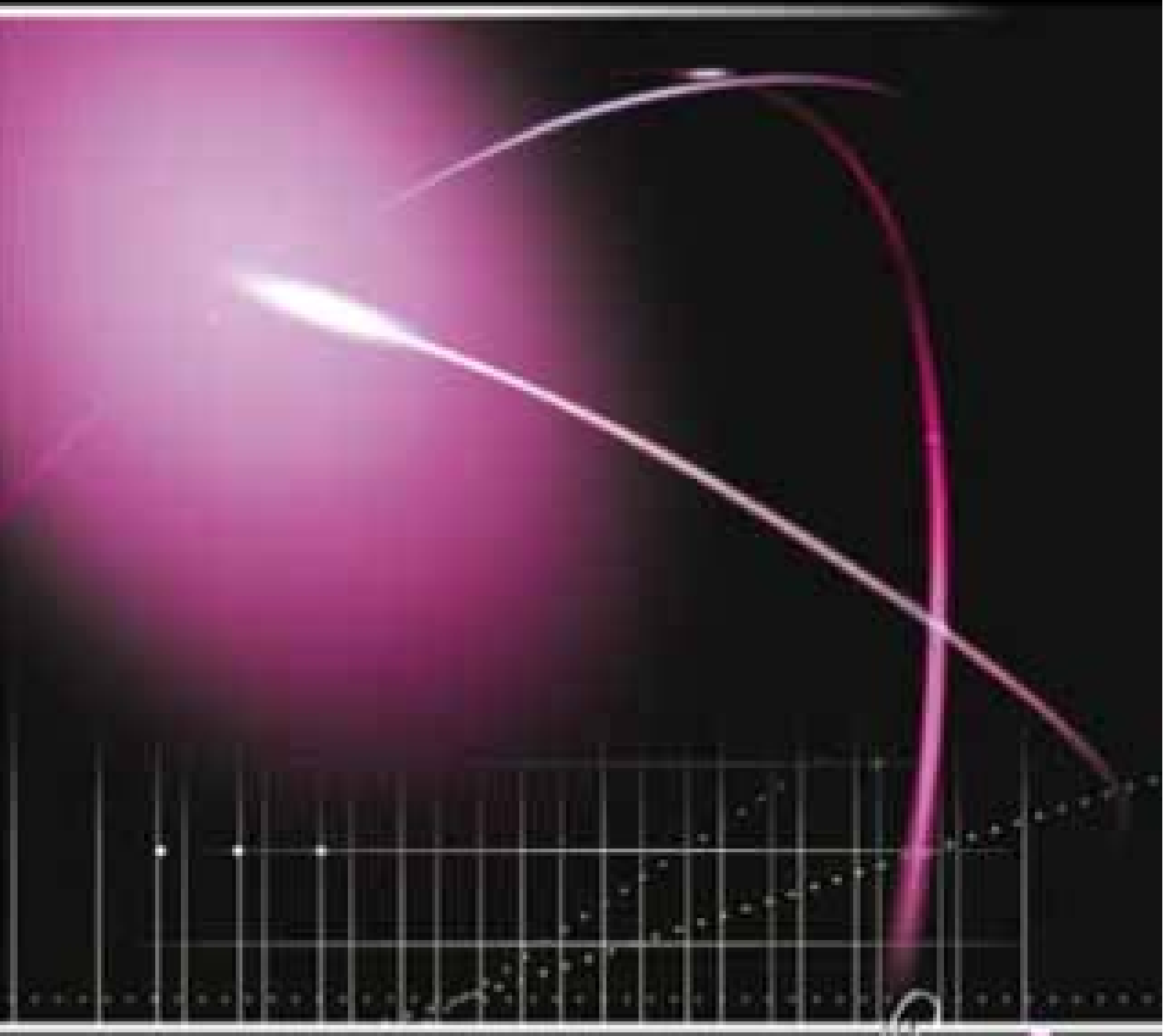
علوی



مجموعه کتب

کارشناسی ارشد

مهندسی شیمی

انتقال حرارت

فصل ۱

مقدمه‌ای بر انتقال حرارت ـ انتقال حرارت هدایتی

مقدمه

انتقال گرما، انرژی در حال جریان ناشی از اختلاف دما می‌باشد.

هرگاه اختلاف دمایی در دو قسمت از یک ماده یا بین دو ماده وجود داشته باشد انتقال گرما رخ می‌دهد. در ترمودینامیک این انتقال انرژی، به عنوان گرما تعریف می‌شود. علم انتقال گرما، آهنگ مبادله انرژی گرمایی انتقالی را توضیح می‌دهد و این تفاوت میان انتقال گرما و ترمودینامیک است. فرآیندهای مختلف انتقال گرما را شیوه‌های انتقال گرما می‌نامیم. برای بیان انتقال گرما در ماده ساکن (جامد یا سیال) که در آن تغییرات دما وجود دارد از واژه رسانایی استفاده می‌کنیم، واژه جابجایی هنگامی بکار می‌رود که انتقال گرما بین یک سطح جامد و یک سیال در حال حرکت با دمای متفاوت رخ دهد. شیوه سوم انتقال گرما، تابش گرمایی نام دارد. تمام سطوحی که در دمای معینی هستند، انرژی را به صورت امواج الکترومغناطیس صادر می‌کنند. بنابراین در غیاب ماده واسطه بین دو سطح بارهای متفاوت انتقال گرمای خالص تابشی رخ می‌دهد.

انتقال حرارت در حالت کلی به سه صورت انجام می‌گیرد:

۱- هدایت (رسانش)
۲- جابجایی (همرفت)
۳- تشعشع (تابش)

۱-۱ انتقال گرمای هدایتی

در صورت وجود اختلاف دما در جسم، انتقال گرمایی از ناحیه دما بالا به ناحیه دما پایین وجود دارد. در این صورت انرژی به طریق هدایت انتقال یافته و آهنگ انتقال گرما به ازای واحد مساحت متناسب است با گرادیان دما در راستای انتقال گرما:

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\partial T}{\partial x} \qquad (۱-۱)$$

$$q = -KA\frac{\partial T}{\partial x} \qquad \text{قانون فوریه} \qquad (۱-۲)$$

$\frac{\partial T}{\partial x}$ = گرادیان یا اختلاف دما در جهت جریان گرما

q = آهنگ انتقال گرما

K = ضریب هدایت گرمایی با واحد: $\frac{w}{m.C^\circ}$

❋ **نکته ۱:** ***علامت منفی برای تصدیق قانون دوم ترمودینامیک است.***

❋ **نکته ۲:** $K > 0$ ***(ثابت ضریب هدایت گرمایی همیشه بزرگتر از صفر می‌باشد.)***

معادله‌کلی انتقال حرارت به شکل زیر است:

$$\frac{\partial}{\partial x}(K\frac{\partial T}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}(K\frac{\partial T}{\partial y})+\frac{\partial}{\partial z}(K\frac{\partial T}{\partial z})+\dot{q}=\rho C\frac{\partial T}{\partial t} \qquad (۱-۳)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}+\frac{\dot{q}}{K}=\frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t} \qquad \text{اگر } K \text{ مقدار ثابتی باشد:} \qquad (۱-۴)$$

که α ضریب نفوذحرارتی است و هر چه α بزرگتر باشد حرارت سریعتر در ماده پخش می‌شود به دو دلیل:

۱- بزرگ بودن α، ممکن است به علت بزرگی K باشد، به عبارت دیگر توانایی جسم در هدایت و عبور دادن انرژی گرمایی بیشتر است.

۲ - بزرگ بودن α، به علت کوچکی ρc باشد یعنی از انرژی در حال عبور مقدار کمی صرف بالا بردن دمای جسم می‌شود و انرژی بیش‌تری منتقل می‌گردد.

$$\alpha = \frac{K}{\rho C}$$

مثال ۱: قانون اول فوریه کدام است؟

۱) $h = -KA\,\Delta T$

۲) $\frac{\partial T}{\partial t} = -\alpha \nabla^2 T + \frac{q}{\rho C_p}$

۳) $q'' = h\,A\,\Delta T$

۴) $\frac{\partial c}{\partial t} = -D\,\nabla^2 c + G$

✍ **حل: گزینه «۲»**

مثال۲ : هدایت حرارتی *(conduction)* حالتی است که در آن حرارت از . . . . . انتقال می‌یابد.

۱) قسمت بالای ظرف به قسمت پایین ظرف
۲) ناحیه‌ی حرارت بالا به ناحیه حرارت پایین
۳) ناحیه حرارت پایین به ناحیه حرارت بالا
۴) قسمت پایین ظرف به قسمت بالای ظرف

✍ **حل: گزینه «۲»**

مثال۳ : موادی که . . . دارند هدایت حرارتی *(conduction)* در آنها بیشتر است.

۱) آنتالپی بیشتر
۲) چگالی بیشتر
۳) انرژی آزاد بیشتر
۴) ضریب هدایت حرارتی بزرگتر

مجموعه کتب همراه علوی

حل: گزینه «۴»

مثال۴ : نرخ انتقال حرارت هدایتی کاهش می‌یابد اگر:

۱) ضریب نفوذ حرارتی کاهش یابد. ۲) چگالی کاهش یابد.

۳) گرمای ویژه کاهش یابد. ۴) ضریب هدایت حرارتی زیاد شود.

حل: گزینه «۱»

با توجه به $\alpha = \frac{K}{\rho C}$: کاهش α سبب کاهش نرخ انتقال گرمای هدایتی می‌شود.

۱-۲ هدایت در جامدات

جامدات بر دو دسته هستند: ۱- فلزات ۲- غیر فلزات

به طور کلی در جامدات ارتعاش شبکه بلوری سبب هدایت حرارت می‌شود.

همیشه انتقال حرارت در جهت کاهش دما می‌باشد.

الکترون‌های آزاد در فلزات عامل اصلی هدایت حرارت هستند و نسبت به ارتعاشات مولکولی نقش مهمتری دارند. اما در غیرفلزات تنها همان ارتعاشات مولکولی، سبب هدایت می‌شود.

انرژی یک مولکول به حرکت تصادفی و انتقالی، ارتعاشی و چرخشی آن بستگی دارد.

مثال ۵ : مکانیزم اصلی در انتقال حرارت هدایتی در فلزات کدام است؟

۱) حرکت ارتعاشی محوری مولکول‌ها ۲) حرکت چرخشی مولکول‌ها

۳) جابجایی مولکول‌ها ۴) حرکت الکترون‌های آزاد

حل: گزینه«۴»

۱-۳ هدایت در مایعات

در مایعات ساکن تنها هدایت عامل انتقال انرژی گرمایی است. اگر در مایعات اختلاف دما کم باشد نقش هدایت در انتقال گرما ضعیف می‌شود.

۱-۴ نکات مهم در مورد ضریب هدایت حرارتی (K)

۱) K به دما بستگی دارد $K = K_{\circ}(1+\beta T)$

۲) ضریب هدایت حرارتی هادی‌ها از عایق های الکتریکی بزرگ‌تر است.

۳) ضریب هدایت حرارتی یک گاز با ریشه دوم دمای مطلق آن تغییر می‌کند. $K_{gas} \propto \sqrt{T}$

۴) ضریب هدایت حرارتی اجسام متخلخل از ضرایب هدایت حرارتی اجسام غیرمتخلخل هم جنس بیشتر است. مثل K خاک اره که از K چوب بیشتر است.

۵) $K_{\text{گازها}} > K_{\text{مایعات}} > K_{\text{جامد غیر فلزی}} > K_{\text{آلیاژها}} > K_{\text{فلزخالص}}$

۶) در گازها با افزایش دما، K افزایش می‌یابد.

۷) در گازها و مایعات K مستقل از فشار است.

۸) در آب، K ابتدا با افزایش دما، افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد.

۹) در روغن گلیسیرین و فرئون K ثابت است.

۱۰) در فلزات (مانند مس) با افزایش دما، K کاهش می‌یابد، ولی در مورد آلومینیوم با افزایش دما، K زیاد می‌شود. در فولاد K با تغییر دما تغییر نمی‌کند.

مجموعه کتب همراه علوی

مثال ۶: ضریب هدایت حرارتی (K):

۱) با تغییر دما تغییر می‌کند.

۲) در بسیاری موارد در محدوده‌هایی از درجه حرات می‌توان آن را ثابت فرض کرد.

۳) در درجه حرارت‌های پایین با تغییر اندک دما به شدت تغییر می‌کند.

۴) همه گزینه‌ها صحیح است.

حل: گزینه «۴»

مثال۷ : ضریب هدایت حرارتی عموماً با افزایش درجه حرارت:

۱) برای گازها و جامدات کم می‌شود. ۲ در گازها زیاد و در جامدات کم می‌شود.

۳) در گازها و جامدات زیاد می‌شود. ۴) در گازها کم و در جامدات زیاد می‌شود.

حل: گزینه «۲»

مثال۸ : در دمای $10\ ^{\circ}C$ ضریب هدایت حرارتی کدام ماده کوچکتر است؟

۱) هوا ۲) آب ۳) مس ۴) چوب

حل: گزینه «۱»

گازها در شرایط یکسان در مقایسه با مایعات و جامدات کم‌ترین ضریب هدایت حرارتی را را دارا هستند.

مثال ۹: در حالت عادی (دما و فشار محیط) ضریب حرارتی مواد مختلف چگونه با هم مقایسه می‌شوند؟

۱) $K_{\text{فلزات}} > K_{\text{جامدات غیر فلزی}} > K_{\text{گازها}} > K_{\text{مایعات}}$

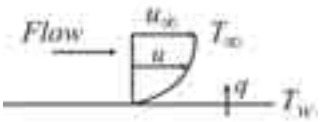
۲) $K_{\text{فلزات}} > K_{\text{مایعات}} > K_{\text{جامدات غیر فلزی}} > K_{\text{گازها}}$

۳) $K_{\text{فلزات}} > K_{\text{گازها}} > K_{\text{مایعات}} > K_{\text{جامدات غیر فلزی}}$

۴) $K_{\text{فلزات}} > K_{\text{جامدات غیر فلزی}} > K_{\text{مایعات}} > K_{\text{گازها}}$

حل: گزینه «۴»

۱-۵ انتقال حرارت به روش جابجایی



شکل ۱-۱

طبق قانون سرمایش نیوتن مقدار گرمای انتقال یافته در انتقال حرارت به روش جابجایی به سطح تماس دیواره با سیال (A)، اختلاف دمای دیواره و سیال $(T_w - T_\infty)$، خواص فیزیکی سیال، حرکت سیال و شکل هندسی سطح بستگی دارد:

$$q = hA(T_w - T_\infty) \quad \text{و} \quad h = \left(\frac{w}{m^{2}{}^{\circ}C}\right) \qquad (۵-۱)$$

(T_w: دمای دیواره، T_∞: دمای محیط)

مجموعه کتب همراه علوی

اگر عامل محرک سیال تنها وجود گرادیان دمایی بوده و عامل مکانیکی خارجی در حرکت سیال دخیل نباشد به انتقال حرارت صورت گرفته انتقال حرارت طبیعی و به مکانیزم انتقال حرارت جابجایی آزاد گویند. در غیر اینصورت انتقال حرارت به روش جابجای اجباری انجام می‌شود. در شرایط یکسان:

h جابجایی اجباری $>$ h جابجایی آزاد

❋ **نکته۳:** *h در جابجایی اجباری مستقل از دما و در جابجایی طبیعی تابعی از ΔT به توان $\frac{1}{3}$ یا $\frac{1}{4}$ است و در دیواره داغی که منجر به جوش آمدن سیال شود: $h \propto \Delta T^{3}$.*

۱-۶ انتقال حرارت به روش تشعشع

انتقال حرارت و روش تشعشعی در دماهای بسیار بالا حائز اهمیت است، چرا که در این روش انتقال حرارت با توان چهارم درجه حرارت مطلق جسم متناسب است. این روش تنها روش انتقال حرارت است که نیازی به محیط مادی ندارد و در محیط خلأ کامل نیز امکان‌پذیر می‌باشد.

عوامل اصلی انتقال انرژی به روش تشعشع امواج الکترومغناطیسی یا فوتون‌ها هستند.

