ترمودینامیک خواص حالت اولیه و ثانویه را مشخص می کند اما انتقال حرارت زمان و نحوه انتقال حرارت را مشخص می کند اما ترمودینامیک در مورد زمان چیزی نمی تواند بگوید

گرما نوعی انرژی است که بخاطر اختلاف دما از سیستم به سیستم دیگر انتقال می یابد و می تواند نوعی انرژی پتانسیل باشد

بدون گرادیان هیچ چیز ثابت می ماند و حرکتی وجود نخواهد داشت

دما شدت گرما در واحد حجم سیستم را نشان می دهد

ترمودینامیک دانش مربوط به مقدار انرژی منتقل شده از یک سیستم تعادلی به یک سیستم تعادلی دیگر

انتقال حرارت: دانش محاسبه و چگونگی میزان انرژی منتقل شده از یک سیستم به سیستم دیگر بواسطه وجود اختلاف دما

به طور طبیعی انتقال حرارت از دمای حرارت بالا به دمای حرارت پایین است

این انتقال به سه روش هدایت، جابجایی، تابش امکان پذیر است

Subject: ۲ ص
Year ۹۳ Month ۱۱ Date ۱۹ ( )

این انتقال تا زمانی صورت می‌پذیرد که اختلاف دما به صفر برسد

کاربردها: بدن انسان - سیستم گردش هوا - سیستم گرمایش - یخچال

پیروتاه حرارتی - تجهیزات الکتریکی

در مسائل نرخ انتقال حرارتی یا دبال معاسبه میزان حرارت جابجا شده در یک

سیستم بخاطر اختلاف دما می پردازیم

در مسائل حرارت ۱- میزان حرارت انتقالی ۲- ابعاد و اندازه از اهمیتی

خواصی برخوردار هستند

برای حل مسئله مهندسی انتقال حرارت :

۱- ابتدا مدل سازی فیزیکی می کنیم

۲- پارامترهای مهم را مشخص می کنیم و از ساده سازی استفاده می کنیم

۳- فرضیات و تقریب ها مثلاً steady یا unsteady و تقریب ها باید معقول

باشد

۴- قوانین فیزیک را وارد می کنیم (بقای جرم - بقای انرژی - بقا اندازه ی حرکت)

P4PCO

Subject: ص ۳
Year ۹۳ Month ۱۱ Date ۱۹

۵. در نهایت با یک معادله دیفرانسیل می رسیم یعنی مدل فیزیکی با یک مدل ریاضی تبدیل می شود

۶. شرایط اولیه و شرایط مرزی

۷. تکنیک های حل معادله ی دیفرانسیل (عددی یا تحلیلی)

۸. در نهایت مسئله حل شده است

۹. حال ما جا گذاری نمونه های موجود در معادله صحت آن را بررسی می کنیم

۱۰. باید قدرت تشخیص جواب منیریکی از غیر فیزیکی را داشته باشیم

انواع انرژی:

گرمایی. مکانیکی. جنبشی. پتانسیل. الکتریکی. شیمیایی. هسته ای

جمع تمام انرژی های میکرو سکوپی را انرژی داخلی می گویند

جمع تمام انرژی های فوق را انرژی کل سیستم می نامند

یکی از روش ها جلوگیری از سرمازدگی آب پاشیدن به گیاهان است که باعث می شود آب یخ نزند و دما را ثابت نگه می دارد

Subject: ۴ص
Year. ۹۳ Month. ۱۱ Date. ۱۹

H.W. چرا سرمازدگی در هوای صاف و ساکت اتفاق می‌افتد؟

H.W. برای جلوگیری از سرمازدگی یک سیستم انتقال حرارت طراحی کنید.؟

انرژی داخلی و آنتالپی: در توربین‌های گاز و کمپرسورها کار می‌کند

$$h = u + pv$$

انرژی جنبشی ↵

ظرفیت گرمایی ویژه: مقدار انرژی لازم برای افزایش دمای ۱ کیلوگرم از جسمی

به اندازه‌ی ۱ واحد

دو نوع گرمای ویژه داریم، در حجم ثابت c_v و در فشار ثابت c_p

گرمای ویژه‌ی دو خاصیت دما و فشار بستگی دارد

در مقادیر فشار پایین رفتار گازها؛ گاز ایده‌آل نزدیک شده و تغییرات گرمای ویژه

آن فقط تابع درجه حرارت خواهد بود

مکانیسم انتقال انرژی: به صورت اختلاف دما، کار یا اختلاف فشار

شار حرارتی: مقدار انرژی عبوری از واحد سطح Heat flux

شدت انتقال حرارت: مقدار انرژی حرارتی منتقل شده در واحد زمان

Subject: س ۵
Year ۹۳ Month ۱۱ Date ۱۹

توان: مقدار کار انجام شده در واحد زمان

قانون اول ترمو دینامیک: قانون بقای انرژی

[مقدار انرژی ورودی] − [مقدار انرژی خروجی] = [تجمع انرژی]

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{system}$$

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \frac{dE_{sys}}{dt}$$

در سیستم steady st ورودی و خروجی برابر است و تجمع برابر صفر است

بالانس انرژی برای یک سیستم بسته (جرم ثابت)