طبق قانون استفان بولتزمن مقدار گرمایی که از جسم ایده‌آل متشعشع می‌شود از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$q = \sigma A T^{4} \quad و \quad \sigma = ۵/۶۷ \times ۱۰^{-۸} \frac{w}{m^{۲}.K^{۴}} \qquad (۶-۱)$$

به σ ثابت استفان بولتزمن گویند.

به جسمی که این رابطه در مورد آن صدق می‌کند جسم سیاه *(Black)* گویند.

جسم سیاه جسمی است که تمام انرژی تشعشعی دریافتی راجذب می‌کند.

معمولاً اجسامی که رنگشان سیاه است، این خصوصیت را دارند. برف و یخ هم در بعضی از طول موج‌ها مثل جسم سیاه عمل می‌کنند. پس فقط رنگ معیار نیست، بلکه رفتار یک جسم در خصوص جذب کامل یا بازتابش حرارت دریافتی به طول امواج حرارتی بستگی دارد.

گاهی فرمول تشعشع را به شکل فرمول جابجایی می‌نویسند:

$$q'' = h_r (T_S - T_\infty) \quad و \quad (q'' = q/A) \qquad (۷-۱)$$

کلیه دماها بر حسب کلوین است.

مثال ۱۰: انتقال حرارت تشعشعی بین دو صفحه با دماهای $T_۱$ و $T_۲$ حائز اهمیت است اگر:

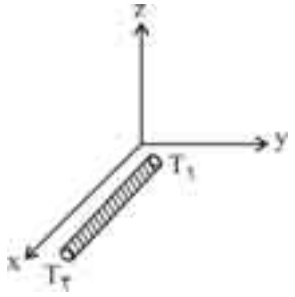
۱) مقدار T ها زیاد و ΔT کم باشد.
۲) مقدار T ها کم و ΔT زیاد باشد.
۳) مقدار T ها زیاد و ΔT زیاد باشد.
۴) موارد ۱ و ۳

✍ **حل: گزینه «۴»**

۱-۷ شار گرمایی

مطابق شکل یک میله استوانه‌ای از جنس معلوم را در نظر بگیرید که سطح جانبی آن کاملاً عایق‌بندی شده و سطوح قاعده‌های آن در دماهای متفاوت $T_۱ > T_۲$ نگه داشته شده باشد. اختلاف دما باعث انتقال گرمای رسانایی در جهت مثبت x می‌شود. نرخ انتقال گرما (q_x) قابل اندازه‌گیری است.

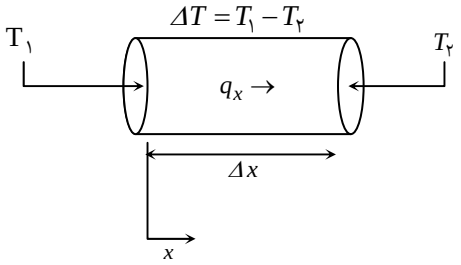
مجموعه کتب همراه علوی



شکل ۱-۳

$$q_x \propto A\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

که K ضریب رسانایی گرما، A سطح مقطع استوانه و Δx طول آن است.



شکل ۱- ۴

$$q''_x = \frac{q_x}{A} = -K\frac{dT}{dx} \qquad (۱-۸)$$

علامت منفی به این دلیل لازم است که انتقال گرما همواره در جهت کاهش دما رخ می‌دهد.

در حالت کلی، قانون فوریه شار گرما را به صورت کمیتی برداری عمود بر سطح همدما بیان می‌دارد.

$$q'' = -K\,\nabla T \qquad (۱-۹)$$

$$q'' = -K\,(\vec{i}\,\frac{\partial T}{\partial x} + \vec{j}\,\frac{\partial T}{\partial y} + \vec{k}\,\frac{\partial T}{\partial z}) \qquad (۱-۱۰)$$

کاربرد قانون فوریه

رابطه کلی توزیع دما در سه مختصات کارتزین، استوانه‌ای، کروی مطابق زیر است:

مختصات	رابطه کلی توزیع دما
کارتزین	$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\dot{q}}{K} = \frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$
استوانه‌ای	$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\dot{q}}{K} = \frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$
کروی	$\frac{1}{r}\frac{\partial^2}{\partial r^2}(rT) + \frac{1}{r^2 Sin^2\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}(Sin\,\theta\,\frac{\partial T}{\partial \theta}) + \frac{1}{r^2 Sin^2\theta}\frac{\partial^2 T}{\partial \phi^2} + \frac{\dot{q}}{K} = \frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$

مجموعه کتب همراه علوی

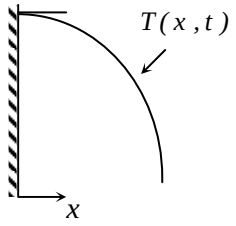
معادلات بالا را می‌توان با اعمال فرضیات زیر به معادلات ساده‌تری تبدیل کرد:

$$\left.\begin{array}{l} \text{۱-حالت پایدار } \dfrac{\partial T}{\partial t}=0 \\ \text{۲- عدم تولید گرما در جسم: } \dot{q}=0 \\ \text{۳- انتقال حرارت یک بعدی} \\ \text{۴- کوچک بودن شعاع نسبت به طول در استوانه یا ضخامت نسبت به طول در صفحه} \end{array}\right\}$$

در حل معادلات بالا چند نکته وجود دارد:

۱) اگر یک‌طرف جسم عایق باشد از آن سطح گرمایی منتقل نمی‌شود و طبق قانون فوریه به معنی صفر بودن گرادیان‌ها در آن سطح می‌باشد:

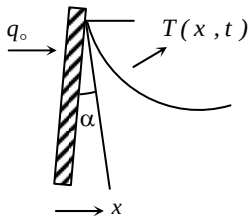
$$q\Big|_{x=0}=0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial T}{\partial x}\Big|_{x=0}=0 \qquad (۱-۱۱)$$



۲) وقتی مقدار ثابتی گرما وارد یا خارج شده باشد، گرادیان دما در آن نقطه مقدار ثابتی است:

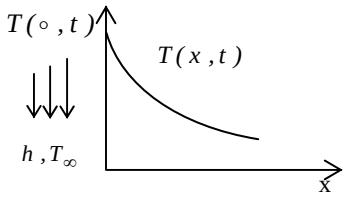
$$tg\,\alpha=\frac{-q''_0}{K}$$

$$\frac{dT}{dx}=\Big|_{x=0}=-\frac{q''_0}{K}=tg\,\alpha \qquad (۱-۱۲)$$



۳) وقتی سطوح جسم با محیط اطراف تبادل حرارتی داشته باشد مقدار گرمای جابجا شده به روش هدایتی در جسم برابر مقدار گرمای انتقال یافته به روش جابجایی توسط سیال در تماس با لبه جسم است:

$$-K\,\frac{dT}{dx}\Big|_{x=0}=h(T_\infty-T_{(0,t)}) \qquad (۱-۱۷)$$



مثال ۱۱ : کدام‌یک بیان کننده هدایت حرارتی به صورت غیر یکنواخت در جهت x است؟

۱) $\dfrac{\partial^2 T}{\partial x^2}=0$

۲) $\dfrac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\dfrac{\partial^2 T}{\partial z^2}=0$

۳) $\dfrac{\partial T}{\partial t}=\dfrac{K}{\rho c_p}\cdot\dfrac{\partial^2 T}{\partial x^2}$

۴) $\dfrac{\partial T}{\partial x}=\dfrac{K}{\rho c_p}\left|\dfrac{\partial^2 T}{\partial x^2}\right|$

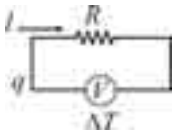
مجموعه کتب همراه علوی

حل: گزینه «۳»

توجه شود که منظور از غیر یکنواخت بودن تابعیت انتقال حرارت از زمان (t) است.

۱-۸ مفهوم مقاومت حرارتی

مشابه مفهوم مقاومت الکتریکی برای مدار بسته‌ای که از آن جریان الکتریسیته عبور می‌کند، برای حالاتی که گرما به روش هدایت منتقل می‌شود هم می‌توان مقاومت حرارتی تعریف کرد. در این صورت عامل محرک (پتانسیل) ایجاد جریان گرما اختلاف دما (ΔT) است. (همانند اختلاف پتانسیل الکتریکی (ΔV) در جریان الکتریسیته.)

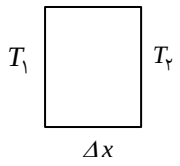


شکل ۱-۴

دیواره تخت

$$q = -K\,A\,\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$I = \frac{V}{R} \qquad |q| = \frac{\Delta T}{\frac{\Delta x}{K\,A} \rightarrow R} \qquad (۱۴-۱)$$

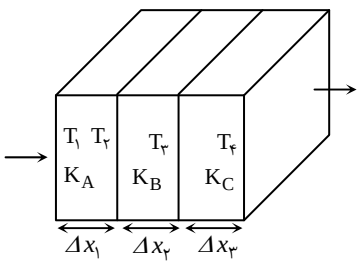


شکل ۱-۵

دیواره مرکب

همانند جریان الکتریسیته (I) یکسان گذرا از مقاومت‌های سری در این حالت هم تعداد گرمایی که از صفحات متوالی عبور می‌کند مقدار یکسان و ثابتی است.

$$q = \frac{T_۱ - T_۲}{\frac{\Delta x_۱}{K_A \cdot A}} = \frac{T_۲ - T_۳}{\frac{\Delta x_۲}{K_B \cdot A}} = \frac{T_۳ - T_۴}{\frac{\Delta x_۳}{K_C \cdot A}} \qquad (۱۵-۱)$$



شکل ۱-۶

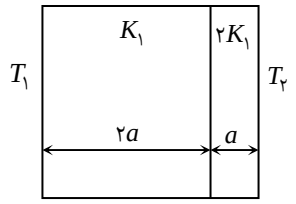
مجموعه کتب همراه علوی

رابطه کلی برای $T_۴ , T_۱$:

$$q = \frac{T_۱ - T_۴}{\sum R}$$

$$\sum R = \frac{\Delta x_۱}{K_A . A} + \frac{\Delta x_۲}{K_B . A} + \frac{\Delta x_۳}{K_C . A} \qquad (۱۶-۱)$$

مثال۱۲: در شکل زیر دمای فصل مشترک دو دیواره در حالت یکنواخت کدام است؟



۱) $\frac{T_۱ + T_۲}{۲}$ ۲) $\frac{۱}{۳}(T_۱ + ۴T_۲)$

۳) $\frac{۱}{۵}(T_۱ + ۴T_۲)$ ۴) $\frac{۱}{۵}(T_۲ + ۴T_۱)$

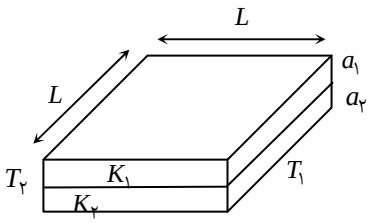
حل: گزینه «۳»

$$q'' = \frac{K_۱}{۲a}(T_۱ - T_s) = \frac{۲K_۱}{a}(T_s - T_۲) \Rightarrow T_s = \frac{۱}{۵}(T_۱ + ۴T_۲)$$

T_s: دمای فصل مشترک دو دیواره

مثال۱۳ : در شکل زیر مقاومت حرارتی در راستای انتقال توسط کدام عبارت زیر بیان می‌شود؟

(دمای دو طرف صفحات $T_۱$ و $T_۲$ است)



۱) $\frac{K_۱ K_۲ a_۱ a_۲}{K_۱ a_۱ + K_۲ a_۲}$ ۲) $\frac{۱}{K_۱ a_۱ + K_۲ a_۲}$

۳) $K_۱ a_۱ + K_۲ a_۲$ ۴) $\frac{K_۱ a_۱ + K_۲ a_۲}{K_۱ K_۲ a_۱ a_۲}$

حل: گزینه «۲»

توجه شود در این حالت مقاومت‌های حرارتی به صورت «موازی» ترکیب شده‌اند و ΔT برای همه آنها یکسان است.

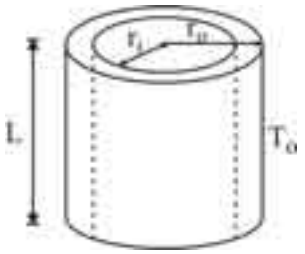
$$R_۱ = \frac{L}{K_۱ A_۱} = \frac{L}{K_۱ a_۱ L} = \frac{۱}{K_۱ a_۱}$$

$$R_۲ = \frac{L}{K_۲ A_۲} = \frac{L}{K_۲ a_۲ L} = \frac{۱}{K_۲ a_۲}$$

$$\frac{۱}{R} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} = K_۱ a_۱ + K_۲ a_۲ \Rightarrow R = \frac{۱}{K_۱ a_۱ + K_۲ a_۲}$$

۱-۹ مقاومت های حرارتی برای استوانه

فرض کنید استوانه بلندی داریم که شعاع داخلی آن r_i و شعاع خارجی‌اش $r_۰$ است. دما در داخل استوانه T_i و در سطح بیرون $T_۰$ است.



شکل ۱-۷

مجموعه کتب همراه علوی

$$\frac{d^2T}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{dT}{dr}=0 \qquad (17-1)$$

$$\begin{cases} r=r_i & : \ T=T_i \\ r=r_o & : \ T=T_o \end{cases}$$

$$\boxed{q_r=-(2\pi rL)\,K\,.\frac{dT}{dr}} \qquad (18-1)$$

اگر از طرفین انتگرال بگیریم خواهیم داشت:

$$-\left(\frac{q_r}{2\pi rL}\right)\int_{r_i}^{r_o}\frac{dr}{r}=\int_{T_i}^{T_o}dT$$

$$q_r=\frac{2\pi KL(T_i-T_o)}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} \qquad (19-1)$$

$$R_{cond}=\frac{\ln\frac{r_o}{r_i}}{2\pi KL} \quad \text{مقاومت حرارتی برای استوانه} \qquad (20-1)$$

مثال۱۴ : اگر در استوانه بلندی به شعاع R و ضریب هدایت حرارتی K، حرارت $\dot{q}$ در واحد حجم استوانه تولید شود معادله توزیع درجه حرارت در استوانه کدام است؟

۱) $\frac{d^2T}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{dT}{dr}+\frac{\dot{q}}{K}=0$

۲) $\frac{d^2T}{dr^2}+\frac{\dot{q}}{K}=0$

۳) $\frac{1}{r}\frac{dT}{dr}+\frac{\dot{q}}{K}=0$

۴) $\frac{d^2T}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{dT}{dr}=0$

حل: گزینه «۱»

نکته۴: *مقاومت حرارتی کره:*

$$R_{cond}=\frac{\frac{1}{r_i}-\frac{1}{r_o}}{4K\pi} \qquad (21-1)$$

۱-۱۰ شعاع بحرانی عایق

به مجموع طول ضخامت عایق اطراف یک کره یا استوانه و شعاع کره و استوانه مذکور که در این طول مقاومت حرارتی کل سیستم حداقل و یا به عبارت دیگر انتقال حرارت سیستم حداکثر می‌گردد اصطلاحاً شعاع بحرانی عایق می‌گویند.

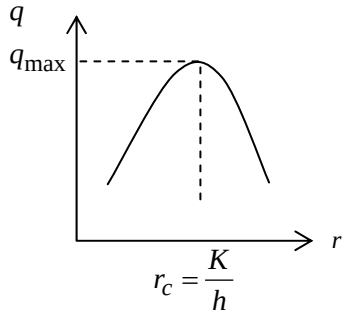
در دیوار مسطح با افزایش ضخامت عایق، مقاومت گرمایی زیاد شده و اتلاف گرمایی کم می‌شود اما در استوانه یا کره‌ای که با ماده‌ای عایق‌بندی شده است با افزایش ضخامت عایق تا شعاع بحرانی مقاومت جابجایی کاهش یافته و مقاومت هدایتی زیاد می‌شود. و درکل مقاومت حرارتی کل سیستم کاهش می‌یابد، پس اگر ضخامت عایق به گونه‌ای باشد که شعاع خارجی آن کمتر از شعاع بحرانی باشد با این عایق‌بندی اتلاف حرارتی زیاد می‌شود. در نتیجه شعاع عایق باید از شعاع بحرانی بیشتر باشد تا اتلاف حرارتی کم شود.

$$\sum R_{th}=\frac{ln\frac{r_o}{r_i}}{2\pi KL}+\frac{1}{2\pi r_o Lh}\Rightarrow\left.\frac{d\sum R_{th}}{dr_o}\right|_{r_c}=0$$

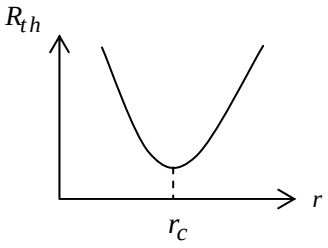
برای استوانه شعاع بحرانی برابر است:

$$r_c=\frac{K}{h}$$

مجموعه کتب همراه علوی



شکل ۱-۸



شکل ۱-۹

❋ **نکته ۵:** *شعاع بحرانی در کره:* $r_c = \frac{۲K}{h}$

مثال ۱۵: مقدار افت حرارتی در شعاع بحرانی:

۱) کمتر از سایر شعاع‌ها است.
۲) بیشتر از سایر شعاع‌هاست.
۳) به نوع عایق بستگی دارد.
۴) به نوع سیال و عایق بستگی ندارد.

✍ **حل: گزینه «۲»**

مثال۱۶: شعاع بحرانی عایق برای کره و استوانه به ترتیب برابر کدام گزینه است؟

۱) $\frac{۲K}{h}, \frac{K}{h}$
۲) $\frac{h}{۲K}, \frac{h}{K}$
۳) $\frac{K}{h}, \frac{۲K}{h}$
۴) $\frac{h}{۲K}, \frac{h}{۲K}$

✍ **حل: گزینه «۳»**

مثال۱۷: شعاع بحرانی عایق کروی با $K = ۰/۱ \frac{w}{m.^\circ C}$ در محیطی با ضریب جابجایی $۰/۵ \frac{w}{m^۲.K}$ چقدر است؟

۱) $۲۰cm$
۲) $۱۰cm$
۳) $۳۰cm$
۴) $۴۰cm$

✍ **حل: گزینه «۴»**

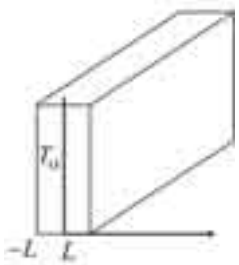
$$r_c = \frac{۲K}{h} = \frac{۲\times ۰/۱}{۰/۵} = ۰/۴m = ۴۰cm$$

۱-۱۱ دیواره تخت با چشمه حرارتی (یک بعدی)

$$\frac{d^۲T}{dx^۲} + \frac{\dot{q}}{K} = ۰ \quad \text{و} \quad B.C \begin{cases} x = \pm L \\ T = T_\infty \end{cases} \qquad (۲۲-۱)$$

$$T = -\frac{\dot{q}}{K}.\frac{x^۲}{۲} + C_۱ x + C_۲$$

$$\begin{cases} C_۱ = ۰ \\ C_۲ = T_۰ = T_w + \frac{qL^۲}{۲K} \end{cases}$$



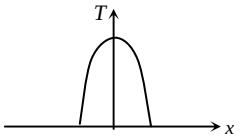
شکل (۱-۱۰)

مجموعه کتب همراه علوی

❋ **نکته۶** : *معمولاً حداکثر دما در وسط دیواره اتفاق می‌افتد.*

❋ **نکته۷**: *اگر جسم در حالت سرد شدن باشد پروفایل مطابق شکل (۱-۱۱) است:*

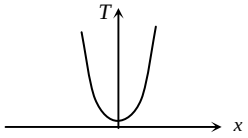
مطابق شکل در این حالت نمودار دارای یک ماکزیمم است که از همین مطلب می‌توان فهمید جداره‌های جسم سردتر از مرکز جسم است و این یعنی این که جسم در حال سرد شدن است.



(شکل ۱-۱۱)

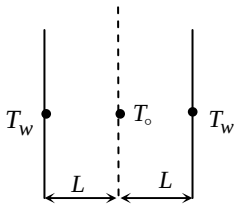
❋ **نکته۸**: *اگر جسم در حال گرم شدن باشد پروفایل دما مطابق شکل (۱-۱۲) است.*

مطابق شکل در این حالت نمودار دارای یک مینیمم است که از همین مطلب می‌توان فهمید جداره‌های جسم گرم‌تر از مرکز جسم است و این یعنی این که جسم در حال گرم شدن است.



(شکل ۱-۱۲)

مثال۱۸: جسم صلب زیر دارای منبع حرارتی q است. توزیع دما:



۱) $\frac{T-T_\circ}{T_w-T_\circ}=\frac{x^2}{L}$

۲) $\frac{T-T_w}{T_w-T_\circ}=\frac{x}{L_2}$

۳) $\frac{T-T_w}{T_w-T_\circ}=\left[\frac{x}{L}\right]^2$

۴) $\frac{T-T_\circ}{T_w-T_\circ}=\left[\frac{x}{L}\right]^2$

✍ **حل: گزینه «۴»**

در $x=\circ \longleftarrow T=T_\circ$

در $x=L \longleftarrow T=T_w$

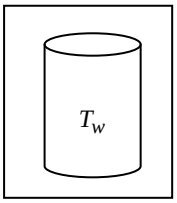
$$\left.\begin{aligned} T=\frac{\dot{q}}{2K}(L^2-x^2)+T_w \Rightarrow (T-T_w)=\frac{\dot{q}}{2K}(L^2-x^2)\\ (T_\circ-T_w)=\frac{\dot{q}}{2K}L^2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

$$\frac{T-T_w}{T_\circ-T_w}=1-\frac{x^2}{L^2} \Rightarrow 1-\frac{T-T_w}{T=T_w}=\frac{T-T_\circ}{T_w-T_\circ}=[\frac{x}{L}]^2$$

مجموعه کتب همراه علوی

۱-۱۲ استوانه توپر با چشمه حرارتی

یک استوانه توپر با چشم حرارتی مطابق شکل در نظر بگیرید:



شکل ۱-۱۳

$$\frac{d^2T}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{dT}{dr}+\frac{\dot{q}}{K}=0 \quad B.C\begin{cases}r=R\\T=T_w\end{cases} \qquad BC\begin{cases}r=0\\\dfrac{\partial T}{\partial r}=0\end{cases}$$

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T}{\partial r}\right)=-\frac{q^{\circ}}{K} \Rightarrow T=-\frac{q^{\circ}}{K}\frac{r^2}{4}+C_1 \ln r+C_2$$

$$r=0 \Rightarrow \frac{\partial T}{\partial r}=0 \Rightarrow C_1=0 \quad \text{و} \quad \begin{cases}C_1=0\\C_2=T_w+\dfrac{\dot{q}}{K}\cdot\dfrac{R^2}{4}\end{cases}$$

$r=0$ و دما در مرکز استوانه $(r=0)$ $\qquad T_0=T_w+\dfrac{\dot{q}}{K}\dfrac{r^2}{4}=C_2$

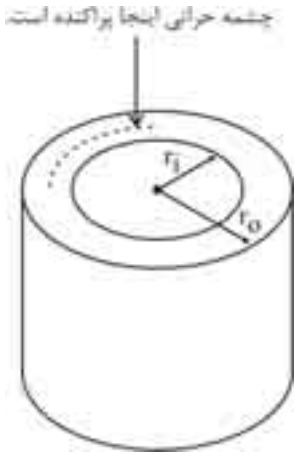
$$T=\frac{-\dot{q}}{K}\frac{r^2}{4}+T_w+\frac{\dot{q}}{K}\frac{R^2}{4}\times T=\frac{\dot{q}}{K}\frac{r^2}{4}+T_w+\frac{\dot{q}}{K}\frac{R^2}{4}$$

$$T-T_w=\frac{\dot{q}}{4k}(R^2-r^2) \quad \text{توزیع دمای شعاعی} \qquad (۱-۲۳)$$

۱-۱۳ استوانه توخالی با چشمه یکنواخت حرارتی توزیع شده

$$\frac{d^2T}{dr^2}+\frac{1}{r}\frac{dT}{dr}+\frac{\dot{q}}{K}=0$$

$$B.C\begin{cases}r=r_i \quad \text{و} \quad T=T_i\\r=r_0 \quad \text{و} \quad T=T_0\end{cases}$$



شکل ۱-۱۴

مجموعه کتب همراه علوی

نهایتاً خواهیم داشت.

$$T = \frac{-\dot{q}}{4K} r^2 + C_1 \ln r + C_2$$

$$T - T_\circ = \frac{\dot{q}}{4K}(r_\circ^2 - r^2) + C_1 \ln \frac{r}{r_\circ} \quad \text{و} \quad C_1 = \frac{T_i - T_\circ + \frac{\dot{q}(r_i^2 - r_\circ^2)}{4K}}{\ln \frac{r_i}{r_\circ}} \qquad \textbf{(۲۴-۱)}$$

مثال۱۹: اگر دمای سطح سیم فولادی T_S و شعاع سیم R باشد و جریان برق از این سیم عبور کند با استفاده از معادله‌ی $\frac{1}{r}\frac{d}{dr}(r\frac{dT}{dr}) + \frac{\dot{q}}{K} = 0$ توزیع دما برابر است با : ($\dot{q}$ = منبع حرارتی و $T_\circ$ = دمای مرکز سیم)

۱) $\frac{T - T_S}{T_\circ - T_S} = \frac{r}{R}$

۲) $\frac{T - T_S}{T_\circ - T_S} = 1 - (\frac{r}{R})^2$

۳) $\frac{T - T_S}{T_\circ - T_S} = 1 - (\frac{r}{R})$

۴) $\frac{T - T_S}{T_\circ - T_S} = (1 - \frac{r}{R})^2$

✍ **حل: گزینه «۲»**

از رابطه (۱-۲۳) داریم:

$$T - T_S = \frac{a}{4K}(R^2 - r^2)$$

$$T_o - T_s = \frac{a}{4K} R^2$$

$$\frac{T - T_S}{T_o - T_s} = 1 - (\frac{r}{R})^2$$

مثال۲۰: لوله‌ای به قطر داخلی $5cm$ و قطر خارجی $7cm$ از جنس آهن با $K = 50 \frac{w}{m.K}$ دمای سطوح داخلی و خارجی آن به ترتیب $100^\circ C$ و $20^\circ C$ است. میزان افت حرارتی برای واحد طول لوله برابر است با:

۱) $69/6 \frac{kw}{m}$ ۲) $74/7 \frac{kw}{m}$ ۳) $2/5 \frac{kw}{m}$ ۴) $2/3 \frac{kw}{m}$

✍ **حل: گزینه «۲»**

$$q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{T_i - T_\circ}{\frac{\ln \frac{r_\circ}{r_i}}{2\pi k}} = \frac{100 - 20}{\frac{\ln (\frac{7}{5})}{2\pi \times 50}} = 7469/4 \frac{w}{m}$$

مثال۲۱: در انتقال حرارت هدایتی در استوانه‌ای با پوشش‌های متفاوت، کدام گزینه درست است؟

۱) شار حرارتی و q در لایه‌ها هر دو تغییر می‌کنند.

۲) شار حرارتی q در هر لایه ثابت است.

۳) شار حرارتی متغیر و q در هر لایه ثابت است.

۴) اطلاعات ناقص است.

✍ **حل: گزینه «۳»**

$$q = q''A = q''(2\pi rL) \Rightarrow$$

بنابراین با تغییر شعاع، q'' هم تغییر می‌کند.

مجموعه کتب همراه علوی

مثال۲۲: در یک سیم با شعاع R و رسانایی گرمایی K برق جریان دارد. شدت تولید گرما درون سیم $\dot{q}$ است. دمای وسط سیم از دمای سطح آن چقدر بیشتر است؟

۱) $\frac{\dot{q}R^۲}{۶K}$ ۲) $\frac{\dot{q}R^۲}{K}$ ۳) $\frac{\dot{q}R^۲}{۲K}$ ۴) $\frac{\dot{q}R^۲}{۴K}$

حل: گزینه «۴»

$$r=۰\Rightarrow T=T_{\max}=\frac{\dot{q}R^۲}{۴K}+T_w \Rightarrow T-T_w=\frac{\dot{q}R^۲}{۴K}$$

نکته۵: *کره توپر با چشمه یکنواخت حرارتی توزیع شده*

$$T(r)=\frac{\dot{q}R^۲}{۶K}\left(۱-\left(\frac{r}{R}\right)^۲\right)+T_w \qquad (۲۵-۱)$$

$$T_{\max}=T_w+\frac{\dot{q}R^۲}{۶K}$$

مثال۲۳: مقاومت گرمایی پوسته کروی شکل توخالی با شعاع داخلی r_i و شعاع خارجی $r_۰$ با ضریب هدایت گرمایی K را بدست آورید.

۱) $R_{th}=\frac{\frac{K}{r_i r_۰}}{۲\pi}$ ۲) $R_{th}=\frac{\frac{۱}{r_i}-\frac{۱}{r_۰}}{۲K\pi}$

۳) $R_{th}=\frac{۴\pi}{K r_i r_۰}$ ۴) $R_{th}=\frac{\frac{۱}{r_i}-\frac{۱}{r_۰}}{۴K\pi}$

حل: گزینه «۴»

مثال۲۴: مقاومت رسانشی یک پوسته کروی با شعاع داخلی $r_۱$ و شعاع خارجی $r_۲$ و ضریب رسانش k کدام است؟

۱) $\frac{r_۲-r_۱}{۴K\pi r_۱ r_۲}$ ۲) $\frac{r_۱r_۲}{۴K\pi(r_۲-r_۱)}$

۳) $\frac{۴K\pi r_۱r_۲}{r_۲-r_۱}$ ۴) $\frac{۴K\pi(r_۲-r_۱)}{r_۱r_۲}$

حل: گزینه «۱»

$$R_{cond}=\frac{\frac{۱}{r_۱}-\frac{۱}{r_۲}}{۴K\pi}=\frac{r_۲-r_۱}{۴K\pi r_۱ r_۲}$$

مثال۲۵: مقاومت گرمایی یک پوسته کروی با شعاع درونی $r_i=۵mm$ و شعاع بیرونی $r_۰=۱۰mm$ و ضریب هدایت حرارتی $K=۲۰\frac{w}{m.^\circ C}$ عبارتست از:

۱) $۲\frac{^\circ C}{w}$ ۲) $۰/۱۲۵\frac{^\circ C}{w}$ ۳) $۱۰/۳\frac{^\circ C}{w}$ ۴) $۰/۳۹۷\frac{^\circ C}{w}$

حل: گزینه «۴»

$$R=\frac{۱}{۴K\pi}\left[\frac{۱}{r_۱}-\frac{۱}{r_۲}\right]=\frac{۱}{۴\pi\times۲۰}\left[\frac{۱}{۰/۰۰۵}-\frac{۱}{۰/۰۱}\right]=۰/۳۹۷$$

مجموعه کتب همراه علوی

نکات کلیدی فصل اول

۱- انتقال گرما در محیط به سه طریق هدایت، جابجایی و تشعشع انجام می‌شود.

۲- نرخ هدایت گرمایی در یک محیط به هندسه، ضخامت، جنس ماده و اختلاف دما درعرض محیط بستگی دارد.

۳- با زیاد کردن سطح و اختلاف درجه حرارت و کم کردن ضخامت آهنگ انتقال گرما به روش هدایت افزایش می‌یابد.

۴- قانون فوریه: $q = -K \frac{dT}{dx}$ (وجود علامت منفی به علت این است که انتقال گرما در جهت کاهش دما صورت می‌گیرد.)

۵- در مایعات غالباً ضریب هدایت گرمایی با افزایش دما، کاهش می‌یابد.

۶- در برخی از فلزات ضریب هدایت گرمایی با افزایش دما، کاهش می‌یابد مثل مس. در برخی دیگر افزایش می‌یابد مثل آلومینیوم و در برخی بدون تغییر می‌ماند مثل فولاد.

۷- انتقال گرما درمایعات ساکن به صورت هدایت و تشعشع انجام می‌شود.

۸- انتقال گرمای تشعشعی، فقط در دماهای بالا اهمیت می‌یابد.

۹- گازها به علت کم بودن چگالی و ظرفیت ویژهٔ حرارتی‌شان، مواد مناسبی برای ذخیره انرژی نیستند.

۱۰- ضریب نفوذ گرمایی، معرف نسبت هدایت حرارتی به ذخیره سازی حرارت است.

۱۱- معادله انتقال گرمای ۲ بعدی در حالت پایا و بدون چشمه گرمایی به صورت زیر است:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0$$

۱۲- معادله انتقال گرما درحالت پایا، در راستای شعاعی بدون تولید انرژی و در مختصات استوانه‌ای به صورت زیر بیان می‌شود.

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r \frac{\partial T}{\partial r}) = 0$$

۱۳- معادله انتقال گرما در حالت پایا در راستای شعاعی بدون تولید انرژی و در مختصات کروی به صورت زیر بیان می‌شود.

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r}(r^2 \frac{\partial T}{\partial r}) = 0$$

۱۴- در هدایت یک بعدی، پایا، بدون تولید انرژی نرخ انتقال گرما در سطح دیواره و شار انتقال گرما مستقل از x هستند.

۱۵- اگر نقطه اکسترمم منحنی توزیع $T(x, t)$ روی سطح قرار گیرد نشان دهنده این است که سطح عایق شده است.

۱۶- اگر منحنی توزیع $T(x, t)$ دارای min باشد نشان دهنده گرم شدن ماده است و اگر دارای max باشد یعنی ماده در حال سرد شدن است.

۱۷- رابطه دما در انتقال حرارت یک بعدی و پایا، با منبع گرمایی در دیوار تخت به صورت زیر است:

$$T(x) = -\frac{\dot{q}}{2K} x^2 + C_1 x + C_2$$

(ثوابت C_1 و C_2 به شرایط مرزی مسأله بستگی دارند.)

۱۸- رابطه دما در انتقال حرارت یک بعدی، پایا بدون تولید انرژی و در استوانه توخالی به صورت زیر است:

$T(r) = C_1 \ln r + C_2$ (ثوابت C_1 و C_2 به شرایط مرزی مسأله بستگی دارد)

۱۹- در هدایت یک بعدی، پایا بدون تولید انرژی در استوانه یا کره نرخ انتقال گرما در جهت شعاعی ثابت است ولی شار گرمایی ثابت نیست.

۲۰- رابطه دما در انتقال حرارت یک بعدی، پایا با تولید انرژی در استوانه توپر عبارت است از:

مجموعه کتب همراه علوی

(ثوابت C_1 و C_2 به شرایط مرزی مسأله بستگی دارند.) $T(r) = -\frac{\dot{q}}{4K} r^2 + C_1 \ln r + C_2$

۲۱- اگر استوانه در مجاورت سیال با دمای T باشد. دمای سطح آن، T_S، برابر است با: $T_S = T_\infty + \frac{\dot{q} r_\circ}{2h}$

۲۲- رابطه دما در انتقال گرمای یک بعدی، پایا، بدون تولید انرژی در کره توخالی:

$$T(r) = + \frac{C_1}{r} + C_2$$

۲۳- رابطه دما در انتقال گرمای یک بعدی، پایا با تولید انرژی در کره توپر:

$$T(r) = - \frac{\dot{q} r^2}{6K} + \frac{C_1}{r} + C_2$$

۲۴- اگر کره در مجاورت سیال با دمای T_∞ باشد دمای سطح آن برابر است با:

$$T_S = T_\infty + \frac{\dot{q} r_\circ}{3h}$$

۲۵- مقاومت گرمایی یک محیط به هندسه و خواص گرمایی محیط وابسته است:

$$R_{cond} = \frac{L}{K A} \quad \text{و} \quad R_{convection} = \frac{1}{h A}$$

۲۶- هر گاه چند عایق داشته باشیم که ضریب هدایت گرمایی آن‌ها دارای تابعیت دمایی باشد. ترتیب قرار گرفتن آنها به صورت زیر است:

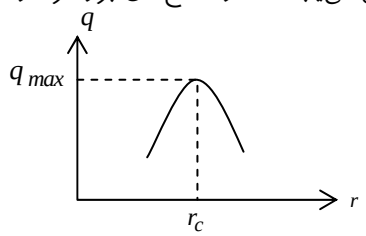
بخش سرد | K_1 | K_2 | K_3 | بخش گرم (K_1، تابع نزولی دما)

K_2، مستقل از دما

K_3، تابع صعودی دما

۲۷- در شعاع بحرانی مقاومت گرمایی حداقل و در نتیجه اتلاف گرما حداکثر است.

۲۸- در شعاع‌های کمتر از شعاع بحرانی با افزایش ضخامت عایق، اتلاف حرارتی افزایش می‌یابد اما در شعاع‌های بزرگتر از شعاع بحرانی افزاش ضخامت عایق سبب کاهش اتلاف حرارتی می‌شود.



۲۹- شعاع بحرانی استوانه: $r_c = \frac{K}{h}$

شعاع بحرانی کره: $r_c = \frac{2K}{h}$

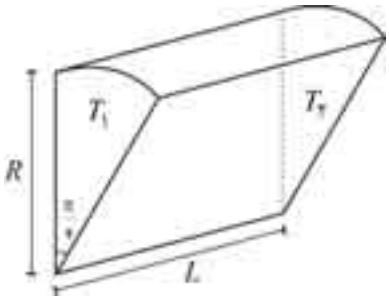
دیوار مسطح: شعاع بحرانی ندارد.

۳۰- اگر استوانه یا کره چند لایه داشته باشیم برای تعیین شعاع بحرانی، از ضریب هدایت گرمایی آخرین لایه در تماس با محیط استفاده می‌کنیم.

مجموعه کتب همراه علوی

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

۱- در یک ربع استوانه مطابق شکل زیر میزان انتقال حرارت یک بعدی در جهت محور استوانه در شرایط پایدار، کدام گزینه است؟ $(T_1 > T_2)$ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۹)



۱) $Q = \frac{kR^2\pi(T_1 - T_2)}{4L}$

۲) $Q = \frac{kR^2\pi(T_1 - T_2)}{L}$

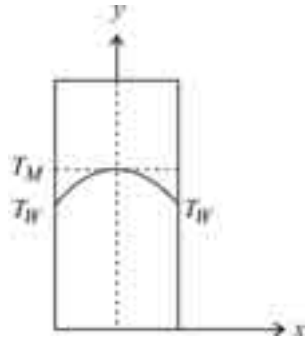
۳) $Q = \frac{kR^2\pi(T_1 - T_2)}{2L}$

۴) $Q = \frac{kR^2\pi(T_1 - T_2)}{8L}$

۲- کدام گزینه زیر مشخصات یک عایق متخلخل خوب را بیان می‌کند؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۹)

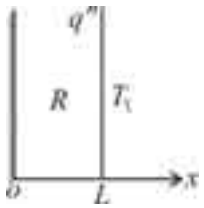
۱) گاز درون فضای متخلخل ساکن باشد.
۲) قسمت جامد آن دارای ثابت هدایت حرارتی کوچکی باشد.
۳) تخلخل آن بزرگ باشد.
۴) همه موارد

۳- شکل زیر توزیع درجه حرارت در یک صفحه یک بعدی با منبع حرارتی در حالت پایا را نشان می‌أهد. در این شکل T_M دمای ماکزیمم و مرکز جسم می‌باشد. اگر ضخامت جسم به نصف تقلیل یابد در صورتی که دمای دیواره همانند حالت قبل برابر با T_W و حرارت تولید در واحد جم مشابه قبل باشد، در حالت پایا دمای ماکزیمم چه وضعیتی نسبت به حالت اول خواهد داشت؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۸)



۱) کمتر از T_Wاست.
۲) برابر با T_W است.
۳) بیشتر از T_W است.
۴) برابر با T_W است ولی در مرکز جسم واقع نیست.

۴- در دیواره شکل زیر q'' حرارت تولیدی به ازای واحد حجم است. اگر در $x = L$ دمای سطح برابر T_1 باشد در شرایط پایا دمای سطح عایق شده چقدر است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۷)



۱) $T_1 + \frac{q''L}{k}$

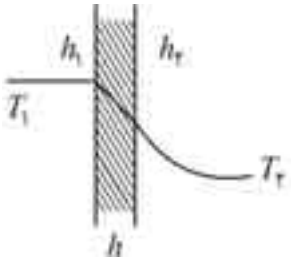
۲) $T_1 + \frac{q''L^2}{2k}$

۳) $T_1 = \frac{q''L^2}{k}$

۴) $T_1 + \frac{q''L}{2k}$

مجموعه کتب همراه علوی

۵- توزیع دمای پایا در سیستمی که دیواره‌ی جامدی دو سیال با دمای توده T_1 و T_2 را از هم جدا می‌کند به صورت زیر است. کدام گزینه صحیح است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۷)



۱) k ثابت بوده و $h_1 < h_2$

۲) k ثابت بوده و $h_1 << h_2$

۳) k ثابت بوده $h_0 =$ بسیار بزرگ و $h_2 =$ معین

۴) k ثابت بوده و $h_1 = h_2$

۶- یک سیم الکتریکی به قطر ۳ میلی‌متر و طول ۵ متر با یک پوشش پلاستیکی به ضخامت ۲ میلی‌متر که ضریب هدایت حرارتی آن $k = ۰/۱۵ \frac{W}{m^{\circ}C}$ می‌باشد، پوشیده شده است. اگر این عایق حرارتی در محیطی به دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد که ضریب انتقال حرارت جابجایی آ ن $۱۲ \frac{W}{m^{۲\circ}C}$ است قرار گیرد، شعاع بحرانی عایق پلاستیکی کدام است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۶)

۱) ۸ سانتی‌متر

۲) ۴ سانتی‌متر

۳) ۱۲/۵ میلی‌متر

۴) ۸/۵ میلی‌متر

۷- یک لوله با قطر D و طول L به وسیله المان الکتریکی حرارت داده می‌شود که شار حرارتی در طول لوله به صورت زیر $q''(x) = q''_{\circ} \sin \frac{\pi x}{L}$ تغییر می‌نماید. سیال در دمای T_{mi} وارد شده و در دمای T_{mo} خارج می‌شود. تابعیت دمای خروجی چگونه خواهد بود؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۶)

۱) $T_{mo} = T_{mi} + ۲ \frac{DLq''_{\circ}}{\dot{m}C_P}$

۲) $T_{mo} = T_{mi} + ۴ \frac{DLq''_{\circ}}{\dot{m}C_P}$

۳) $T_{mo} = T_{mi} + \frac{DLq''_{\circ}}{۲\dot{m}C_P}$

۴) $T_{mo} = T_{mi} + \frac{DLq''_{\circ}}{۳\dot{m}C_P}$

۸- شرط توسعه‌یافتگی حرارتی برای شرط مرزی دمای ثابت در دیواره در داخل کانال چیست؟(T_w دمای دیواره و T_b دمای بالک سیال است.) (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۶)

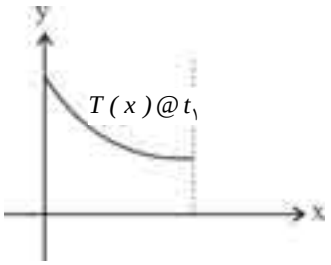
۱) $\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{T_w - T}{T_w - T_b}\right] = \circ$

۲) $\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{T_b - T}{T_w - T_b}\right] = \circ$

۳) $\frac{\partial T}{\partial x} = \circ$

۴) $\frac{\partial T_b}{\partial x} = \circ$

۹- در صورتی که تغییرات دما با مکان در داخل یک دیوار در یک زمان مشخص t_1 در یک فرآیند گذرا به صورت زیر باشد از آن چه نتیجه‌ای می‌توان گرفت؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۶)



۱) سرد یا گرم‌شدن دیواره بستگی به ضریب هدایت حرارتی آن دارد.

۲) دیوار در ابتدا گرم و در زمان دیگری سرد می‌شود.

۳) دیوار گرم می‌شود.

۴) دیوار سرد می‌شود.

مجموعه کتب همراه علوی

۱۰- دیواری به ضخامت 2L مفروض است. انتقال حرارت در این دیوار فقط در جهت x صورت می‌گیرد. اگر دیوار در مقطع 2L شار حرارتی q_w دریافت کند و در معرض هوا با دمای T_∞ و ضریب انتقال حرارت $h_\circ$ باشد، شرط مرزی جهت حل معادله دیفرانسیل انتقال حرارت در این مقطع عبارتست از: (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۶)

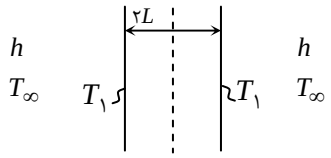
۱) $-K\frac{\partial T}{\partial x}|_{x=2L} = h(T_w - T_\infty)$

۲) $-K\frac{\partial T}{\partial x}|_{x=2L} + q_w + h(T_\infty - T_w) = \circ$

۳) $-K\frac{\partial T}{\partial x}|_{x=2L} = h(T_w - T_\infty) + q_w$

۴) $-K\frac{\partial T}{\partial x}|_{x=2L} = h(T_\infty - T_w) - q_w$

۱۱- در صفحه‌ای به ضخامت 2L حرارت با نرخ $\dot{q}\,(W/m^3)$ تولید می‌شود. اگر جداره‌ها در دو طرف در دمای T_1 و محیط دارای دمای $T_\infty (T_1 > T_\infty)$ و سطح نیز برابر A باشد، مقدار حرارت انتقال یافته از صفحه به محیط در شرایط پایا چقدر است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۵)



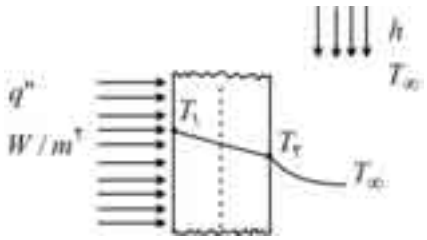
۱) $q = \dot{q}$

۲) $q = \dot{q}(L.A)$

۳) $q = 2\dot{q}L.A$

۴) $q = \dot{q}(\frac{L.A}{2})$

۱۲- در دیوار تخت جامد شکل زیر در صورتی که ضریب هدایت حرارتی ثابت و برابر K و مساحت دیواره A باشد کدام یک از روابط زیر صحیح است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۵)



۱) $T_2 = \frac{q''}{h} + T_\infty$

۲) $T_1 = \frac{q''}{h} + T_\infty$

۳) $T_2 = \frac{q''}{h} - T_\infty$

۴) $T_1 = \frac{q''}{h} - T_\infty$

۱۳- چند میله فلزی با اندازه‌های یکسان، اما از جنس‌های مختلف را از یک سر ناگهان بر روی آتش می‌گیریم. اگر K ضریب هدایت گرمایی و α ضریب نفوذ گرمایی باشد سر دیگر میله‌ای زودتر داغ خواهد شد که دارای . . . . . باشد. (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۵)

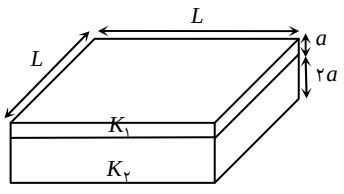
۱) α بزرگ‌تر

۲) K بزرگ‌تر

۳) α, K بزرگ‌تر

۴) α بزرگ‌تر و K کوچک‌تر

۱۴- در شکل مقابل مقاومت حرارتی درجهت x کدام است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۵)



۱) $\frac{a(K_1+K_2)}{K_1K_2}$

۲) $\frac{1}{a(k_1+2k_2)}$

۳) $\frac{a(2k_1+k_2)}{Lk_1k_2}$

۴) $\frac{L}{(2K_1+K_2)}$

مجموعه کتب همراه علوی

۱۵- علت نسبتاً زیاد بودن ضریب هدایت حرارتی مس، کدام است؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۵)**

۱) بالا بودن جرم مخصوص مس
۲) بالا بودن گرمای ویژه‌ی مس
۳) کم‌بودن میل ترکیبی مس
۴) وجود الکترون‌های آزاد در مس

۱۶- ضریب هدایت حرارتی عموما با افزایش درجه حرارت ..... **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۵)**

۱) برای گازها کم‌و برای جامدات زیاد می‌شود.
۲) برای گازها زیاد و برای جامدات کم می‌شود.
۳) برای گازها و جامدات هر دو کم می‌شود.
۴) برای گازها و جامدات هر دو زیاد می‌شود.

۱۷- ضریب هدایت حرارتی جامدات با هدایت الکتریکی آن‌ها عموماً ..... **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۵)**

۱) قابل پیش‌بینی نیست.
۲) نسبت معکوس دارد.
۳) نسبتی ندارد.
۴) نسبت مستقیم دارد.

۱۸- مکانیسم اصلی انتقال حرارت در رادیاتور ماشین چیست؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)**

۱) تشعشع
۲) جابه‌جایی
۳) تشعشع و هدایت
۴) هدایت

۱۹- فرم معادله درجه حرارت در میله در حالت پایدار چگونه است؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)**

۱) $\frac{d^2T}{dx^2}=\frac{dT}{dx}+m(T-T_\infty)$
۲) $\frac{dT}{dx}=m(T-T_\infty)$
۳) $\frac{d^2T}{dt^2}=mT$
۴) $\frac{d^2T}{dx^2}=m^2(T-T_\infty)$

۲۰- دیواره‌ای به ضخامت L دارای دمای ثابت T_2,T_1 در دو طرف می‌باشد. اگر ضریب هدایت حرارتی آن به صورت $k=k_\circ T^2$ باشد میزان انتقال حرارت پایدار به ازای واحد سطح آن چقدر است؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)**

$T_1>T_2$
$K_\circ=cte$

۱) $q=\frac{K_\circ(T_1^3-T_2^3)}{L}$
۲) $q=\frac{K_\circ(T_1^3-T_2^3)}{3L^2}$
۳) $q=\frac{K_\circ(T_1^3-T_2^3)}{2L}$
۴) $q=\frac{K_\circ(T_1^3-T_2^3)}{2L}$

۲۱- برای عایق بندی لوله‌ای استوانه‌ای به شعاع خارجی $2cm$ از آزبست استفاده است. شعاع بحرانی عایق‌بندی چند cm است؟ $(h=8\frac{w}{m^2.K}\quad,\quad K_{asb}=0/2\frac{w}{m.K})$ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)**

۱) ۱/۶
۲) ۲/۵
۳) ۴
۴) ۴۰

۲۲- می‌خواهیم سطح بیرونی کره‌ای را با سه لایه عایق بپوشانیم ضریب گرمایی ماده اول (K_1) با افزایش دما کاهش می‌یابد. ضریب گرمایی ماده دوم (K_2) با دما تغییر نمی‌کند و ضریب گرمایی ماده سوم (K_3) ماده سوم با افزایش دما بیشتر می‌شود. مقرون به صرفه‌ترین ترتیب عایق پیچی کدام است؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)**

۱) لایه‌ی k_1 را در سمت کوره قرار دهیم.
۲) لایه‌ی k_2 را در سمت کوره قرار دهیم.
۳) لایه‌ی k_3 را در سمت کوره قرار دهیم.
۴) فرقی ندارد.

۲۳- معادله‌ی انتقال حرارت پایدار یک بعدی در مختصات کارتزین برای جسمی که در آن حرارت یکنواخت $\dot{q}$ تولید می‌شود، عبارت است از: **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)**

۱) $\frac{d^2T}{dx^2}+\frac{\dot{q}}{k}=\circ$
۲) $\frac{d^2T}{dx^2}-\dot{q}=\circ$
۳) $\frac{d^2T}{dx^2}=\circ$
۴) $-K\frac{dT}{dx}+\dot{q}=\circ$

مجموعه کتب همراه علوی

۲۴- در عایق‌بندی لوله‌ها شعاع بحرانی به صورت $r_c = \frac{K}{h}$ تعریف می‌شود. این شعاع بیانگر این مطلب است که:

(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)

۱) شعاع بحرانی باید از شعاع لوله بیشتر باشد.

۲) شعاع بحرانی باید از شعاع لوله کوچک‌تر باشد و با افزایش عایق‌بندی به شعاع بحرانی می‌تواند رسید.

۳) مادامی که شعاع عایق‌کاری کمتر از شعاع بحرانی باشد اتلاف حرارتی با افزایش عایق‌بندی افزایش می‌یابد.

۴) مادامی که شعاع عایق‌کاری بیشتر از شعاع بحرانی باشد اتلاف حرارتی با افزایش عایق‌بندی افزایش می‌یابد.

۲۵- در یک لوله به شعاع بیرونی $r_۰$ و شعاع درونی $r_۱$ و طول L که ضریب هدایت حرارتی آن K مقداری ثابت است. دمای سطح بیرونی $T_۰$ و سطح درونی T_c ثابت می‌باشد. شدت انتقال حرارت را به صورت $q = \frac{(T_۱ - T_۰)}{R}$ می‌توان نوشت. مقدار R با کدام‌یک از عبارت‌های زیر برابر است؟

(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)

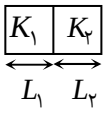
۱) $\frac{(\frac{۱}{r_i} - \frac{۱}{r_۰})}{۴K\pi L}$ ۲) $\frac{\frac{۱}{r_i} - \frac{۱}{r_۰}}{۲K\pi L}$ ۳) $\frac{ln(\frac{r_۰}{r_i})}{۴K\pi L}$ ۴) $\frac{ln(\frac{r_۰}{r_i})}{۲K\pi L}$

۲۶- دیواره‌ای مسطح کوره‌ای را از محیط جدا می‌کند. گرادیان دما در دیواره ثابت است. اگر ضخامت دیواره را دو برابر کنیم شار حرارتی انتقالی از دیواره:

(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)

۱) ثابت می‌ماند. ۲) نصف می‌شود. ۳) دو برابر می‌شود. ۴) $\sqrt{۲}$ برابر می‌شود.

۲۷- یک سیستم ($Lumped$) به صورت زیر متشکل از دو فلز در تماس کامل با هم (مقاومت تماس وجود ندارد) موجود است. ضریب هدایت حرارتی معادل عبارت است از:



۱) $k = \frac{K_۱ + K_۲}{۲K_۱K_۲}$ ۲) $K = \frac{K_۱K_۲}{K_۱ + K_۲}$ ۳) $\frac{\frac{۲K_۱}{L_۱} \times \frac{K_۲}{L_۲}}{(\frac{K_۱}{L_۱}) + (\frac{K_۲}{L_۲})}$ ۴) $\frac{\frac{K_۱}{L_۱} + \frac{K_۲}{L_۲}}{۲(K\frac{k_۱}{L_۱})(\frac{K_۲}{L_۲})}$

۲۸- k فلزات و K گازها با افزایش دما:

(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)

۱) K فلزات و K گازها هر دو افزایش می‌یابند.

۲) K گازها ممکن است کم یا زیاد شود ولی K فلزات کاهش می‌یابد.

۳) K گازها ممکن است کم یا زیاد شود ولی K فلزات افزایش می‌یابد.

۴) K فلزات ممکن است کم یا زیاد شود ولی K گازها افزایش می‌یابد.

۲۹- مکانیزم انتقال حرارت هدایتی در سیالات چیست؟

(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)

۱) گرادیان حرارتی ۲) حرکت بی‌نظم ملکول‌ها

۳) انتقال انرژی مثبت ۴) ارتعاش ملکولی

۳۰- در یک جسم جامد اگر $K \to \infty$ کدام عبارت صحیح است؟

(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)

۱) در شرایط ناپایدار گرادیان درجه حرارت یکنواخت و بزرگ‌تر از صفر می‌باشد.

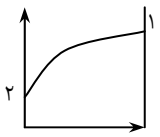
۲) در شرایط پایدار گرادیان درجه حرارت زیاد می‌شود.

۳) در شرایط ناپایدار گرادیان درجه حرارت زیاد می‌شود.

۴) در شرایط پایدار توزیع درجه حرارت یکنواخت می‌شود.

مجموعه کتب همراه علوی

۳۱- در تیغه، توزیع دما در حالت ناپایدار مانند شکل زیر است. می‌توان گفت که . . . . . **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۶)**



۱) تیغه در حالت سرد شدن است.

۲) تیغه در حال گرم شدن است.

۳) اطلاعات کافی نیست.

۴) هر دو حالت ۱ و ۳ می‌تواند باشد.

۳۲- قانون فوریه $\dot{q}_x = -K_x \frac{\partial T}{\partial T}|x$: **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۷)**

۱) را می‌توان برای سطوح سیال در حال حرکت هم به کار برد.

۲) برای سطوح سیال ساکن و اجسام جامد صادق است.

۳) فقط برای سطوح اجسام جامد صدق است.

۴) فقط برای سطوح جامد در حالت پایدار صادق است.

۳۳- ورقه نازکی از جنس مس دو محیط با شرایط زیر را از هم جدا می‌کند. دمای ورقه مسی در حالت پایدار چقدر است؟
(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۷)

$h_۲ = ۱۰۰$, $T_۲ = ۱۰^\circ C$ ← | | → $h_۱ = ۲۰$, $T_۱ = ۱۰۰^\circ C$

۱) ۱۵

۲) ۲۵

۳) ۴۵

۴) ۵۵

۳۴- جسم کروی به شعاع R **با تولید انرژی داخلی** $\dot{q}\ (\frac{w}{m^۳})$ **دارای پوسته‌ای به شعاع** $۲R$ **است و در محیطی با دمای** T_∞ **و ضریب انتقال حرارت** h **قرار دارد. دمای سطح خارجی پوسته برابر است با :** **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۷)**

۱) $\frac{T_\infty + R\dot{q}(K_۱ + K_۲)}{۴h(K_۱ + K_۲)}$

۲) $\frac{T_\infty + R\dot{q}}{(۱۲hlnR)}$

۳) $T_\infty + \frac{R^۲\dot{q}}{۴h}$

۴) $T_\infty + \frac{R\dot{q}}{۱۲h}$

۳۵- لوله‌ای به قطر خارجی $۴cm$, $k = ۲۰۰\frac{w}{m.K}$ **توسط عایق با ضریب هدایتی** $K = ۰/۳\frac{w}{m.K}$ **پوشانده می‌شود. اگر ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی محیط** $h = ۱۰\frac{w}{m^۲.K}$ **باشد ضخامت عایق چند** cm **باشد تا شدت انتقال حرارت به حداکثر مقدار خود برسد؟** **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۷)**

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۰/۵ ۴) ۴

۳۶- یک مخزن کروی شکل که حاوی آب در دمای $۹۸^\circ C$ **می‌باشد. در معرض هوای** $۲۰^\circ C$ **قرار گرفته است. موثرترین متد برای افزایش انتقال حرارت از این مخزن کدام روش است؟** **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۷)**

۱) افزایش ضریب هدایتی مخزن به ضخامت $۱۰mm$ از $۳۰\frac{w}{m.C^\circ}$ به دو برابر.

۲) افزایش ضریب انتقال حرارت در داخل مخزن با به هم زدن از $۲۰۰۰\frac{w}{m^۲.C^\circ}$ به دو برابر.

۳) افزایش ضریب انتقال هوا از $۱۰\frac{w}{m^۲.C^۲}$ به دو برابر .

۴) کاهش ضخامت دیواره مخزن از $۱۰mm$ به $۵mm$

مجموعه کتب همراه علوی

۳۷- دما در دو طرف دیواری $T_۰, T_۱$ است. برای ضریب رسانش دیوار سه حالت می‌توان در نظر گرفت:
(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۷)

الف) $K_۱ = K_۰ = cte$ ب) $K_۲ = K_۰(۱+\alpha T)$ ج) $K_۳ = K_۰(۱-\alpha T)$

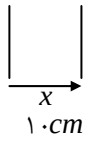
انتقال گرما بر اساس کدام ضریب بیشتر است؟

۱) $q_۲ > q_۱ > q_۳$ ۲) $q_۲ = q_۳ > q_۱$ ۳) $q_۲ < q_۱ < q_۳$ ۴) $q_۱ > q_۲ > q_۳$

۳۸- اگر ضریب هدایت حرارتی بی‌نهایت بزرگ باشد چه مفهومی دارد؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۷)**

۱) $\frac{dT}{dx} = ۰$ ۲) $\frac{dT}{dx} = cte$ ۳) $\frac{dT}{dx} = \infty$ ۴) $\frac{dT}{dx} = f(x)$

۳۹- در شکل زیر توزیع درجه حرارت در جسم جامدی با ضریب هدایت حرارتی $K = ۴۰ \frac{w}{m.^\circ C}$ از رابطه‌ی $T = ۵۰ + ۰/۵x^۲$ که در آن x بر حسب متر و T برحسب $^\circ C$ است پیروی می‌کند. چنانچه این جسم در محیطی با دمای $۳۰^\circ C$ قرار گیرد شار حرارتی از جسم به محیط در حالت پایا کدام‌یک از مقادیر زیر است؟
(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۸)



۱) $q = ۲\frac{w}{m^۲}$ ۲) $q = ۴۰۰\frac{w}{m^۲}$
۳) $q = ۲۰۰\frac{w}{m^۲}$ ۴) $q = ۴\frac{w}{m^۲}$

۴۰- تابع توزیع دما در یک جسم عبارت است از $T = ۱۵۰x^۳ - ۳۰x^۲ + ۵$ وضعیت این جسم با کدام‌یک از حالات زیر مطابقت دارد؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۸)**

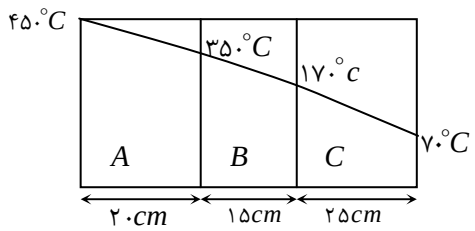
۱) از این جسم در $x = ۰$ حرارت خارج می‌شود.
۲) این جسم در $x = ۰$ عایق می‌باشد.
۳) این جسم در $x = ۰$ حرارت دریافت می‌کند.
۴) بسته به ضریب هدایت ممکن است هر یک از حالات فوق اتفاق بیفتد.

۴۱- مخترعی ادعا می‌کند که ماده عایق جدیدی ساخته است که ضریب رسانای گرمایی (K) آن با دما $(t$ برحسب $^\circ C)$ رابطه‌ای به صورت روبه‌رو دارد: $K = -۵۲ + \frac{t}{۲۵}$ آیا ادعای او پذیرفتنی است؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۹)**

۱) خیر، زیرا خاصیت ابررسانایی دارد.
۲) بلی، چون عایق بسیار خوبی است.
۳) بلی، چون بعضی آلیاژها چنین رفتاری دارند.
۴) خیر، چون قانون دوم ترمودینامیک را نقض می‌کند.

۴۲- برای یک دیوار کامپوزیت متشکل از ۳ لایه با مواد مختلف مقادیر دما و ضخامت‌ها در روی شکل نشان داده شده است. از پارامترهای فوق نشان می‌دهند که : **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۹)**

۱) سطوح آزاد مواد A, C گرم می‌شوند.
۲) در بین لایه‌های B, A تولید حرارت وجود دارد.
۳) لایه‌های C, A جنس یکسانی دارند.
۴) در بین مواد ماده B کم‌ترین ضریب هدایتی را دارا می‌باشد.



۴۳- دما در دو طرف صفحه فلزی $T_1 > T_2$ می‌باشد. ضریب هدایت این صفحه به وسیله‌ی $K = K_0 + \alpha T$ داده شده است. اگر دما در وسط صفحه T_m فرض شود کدام گزینه صحیح است؟ (α ثابت و مثبت است.) (مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۹)

۱) $T_m > \frac{(T_1 + T_2)}{2}$

۲) $T_m = \frac{T_1 + T_2}{2}$

۳) $T_m < (\frac{T_1 + T_2}{2})$

۴) T_m بستگی به ضریب انتقال حرارت در دو طرف صفحه ممکن است بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از $\frac{T_1 + T_2}{2}$ گردد.

۴۴- یک صفحه عمودی مربع شکل به ضلع $1m$ و دمای متوسط $100^\circ C$ در معرض هوای آرام با دمای $20^\circ C$ قرار گرفته است. نرخ انتقال حرارت از یک طرف این صفحه به طور تقریب چند وات است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۹)

۱) ۸۰۰۰ ۲) ۴۰۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۴۰

۴۵- انتقال حرارت به صورت هدایت . . . . . (مهندسی شیمی ـ سراسری ۷۹)

۱) در گازها انجام نمی‌شود.
۲) فقط در جامدات انجام می‌شود.
۳) فقط در جامدات و مایعات انجام می‌شود.
۴) در تمام مواد (جامدات و مایعات و گازها) انجام می‌پذیرد.

۴۶- به دلیل واکنش هسته‌ای در داخل یک دیوار فلزی به شکل همگونی حرارت تولید و از طریق دو وجه آن به بیرون هدایت می‌شود. کدام رابطه بیانگر توزیع پایای دما در امتداد ضخامت صفحه در مختصات کارتزین است؟

(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۰)

۱) $\nabla^2 T = 0$

۲) $\nabla \times k \nabla T + \dot{q} = 0$

۳) $\frac{\partial}{\partial x}(K \frac{\partial T}{\partial x}) + \rho c_p \frac{\partial T}{\partial x} = 0$

۴) $\frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{\dot{q}}{K}[1 + \beta(T - T_l)] = 0$

۴۷- ضریب نفوذ گرمایی معرف . . . . می‌باشد. (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۰)

۱) شدت ذخیره سازی حرارت
۲) شدت انتقال حرارت به طریق هدایت
۳) نسبت هدایت حرارتی به ذخیره‌سازی حرارت
۴) نسبت شدت ذخیره‌سازی حرارت به هدایت حرارتی

۴۸- در یک لوله استوانه‌ای به شعاع داخل r_1 و شعاع خارجی r_2 روغن با دمای T_1 عبور می‌کند. اگر ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی بیرون لوله با هوا h و دمای هوا T_2 و ضریب هدایت حرارتی لوله K باشد میزان انتقال حرارت در واحد طول در حالت پایا کدام است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۰)

۱) $\frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{h} + \frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{2\pi K}}$

۲) $\frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{2\pi r_2 h} + K\ln(\frac{r_2}{r_1})}$

۳) $\frac{T_1 - T_2}{\frac{r^2}{2\pi h} + \frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{2\pi K}}$

۴) $\frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{2\pi r_2 h} + \frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{2\pi K}}$

۴۹- ضریب هدایت گرمایی سه ماده عایق نسبت به یکدیگر چنین است: $k_1 > k_2 > k_3$

بدنه کوره‌ای با سه لایه از این سه ماده عایق با ضخامت یکسان پوشیده شده است. ترتیب لایه‌گذاری چگونه باید باشد تا اتلاف گرمایی کوره کم‌تر شود؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۰)

۱) لایه‌ی K_2 روی سطح کوره قرار گیرد.
۲) لایه‌ی K_1 روی سطح کوره قرار گیرد.
۳) ترتیب لایه‌ها فرقی نمی‌کند.
۴) لایه‌ی K_1 روی سطح لایه‌ی K_2 وسط و لایه‌ی K_3 را بیرون قرار دهیم.

مجموعه کتب همراه علوی

۵۰- در یک استوانه توپر و بلند به شعاع r که در آن انرژی حرارتی به صورت همگون به میزان $g_\circ(\frac{w}{m^۳})$ تولید می‌شود و دمای جداره آن برابر $T_۲$ است. میزان شار حرارتی $g(r)$ کدام است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۰)

۱) $\frac{g_\circ.r^۲}{۲}$ ۲) $\frac{g_\circ.r}{۴}$ ۳) $\frac{g_\circ.r}{۲}$ ۴) $\frac{g_\circ.r^۲}{۴}$

۵۱- یک دیواره مرکب تشکیل شده است از دیوار A به ضخامت $۲۰cm$ و ضریب هدایت $۰/۵\frac{w}{m\,^\circ C}$، دیوار B به ضخامت $۲۰cm$ و ضریب هدایت حرارتی $۴\frac{w}{m\,^\circ C}$ اگر دما در سطح بیرونی دیوار A، $۳۲^\circ C$ و در سطح بیرونی دیوار B برابر $۱۰^\circ C$ باشد دما در سطح مشترک A, B برابر با چند درجه سانتی‌گراد است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۰)

۱) ۱۲/۵ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۶

۵۲- شوفاژی را در نظر بگیرید که هوای اتاقی را گرم می‌کند. در کدام‌یک از شرایط زیر نرخ انتقال گرما از شوفاژ به اتاق تقریباً دو برابر می‌شود؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۱)

۱) سطح شوفاژ ۲ برابر شود.

۲) دمای اتاق ۲ برابر شود.

۳) ضریب هدایت پره در جداره شوفاژ دو برابر شود.

۴) اگر ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی داخل آب و جداره ۲ برابر شود.

۵۳- ضریب هدایتی حرارتی بی‌نهایت بزرگ با کدام مورد هم‌خوانی دارد؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۱)

۱) $\frac{dT}{dx}=\circ$ ۲) $\frac{dT}{dx}=\infty$ ۳) $\frac{dT}{dx}=$ عدد ثابت ۴) $\frac{dT}{dx}=f(x)$

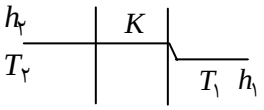
۵۴- دیواری که ضخامت آن $۱۰cm$ و انرژی برابر $۱۰۰۰۰\frac{w}{m^۳}$ در آن تولید می‌شود. به صورت عمودی در محیطی با دمای $۲۰^\circ C$ و ضرایب جابه‌جایی $h=۱۰\frac{w}{m^۲.C^\circ}$ قرار گرفته است. دمای سطوح این دیوار چند درجه $^\circ C$ است؟ (انتقال گرما یک بعدی فرض می‌شود.) (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۱)

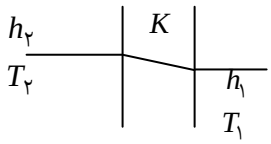
۱) ۱۲۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۸۰ ۴) ۷۰

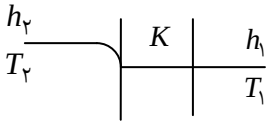
۵۵- یک دیواره‌ی مرکب از دو جنس مختلف با هدایت حرارتی $K_۲, K_۱$ با ضخامت یکسان تشکیل شده است. هدایت حرارتی معادل کدام است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۱)

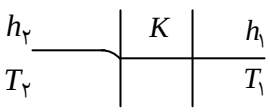
۱) $K_۱K_۲$ ۲) $K_۱+K_۲$ ۳) $\frac{۲K_۱K_۲}{K_۱+K_۲}$ ۴) $\frac{K_۱+K_۲}{K_۱K_۲}$

۵۶- صفحه‌ای دو سیال به دمای $T_۲, T_۱$ را از هم جدا می‌کند. $(T_۲ > T_۱)$ اگر $h_۱ >> h_۲$ باشد کدام توزیع دما منطقی است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۱)

۱) 

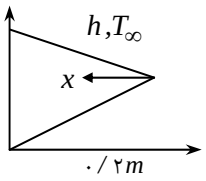
۲) 

۳) 

۴) 

مجموعه کتب همراه علوی

۵۷- توزیع دمای حالت پایا در یک پره مثلثی مطابق شکل با رابطه $T(x)=۲۰۰+x^{۲}$ برحسب $^{\circ}C$ بیان شده است. میزان انتقال حرارت آن چند w است؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۱)**



۱) $-۰/۱$ ۲) $-۰/۲$ ۳) $-۰/۳$ ۴) $-۰/۵$

۵۸- بین اختلاف ولتاژ گرادیان دما و تفاوت فشار چه شباهتی وجود دارد؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۱)**

۱) به ترتیب نیروی محرکه الکتریکی انتقال حرارت و جریان سیال هستند.

۲) چون واحدهای متفاوتی دارند شباهتی با یکدیگر ندارند.

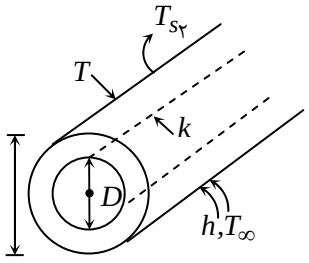
۳) چون مربوط به سه پدیده متفاوت هستند شباهتی ندارند.

۴) هر کدام یکی از صورت‌های انرژی را بیان می‌کنند.

۵۹- سه دیواره فلزی با ضخامت یکسان و سطح مقطع یکسان به ترتیب دارای ضریب هدایت حرارتی $K_۱=a$, $K_۲=۲a$, $K_۳=۳a$ هستند. به ازای شار حرارتی مساوی نسبت اختلاف دمای دیواره مطابق با کدام گزینه است؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۱)**

۱) ۱:۲:۳ ۲) ۳:۲:۱ ۳) ۱:۱:۱ ۴) اطلاعات مساله ناقص است.

۶۰- یک میله‌ی استوانه‌ای طویل و توپر به قطر $۱۵cm$ و ضریب هدایت $۱\frac{w}{m.K}$ در داخل آن حرارتی به طور یکنواخت به مقدار $۳۰۰۰۰\frac{w}{m^{۳}}$ تولید می‌شود این میله داخل یک پوشش استوانه‌ای به ضخامت $۲۰mm$ و ضریب هدایت $۵\frac{w}{m.K}$ قرار دارد. سطح خارجی عایق در معرض جریان هوا با دمای $۲۵^{\circ}C$ و ضریب جابه‌جایی $۲۰\frac{w}{m^{۲}.K}$ قرار دارد. مطلوب است دمای سطح خارجی عایق : **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۲)**



۱) $۳۵^{\circ}C$

۲) $۴۰^{\circ}C$

۳) $۴۵^{\circ}C$

۴) $۵۰^{\circ}C$

۶۱- دیواری است به ضخامت $۲L$ دما در $x=۰$ برابر $۹۵^{\circ}C$ در $x=L$ برابر $۶۲^{\circ}C$ و در $x=۲L$ برابر $۳۵^{\circ}C$ است. کدام‌یک از موارد زیر صحیح است؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۲)**

۱) ضریب رسانش دیوار مستقل از دما است.

۲) ضریب رسانش دیوار مستقل از زمان است.

۳) ضریب رسانش دیوار با افزایش دما کم می‌شود.

۴) ضریب رسانش دیوار با افزایش دما زیاد می‌شود.

مجموعه کتب همراه علوی

۶۲- در رابطه با عایق‌بندی یک لوله به شعاع خارجی R کدام‌یک از جملات زیر صحیح است؟

(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۲)

۱) شعاع بحرانی عایق فقط وابسته به جنس لوله است.

۲) شعاع بحرانی عایق‌بندی فقط وابسته به جنس عایق و جنس لوله می‌باشد.

۳) شعاع بحرانی عایق‌بندی فقط وابسته به جنس لوله و ضریب جابجایی هوای اطراف می‌باشد.

۴) شعاع بحرانی عایق‌بندی فقط وابسته به جنس عایق و ضریب جابجایی هوای اطراف می‌باشد.

۶۳- در شکل نشان داده شده مقاومت تعیین کننده در انتقال حرارت کدام است؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۲)**

$h = ۲۰۰ \frac{w}{m^۲.^\circ C}$

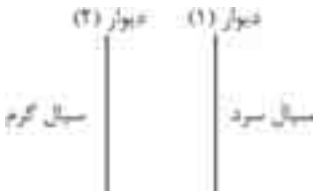
$T_\infty = ۱۰۰^\circ C$

$K = ۰/۱ \frac{w}{m.^\circ C}$ $L = ۰/۱m$ دیوار (۱)

$K = ۵۰ \frac{w}{m.^\circ C}$ $L = ۰/۰۲m$ دیوار (۲)

$h = ۰/۱ \frac{w}{m^۲.c}$

$T_\infty = ۵۰۰^\circ c$



۱) دیوار ۱ ۲) دیوار ۲ ۳) سیال گرم ۴) سیال سرد

۶۴- دیوار مسطحی به ضخامت $۲۰cm$ و دماهای سطوح $۲۰^\circ C, ۲۰۰^\circ C$ مفروض است. چنانچه ضریب هدایت دیوار با رابطه‌ی $K = ۰/۳(۱+۱۰^{-۳}T)$ داده شده باشد. T بر حسب $K, ^\circ C$ برحسب $\frac{w}{m.K}$ شار انتقال حرارت از دیوار را برحسب $\frac{w}{m^۲}$ حساب کنید.

(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۲)

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۴۰۰

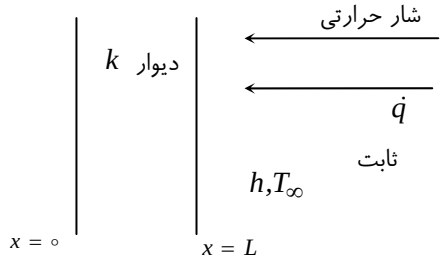
۶۵- با توجه به شکل شرط مرزی برای $x = L$ چگونه است؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۲)**

۱) $q'' - K \frac{dT}{dx} + h(T - T_\infty) = ۰$

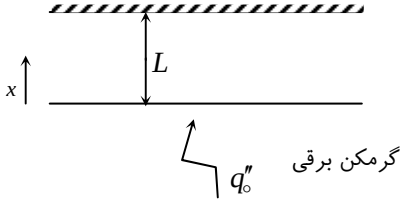
۲) $q'' - K \frac{dT}{dx} - h(T - T_\infty) = ۰$

۳) $q'' + K \frac{dT}{dx} - h(T - T_\infty) = ۰$

۴) $q'' + K \frac{dT}{dx} + h(T - T_\infty) = ۰$



۶۶- یک سیستم یک بعدی با خواص فیزیکی ثابت در دمای اولیه $T_۱$ قرار دارد و ناگهان در تماس با یک گرمکن برقی قرار گرفته و شار حرارتی $q_۰$ در سطح پایینی ایجاد می‌گردد. معادله‌ی دیفرانسیل مربوط به دما و شرایط مرزی و اولیه به صورت کدام‌یک از جواب‌های زیر خواهد بود؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۲)**



مجموعه کتب همراه علوی

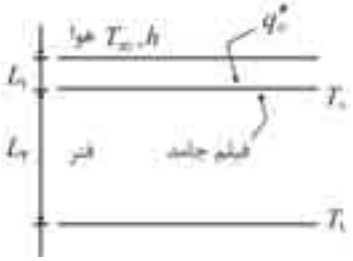
۱) $\frac{\partial^۲T}{\partial x^۲}=-\frac{۱}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}\quad B.Cs: x=۰\Rightarrow q''_{۰}=K\frac{\partial T}{\partial x}\ ,\ x=L:\frac{\partial T}{\partial x}=۰\quad I.C:t=۰\quad T=T_i$

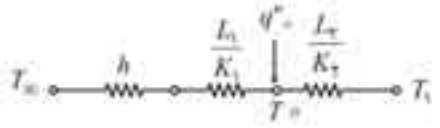
۲) $\frac{\partial^۲T}{\partial x^۲}=\frac{۱}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}\quad B.Cs: x=۰\Rightarrow q''_{۰}=K\frac{\partial T}{\partial x}\ ,\ x=l\Rightarrow\frac{\partial T}{\partial x}=۰\quad I.C\quad t=۰\quad T=T_i$

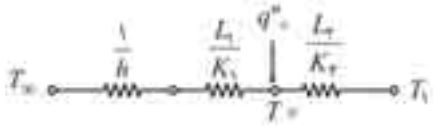
۳) $\frac{\partial^۲T}{\partial x^۲}-\frac{۱}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}+q'=۰\quad B.Cs: x=۰\Rightarrow T=T_{۰}\ ,\ x=l\rightarrow T=T_{۰}\quad T.C:t=۰\quad T=T_i$

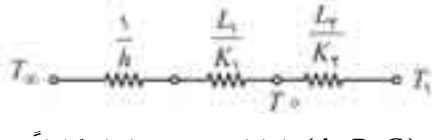
۴) $\frac{\partial^۲T}{\partial x^۲}+q'=۰\quad B.Cs\ :x=۰\Rightarrow q''_{۰}=-K\frac{\partial T}{\partial x}_{۰}\ ,\ x=l\rightarrow\frac{\partial T}{\partial x}=۰\quad I.C\ t=۰\quad T=۰$

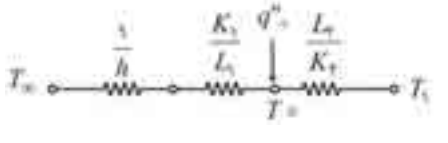
۶۷- در شکل زیر شار حرارتی $q''_{۰}$ به صورت تشعشع به سطح نشان داده شده برخورد کرده و جذب می‌شود و دمای سطح را در $T_{۰}$ ثابت نگه‌دارید. مدار معادل حرارتی در شرایط پایا به صورت کدام یک از گزینه‌های زیر خواهد بود؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۲)



۱)


۲)


۳)


۴)


۶۸- سه پره (A,B,C) با طول محدود و ابعاد کاملاً مساوی به دیواری با دمای پایه ثابت $۱۰۰^{\circ}C$ اتصال دارند و حرارت را به هوا با دمای $۲۵^{\circ}C$ انتقال می‌دهند. دمای انتهای کدام پره بزرگ‌تر است؟ $(K_A>K_B>K_C)$ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۳)

۱) پره A ۲) پره B

۳) پره C ۴) دمای انتهای هر سه پره مساوی است.

۶۹- ضخامت بحرانی عایق در لوله‌ها به چه دلیلی بیان می‌شود؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۳)

۱) افزایش ضخامت عایق موجب ازدیاد سطح و افزایش انتقال حرارت می‌شود.

۲) ضخامت بحرانی بر اساس حداکثر کردن افت حرارتی لوله‌ای با عایق استوانه‌ای به دست می‌آید.

۳) افزایش ضخامت عایق بیشتر از شعاع بحرانی موجب افزایش هزینه خرید عایق و کاهش انتقال حرارت است.

۴) این مسأله فقط در مورد عایق الکتریکی معنی دارد و در مورد عایق حرارتی قطر بهینه بی‌معنی است.

۷۰- کدام یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟ (مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۴)

۱) مقدار حرارت و شار حرارتی هر دو کمیت اسکالر هستند.

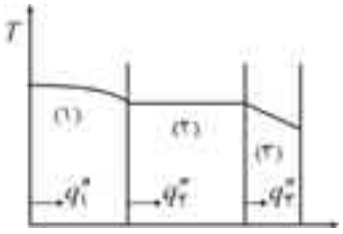
۲) مقدار حرارت و شار حرارتی هر دو کمیت برداری هستند.

۳) مقدار حرارت یک کمیت برداری ولی شار حرارتی یک کمیت اسکالر است.

۴) مقدار حرارت یک کمیت اسکالر ولی شار حرارتی یک کمیت برداری است.

مجموعه کتب همراه علوی

۷۱- در شکل زیر توزیع دمای پایا در یک دیواره‌ی مرکب که از سه ماده با ضرائب هدایت حرارتی و مساحت همسان تشکیل شده است دیده می‌شود کدام یک از جملات زیر q'' شار حرارتی در مرزها می‌باشد؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۴)**



۱) $q_1'' < q_3'' < q_2''$

۲) $q_1'' < q_2'' < q_3''$

۳) $q_1'' < q_2'', q_3'' > q_2''$

۴) $q_1'' < q_2'', q_3'' = q_2''$

۷۲- دیواره‌ای به ضخامت L با هدایت حرارتی $K_\circ)K_\circ T^{۲}$ عدد ثابت و Tدما) در دست است اگر دو طرف آن در دمای $(T_۱ > T_۲)T_۲, T_۱$ باشندمیزان انتقال حرارت حالت پایا کدام است؟ **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۴)**

۱) $q = \dfrac{K_\circ (T_۱^{۲} - T_۲^{۲})}{۳L}$

۲) $q = \dfrac{K_\circ (T_۱^{۳} - T_۲^{۳})}{۳L}$

۳) $q = \dfrac{K_\circ (T_۱^{۳} + T_۲^{۳})}{۳L}$

۴) $q = \dfrac{K_\circ (T_۱ - T_۲)^{۳}}{۳L}$

۷۳- یک میله‌ی فلزی به شعاع ۱۰ سانتی‌متر و طول ۲۵سانتی‌متر مفروض است. این میله از هر طرف با فلاکس ثابت $۵۰۰ \dfrac{w}{m^{۲}}$ حرارت داده می‌شود. دمای محیط $۲۰^\circ C$ و ضریب انتقال حرارت $۴۰ \dfrac{w}{m^{۲} {}^\circ C}$ می‌باشد دمای سطح خارجی این میله برابر است با : **(مهندسی شیمی ـ سراسری ۸۴)**

۱) $۴۰^\circ C$ ۲) $۳۵^\circ C$ ۳) $۳۰^\circ C$ ۴) $۲۵^\circ C$

مجموعه کتب همراه علوی

پاسخ تشریحی تست‌های طبقه بندی شده فصل اول

۱- گزینه «۴» ـ (متوسط)

طبق قانون فوریه:

$$Q = kA\frac{T_1 - T_2}{\ell} \qquad A = \frac{\pi R^2}{8} \Rightarrow Q = \frac{k\pi R^2 (T_1 - T_2)}{8\ell}$$

۲- گزینه «۴» ـ (متوسط)

عایق باید ضریب هدایت حرارتی کوچک داشته باشد تا از انتقال گرمای هدایتی جلوگیری کند. حرکت گاز درون فضای متخلخل سبب انتقال حرارت به روش جابه‌جایی می‌شود؛ بنابراین گاز باید ساکن باشد. بزرگ بودن تخلخل سبب می‌شود درصد گاز بیش‌تر شود و چون ضریب هدایت حرارتی گازها کمتر از جامدات است، عایق بهتری خواهیم داشت.

۳- گزینه «۱» ـ (متوسط)

برای یک صفحه یک بعدی با منبع حرارتی $\dot{q}$ داریم:

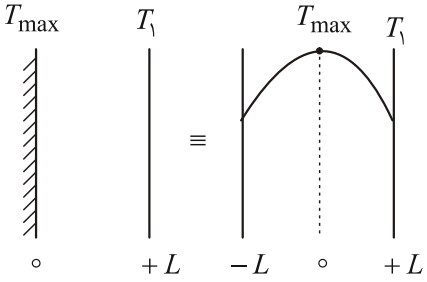
$$T_{\max} = Tw + \frac{\dot{q}}{2k}L^2$$

$$T_{M1} = Tw + \frac{\dot{q}}{2k}L^2 \quad , \quad T_{M2} = Tw + \frac{\dot{q}}{2k}\left(\frac{L}{2}\right)^2 = Tw + \frac{\dot{q}}{8k}L^2$$

$$\rightarrow T_{M1} > T_{M2}$$

۴- گزینه «۲» ـ (متوسط)

برای انتقال حرارت یک بعدی داریم:



$$T_{\max} = T_o = \frac{q''L^2}{2k} + T_1$$

توجه داشته باشید که حالت عایق مشابه، یک سیستم با طول $2L$ است که از دو طرف دمای سطح T_1 است و شار حرارتی q'' در آن تولید می‌شود.

۵- گزینه «۳» ـ (متوسط)

چون پروفیل دمایی در تیغه خطی است، پس k ثابت است.

$$q'' = h_1\Delta T_1 = \frac{k}{L}\Delta T = h_2\Delta T_2$$

با توجه به رابطه بالا، h_1 بسیار بزرگ است (چون ΔT_1 تقریباً صفر است) و h_2 مقدار معینی می‌باشد.

۶- گزینه «۳» ـ (دشوار)

شعاع بحرانی عایق استوانه‌ای از رابطه $r_c = \frac{K}{h}$ بدست می‌آید. لذا:

$$r_c = \frac{0/15}{12} = 12/5mm$$

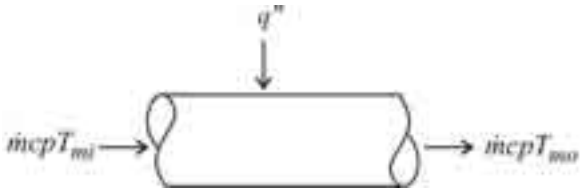
۷- گزینه «۱» ـ (دشوار)

$$q'' = \int_0^L q''(x)dA = \int_0^L 2\pi q''_0 D\sin\frac{\pi x}{L}dx = 2LDq''_0$$

موازنه انرژی: $\dot{m}CpT_{mi} + 2Lq''_0 = \dot{m}cpT_{m_o}$

مجموعه کتب همراه علوی

$$T_{m_o} = T_{mi} + \frac{۲LD}{\dot{m}Cpq''_o}$$



۸- گزینه «۱» ـ (ساده)

۹- گزینه «۳» ـ (ساده)

مطابق شکل داده شده جهت پروفیل دما به سمت بالا می‌باشد لذا $\frac{\partial^۲T}{\partial c^۲} > ۰$ است از طرف دیگر برای انتقال حرارت یک بعددی ناپایا داریم:

$$\frac{\partial^۲T}{\partial x^۲} = \frac{۱}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$$

در نتیجه $\frac{\partial T}{\partial t} > ۰$ یعنی دیواره در حال گرم شدن است.

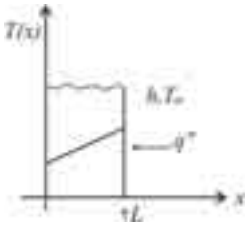
۱۰- گزینه «۲» ـ (دشوار)

گرمای منتقل شده از دیواره = گرمای ورودی به دیواره : موازنه انرژی

$$q''+h(T_\infty - T_w) = +k\left.\frac{dT}{dx}\right|_{x=۲L}$$

و یا:

$$q''+h(T_\infty - T_w) - k\left.\frac{dT}{dx}\right|_{x=L} = ۰$$



۱۱- گزینه «۳» ـ (ساده)

کل حرارت خروجی از دیواره از منبع حرارتی $\dot{q}$ ناشی می‌شود و با توجه به این که $\dot{q}$ به ازای واحد حجم دیواره است، باید در حجم دیواره ضرب شود یعنی: $q = \dot{q}(۲AL)$

۱۲- گزینه «۱» ـ (ساده)

در حالت پایا کل حرارت ورودی به دیواره (q'') باید از آن خارج شده و به طریق جابجایی به محیط منتقل شود لذا:

$$q''.A = hA(T_۲ - T_\infty) \Rightarrow T_۲ = \frac{q''}{h} + T_\infty$$

۱۳- گزینه « ۱» ـ (ساده)

α باید بزرگ‌تر باشد.

۱۴- گزینه « ۲» ـ (ساده)

مقاومت‌ها موازی‌اند.

$$R_۱ = \frac{L_۱}{K_۱A_۱} = \frac{L}{K_۱(aL)} = \frac{۱}{K_۱a}$$

$$R_۲ = \frac{L_۲}{K_۲A_۲} = \frac{L}{K_۲(۲aL)} = \frac{۱}{۲K_۲a}$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{R} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} \Rightarrow R = \frac{۱}{a(K_۱ + ۲K_۲)}$$

۱۵- گزینه « ۴» ـ (ساده)

در فلزات الکترون‌های آزاد نقش اصلی را در انتقال حرارت هدایتی ایفا می‌کنند.

۱۶- گزینه « ۲» ـ (ساده)

عموماً با افزایش درجه حرارت K گازها زیاد شده و K جامدات کاهش می‌یابد.

مجموعه کتب همراه علوی

۱۷- گزینه « ۴» ـ (ساده)

۱۸- گزینه « ۲» ـ (ساده)

واژهٔ رادیاتور با این‌که از لغت *radiation* گرفته شده است، ولی مکانیسم اصلی انتقال حرارت در آن جابه‌جایی است.

۱۹- گزینه « ۴» ـ (متوسط)

در حالت پایدار برای میله داریم:

$$-K.A.\left.\frac{dT}{dx}\right|_x - \left(-KA\left.\frac{dT}{dx}\right|_{x+dx}\right) - hpdx\,(T-T_\infty) = 0$$

$$\Rightarrow KA\frac{d^2T}{dx^2} - h.p.(T-T_\infty) = 0 \Rightarrow m = \sqrt{\frac{h.p}{K.A}} \Rightarrow \frac{d^2T}{dx^2} = m^2(T-T_\infty)$$

۲۰- گزینه « ۴» ـ (متوسط)

$$K = K_0T^2 \quad , \quad q = -KA\frac{dT}{dx} \Rightarrow q\int dx = \int -KA\,dT$$

$$\Rightarrow q\int dx = -A\int K_0T^2dT \Rightarrow \frac{q}{A} = \frac{K_0(T_1^2 - T_2^3)}{3L}$$

۲۱- گزینه « ۲» ـ (ساده)

در این مسأله احتمالاً این گونه فرض شده است که لوله در هوای آزاد معمولی که h آن تقریباً برابر ۱۰ است قرار دارد که از بین این گزینه‌ها گزینه «۲» بهترین جواب را با این فرض می‌دهد. $r_c = \frac{K}{h} = \frac{0/2}{8} = 0/025m = 2/5cm$

۲۲- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

نکته‌ی بسیار مهم: به طور کلی در این نوع تست‌ها حالات مختلف زیر را داریم:

(فرض می‌کنیم که ضخامت عایق‌ها مساوی باشد.)

در تیغه معمولاً جابه‌جایی (عوض کردن جای عایق‌ها) فرق نمی‌کند. چون A (مساحت) ثابت است.

در سیلندر و کره هر چه عایقی که K آن کم‌تر است به منبع نزدیک‌تر باشد بهتر است. چون اتلاف کم‌تری داریم.

در صورت متغیر بودن K ها نسبت به دما و برای استفاده مقرون به صرفه از عایق‌ها جسمی با K نزولی نسبت به دما در تماس مستقیم با جسم عایق شونده قرار می‌گیرد. سپس در صورت وجود عایقی با K ثابت و دورتر از همه به سطح جسم عایق شونده، عایقی با K صعودی نسبت به دما قرار خواهد گرفت.

۲۳- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

۲۴- گزینه « ۳» ـ (ساده)

به متن درس مراجعه شود.

۲۵- گزینه « ۴» ـ (متوسط)

۲۶- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

شار حرارت با گرادیان دما نسبت مستقیم دارد (چون $q'' = -K\frac{\partial T}{\partial x}$) . گرادیان دما ($\frac{\partial T}{\partial x}$) ثابت است. پس شار حرارتی نیز ثابت می‌ماند.

۲۷- گزینه «؟»ـ (متوسط)

جواب صحیح در گزینه‌ها وجود ندارد.

مقاومت‌ها سری هستند:

$$R = R_1 + R_2 \qquad R_1 = \frac{L_1}{K_1A} \qquad ,R_2 = \frac{L_2}{K_2A} \Rightarrow R_T = \frac{L_1K_2 + K_1L_2}{K_1K_2A} \quad (2) \qquad R_T = \frac{L_1 + L_2}{KA} \quad (1)$$

مجموعه کتب همراه علوی

$$(۱),(۲) \quad \Rightarrow \quad K=\frac{(L_۱+L_۲)(K_۱K_۲)}{L_۱K_۲+L_۲K_۱}$$

۲۸- گزینه « ۴» ـ (ساده)

۲۹- گزینه « ۴» ـ (ساده)

در مایعات ساکن برخورد مولکول‌ها و یون‌ها باعث انتقال گرما می‌شود. از طرفی برخورد مولکول‌ها سبب انتقال جرم و مومنتوم هم می‌شود.

۳۰- گزینه « ۴» ـ (متوسط)

شرایط پایدار در جسم جامد:

$$\frac{\partial^۲T}{\partial x^۲}+\frac{\dot{q}}{K}=۰ \qquad K\to\infty \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial^۲T}{\partial x^۲}=۰ \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial T}{\partial x}=c_۱=cte$$

۳۱- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

با توجه به بیش‌تر بودن درجه حرارت تیغه $(T_۱)$ از درجه حرارت محیط اطراف آن $(T_۲)$ می‌توان گفت که تیغه در حال سرد شدن است، با این فرض که درجه حرارت تمام تیغه $T_۱$ است.

۳۲- گزینه « ۲» ـ (ساده)

قانون فوریه را برای هر دو حالت پایا و ناپایدار می‌توان به کار برد و در مورد سطوح سیال ساکن و اجسام جامد به دلیل این‌که واسطه انتقال حرارت ساکن می‌باشد قانون فوریه کاربرد دارد.

۳۳- گزینه « ۲» ـ (متوسط)

ورقه مسی بدون ضخامت فرض شود: $h_۱(T_۱-T_{cu})=h_۲(T_{cu}-T_۲) \quad \Rightarrow T_{cu}=۲۵^\circ C$

۳۴- گزینه «؟» (متوسط)

جواب صحیح در گزینه‌ها وجود ندارد.

معادله حاکم برای سیستم کروی به صورت مقابل است: $\frac{۱}{r}\frac{\partial^۲}{\partial r^۲}(rT)+\frac{\dot{q}}{K}=۰ \Rightarrow T=\frac{-\dot{q}r^۲}{۶K}+c_۱+\frac{c_۲}{r}$

با استفاده از شرایط مرزی داریم: در مرکز کره دما مقدار مشخصی دارد که با توجه به این موضوع مقدار $c_۲$ باید صفر باشد.

$$r=۰\Rightarrow\frac{c_۲}{r}=\infty\Rightarrow c_۲=۰\ ,\ r=۲R\Rightarrow -K\left.\frac{dT}{dr}\right|_{r=۲R}=h(T-T_\infty)\Rightarrow T=T_\infty+\frac{۲}{۳}\frac{\dot{q}.R}{h}$$

۳۵- گزینه « ۱» ـ (ساده)

$$r_c=\frac{K}{h}=\frac{۰/۳}{۱۰}=۰/۰۳m \ \Rightarrow r_c=۰/۰۳-۰\frac{/۰۴}{۲}=۰/۰۱m$$

پس ضخامت عایق $۱cm$ است.

۳۶- گزینه « ۳» ـ (دشوار)

در این گونه تست‌ها که مقاومت‌های حرارتی به صورت سری قرار گرفته‌اند بزرگترین مقاومت حرارتی باید شناخته شود و بهترین راه برای افزایش انتقال حرارت کاهش این مقاومت است از آنجا که مقاومت حرارتی انتقال حرارت جابجایی به صورت $R=\frac{۱}{hA}$ است، افزایش کوچکترین h بیشترین اثر را در افزایش انتقال حرارت به همراه خواهد داشت.

۳۷- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

با توجه به شرایط موجود : $q_۲>q_۱>q_۳$

مجموعه کتب همراه علوی

۳۸- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

$$T_1 \left| \xrightarrow{x} \right| T_0 \quad q = -KA\frac{dT}{dx}$$

$$1)K = K_0 \Rightarrow q_1 = -KA\frac{(T_1 - T_0)}{\Delta x}$$

$$2)K = K_0(1+\alpha T) \Rightarrow q_2\int_{x_1}^{x_2} dx = -A\int_{T_1}^{T_0} K_0(1+\alpha T)dT \Rightarrow q = \frac{KA}{\Delta x}[(T_1 - T_0) + \frac{\alpha}{2}(T_1^2 - T_0^2)]$$

$$3)K = K_0(1-\alpha T) \Rightarrow q_2\int_{x_1}^{x_2} dx = -A\int_{T_1}^{T_0} K_0(1-\alpha T)dT \Rightarrow q = \frac{KA}{\Delta x}[(T_1 - T_0) - \frac{\alpha}{2}(T_1^2 - T_0^2)]$$

$$K \to \infty \qquad \frac{dT}{dx} = 0$$

۳۹- گزینه « ۴» ـ (متوسط)

$$q = K.A.\frac{dT}{dx} \quad \Rightarrow \frac{q}{A} = 400 \times 0/1 = 4\frac{w}{m^2}$$

۴۰- گزینه « ۲» ـ (متوسط)

$$\frac{dT}{dx} = 450x^2 - 60x \quad \Rightarrow \left.\frac{dT}{dx}\right|_{x=0} = 0$$

۴۱- گزینه « ۴» ـ (ساده)

K باید همیشه بزرگ‌تر از صفر باشد و در این سوال تنها برای $T > 1300°C$ این حالت صادق است.

$$T > 52 \times 25 \Rightarrow \ T > 1300^\circ C \quad \rightarrow \quad K = -52 + \frac{T}{25} > 0$$

حال اگر $t = 500^\circ c$ آن‌گاه K منفی در می‌آید.

و این قانون دوم ترمودینامیک را نقض می‌کند چون $q = -K.A.\frac{dT}{dx}$ که $\frac{dT}{dx}$ منفی است و $+ = (-)-$ پس K باید مثبت باشد تا q مثبت باشد. یعنی گرما از نقطه با دمای بالاتر به نقطه با دمای پایین‌تر برود.

۴۲- گزینه « ۴» ـ (دشوار)

$$q = q_A = q_B = q_C \qquad q = -K.A.\frac{\Delta T}{\Delta x} \Rightarrow \left.\frac{-\Delta T}{\Delta x}\right|_A = 500\frac{°C}{m}$$

$$\Rightarrow \left.\frac{-\Delta T}{\Delta x}\right|_B = 1200\frac{°C}{m} \Rightarrow \left.\frac{-\Delta T}{\Delta x}\right|_C = 400\frac{°C}{m} \Rightarrow \left.\frac{\Delta T}{\Delta x}\right|_C < \left.\frac{\Delta T}{\Delta x}\right|_A < \left.\frac{\Delta T}{\Delta x}\right|_B \Rightarrow K_C > K_A > K_B$$

۴۳- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

$$q = \frac{\Delta T}{R} \Rightarrow \frac{T_1 - T_m}{\frac{L/2}{A.K_1}} = \frac{T_m - T_2}{\frac{L/2}{A.K_2}} \Rightarrow \frac{T_1 - T_m}{T_m - T_2} = \frac{K_2}{K_1}$$

$$\begin{cases} T_1 > T_2 \\ K = K_0 + \alpha T \Rightarrow K_1 > K_2 \\ \alpha > 0 \end{cases} \Rightarrow \frac{K_2}{K_1} < 1 \Rightarrow \frac{T_1 - T_m}{T_m - T_2} < 1$$

$$\Rightarrow T_1 - T_m < T_m - T_2 \Rightarrow T_1 + T_2 < 2T_m \Rightarrow T_m > \frac{T_1 + T_2}{2}$$

الف) $\alpha = 0$ ، K ثابت $\Leftarrow \quad T_m = \frac{T_1 + T_2}{2}$

مجموعه کتب همراه علوی

ب) $\alpha < 0 , K$ کم‌شود $\Leftarrow \quad T_m < \frac{T_1 + T_2}{2}$

ج) $\alpha > 0 , K$ زیاد شود $\Leftarrow \quad T_m > \frac{T_1 + T_2}{2}$

۴۴- گزینه « ۳» ـ (ساده)

h هوای ساکن $5 \frac{w}{m^2.^\circ C}$ پس $q = h.A.\Delta T = 5 \times 1 \times 80 = 400 w$

۴۵- گزینه « ۴» ـ (ساده)

۴۶- گزینه « ۲» ـ (متوسط)

انتقال حرارت از طریق هدایت با منبع حرارتی و در حالت پایا است.

۴۷- گزینه « ۳» ـ (ساده)

$$\alpha = \frac{K}{\rho \cdot C_p}$$

۴۸- گزینه « ۴» ـ (متوسط)

در مسیر انتقال دو مقاومت سری وجود دارد که یکی مربوط به جداره لوله و دیگری مربوط به هوای اطراف لوله است.

۴۹- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

با توجه به این‌که کوره‌ها اکثراً استوانه‌ای‌اند و در اجسام عایق بندی شده استوانه با K کم‌تر را اوّل قرار می‌دهیم. از طرفی از آنجا که K اکثر جامدات با افزایش دما کاهش می‌یابد در صورت قرار گرفتن عایقی با کمترین K در مجاورت منبع حرارتی K آن کاهش مضاعف یافته و نقش عایقی آن تقویت می‌شود.

۵۰- گزینه « ۳» ـ (متوسط)

$$g_\circ \times V_{\text{حجم}} = A \times q(r) , \Rightarrow \pi r^2 L \times g_\circ = (2\pi r L) \times q(r) \Rightarrow q(r) = \frac{g_\circ \times r}{2}$$

۵۱- گزینه « ۳» ـ (متوسط)

$$q_1 = q_2 \Rightarrow \frac{T_1 - T_2}{\frac{\Delta x_1}{K_1 A} + \frac{\Delta x_2}{K_2 A}} = \frac{T_1 - T'}{\frac{\Delta x_1}{K_1 A}} \Rightarrow \frac{32 - 10}{\frac{0/3}{5} + \frac{0/2}{4}} = \frac{32 - T'}{\frac{0/3}{5}} \Rightarrow T' = 20^\circ C$$

۵۲- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

۳ مقاومت در برابر انتقال حرارت وجود دارد:

$$q = \frac{\Delta T}{\frac{1}{h_i A} + \frac{1}{h_\circ A} + \frac{\Delta x}{KA}}$$

که تنها با دو برابر کردن سطح انتقال حرارت ۲ برابر می‌شود.

۵۳- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

$$k \to \infty \Rightarrow \frac{dT}{dx} = 0$$

۵۴- گزینه « ۴» ـ (متوسط)

$$T = T_\infty + \frac{qL}{h} \Rightarrow T = 20 + \frac{10000 \times 0/05}{10} = 70^\circ C$$

مجموعه کتب همراه علوی

۵۵- گزینه « ۳» ـ (متوسط)

$$R = R_۱ + R_۲ \quad , \quad \frac{\Delta x}{KA} = \frac{L}{K_۱A} + \frac{L}{K_۲A} \Rightarrow$$

$$\frac{۲L}{K\,A} = \frac{L}{K_۱A} + \frac{L}{K_۲A} \Rightarrow \frac{۲}{K} = \frac{۱}{K_۱} + \frac{۱}{K_۲} \Rightarrow K = \frac{۲K_۱K_۲}{K_۱ + K_۲}$$

۵۶- گزینه « ۳» ـ (دشوار)

$$h_۱ >> h_۲ \Rightarrow q = h_۱A\Delta T \xrightarrow{h_۱} \Delta T \to ۰$$

افت دما در صفحه میانی به دلیل مقاومت هدایتی $(R = \frac{\Delta X}{K.A})$ داریم $\rightarrow$ در محیط (۱) دما تقریباً ثابت است.

۵۷- گزینه « ۲» ـ (ساده)

$$q = -KA\frac{dT}{dx} = -۱ \times ۰/۵ \times (۲x)\Big|_{x\,=\,۰/۲} = -۰/۲$$

۵۸- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

۵۹- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

$$\frac{q}{A} = \text{حراتی} = K\frac{\Delta T}{\Delta x} = \text{ثابت}$$

$\Rightarrow \Delta x \Rightarrow K\Delta T = \text{ثابت} \Rightarrow \Delta T\alpha\frac{۱}{K}$ هم ثابت است.

اگر $\Delta T_۱$ مبنا باشد بیشترین تغییرات دما مربوط به اولی است که K آن کم‌ترین است.

$$\Delta T_۱ \propto \frac{۱}{\alpha} \qquad \Delta T_۲ \propto \frac{۱}{۲\alpha} \qquad \Delta T_۳ \propto \frac{۱}{۳\alpha}$$

پس ۱:۲:۳

۶۰- گزینه « ۲» ـ (دشوار)

$$h.A.(T - T_\infty) = \dot{q} \times \frac{\pi d^۲}{۴} \Rightarrow ۲۰ \times (\pi \times (۰/۵۵)(T - ۲۵) \times L) = ۳۰۰۰۰ \times (\pi \times \frac{(۰/۱۵)^۲}{۴} \times L) \Rightarrow T = ۴۰/۳۴^\circ C$$

$$T = T_\infty + \frac{\dot{q}}{۲h}R \qquad \Rightarrow$$

۶۱- گزینه « ۳» ـ (متوسط)

$$q_۱ = q_۲ \Rightarrow \frac{\Delta T_۱}{\frac{\Delta x_۱}{K_۱.A}} = \frac{\Delta T}{\frac{\Delta x_۲}{K_۲.A}} \Rightarrow K_۱ < K_۲$$

پس با افزایش دما K کم می‌شود.

۶۲- گزینه « ۴» ـ (ساده)

$r_c = \frac{K}{h}$ به جنس عایق و ضریب جابجایی هوای اطراف آن بستگی دارد.

۶۳- گزینه « ۳» ـ (دشوار)

$$R_۰ = \frac{۱}{h.A} = \frac{۱}{۰/۱ \times A} = \frac{۱۰}{A} \quad , \quad R_۱ = \frac{\Delta x}{K.A} = \frac{۰/۱}{۰/۱ \times A} = \frac{۱}{A}$$

$$R_۲ = \frac{۰/۰۲}{۵۰ \times A} = ۴ \times ۱۰^{-۴}\frac{۱}{A} \quad , \quad R_۳ = \frac{۱}{۲۰۰} \times \frac{۱}{A}$$

$R_۰$ از همه بزرگ‌تر است و بزرگترین مقاومت، مقاومت تعیین کننده است.

۶۴- گزینه « ۳» ـ (متوسط)

$$\frac{q}{A} = -K\frac{dT}{dx} \Rightarrow \frac{q}{A}\int dx = -\int K.dT \qquad \Rightarrow \frac{q}{A} \times x = -\int ۰/۳(۱ + ۱۰^{-۳}T)dT$$

مجموعه کتب همراه علوی

$$\Rightarrow \frac{q}{A}=\frac{-۰/۳\times(\Delta T+\frac{۱۰^{-۳}}{۲}(T_۲^{۲}-T_۱^{۲}))}{x}+۲۹۹/۷\frac{w}{m^{۲}}=۲۹۹/۷\frac{w}{m^{۲}}$$

۶۵- گزینه « ۲» ـ (دشوار)

$$=q_{cond}+q_{conv}$$

$$q_{cond}=+K\frac{dT}{dx}$$

$$q_{conv}=hA(T-T_\infty) \qquad \Rightarrow q''-K\frac{dT}{dx}-h(T-T_\infty)=۰$$

۶۶- گزینه « ۲» ـ (دشوار)

در $x=۰$ گرمای $q''_۰$ داریم: $x=۰ \rightarrow q''_۰=-K\frac{\partial T}{\partial x}$

$q''_۰$ در معادله وارد نشده چون درون جسم تولید نشده است و در شرایط مرزی داده می‌شود معادله و دیفرانسیل حاکم بر سیستم به صورت رابطه مقابل است: $\frac{\partial^{۲}T}{\partial x^{۲}}=\frac{۱}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$

۶۷- گزینه « ۲» ـ (دشوار)

$q''_۰$ در دمای $T_۰$ اعمال شده است و مقاومت‌ها به شکل $\frac{\Delta x}{KA},\frac{۱}{hA}$ است.

۶۸- گزینه « ۱» ـ (متوسط)

$$K_A>K_B>K_C \quad \Rightarrow \left.\frac{dT}{dx}\right|_A<\left.\frac{dT}{dx}\right|_B<\left.\frac{dT}{dx}\right|_C \Rightarrow T_A>T_B>T_C$$

۶۹- گزینه« ۱» ـ (متوسط)

۷۰- گزینه «۴» ـ (متوسط)

۷۱- گزینه «؟» ـ (متوسط)

به نظر می‌رسد این سؤال در صورت صحیح بودن نیاز به توضیح بیش‌تری داشته باشد.

۷۲- گزینه « ۲» ـ (متوسط)

$$q=\frac{-\int K_۰dT^{۲}dT}{\int\frac{dx}{A}}=-\frac{K_۰[\frac{T^{۳}}{۳}]_{T_۱}^{T_۲}}{\frac{L}{A}}=\frac{K_۰A}{۳L}(T_۱^{۳}-T_۲^{۳})\Rightarrow\frac{q}{A}=\frac{K_۰}{۳L}(T_۱^{۳}-T_۲^{۳})$$

۷۳- گزینه «؟» ـ (ساده)

هیچ‌کدام از گزینه‌ها صحیح نیست.

$$۲q''A_۱=hA_۲(T_S-T_\infty)$$

$$۲\times۵۰۰\times\pi\times(۰/۱)^{۲}=$$

$$۴۰\times۲\pi\times۰/۱\times۰/۲۵\times(T_S-۲۰)\Rightarrow T_S=۲۵^{\circ}C$$

مجموعه کتب همراه علوی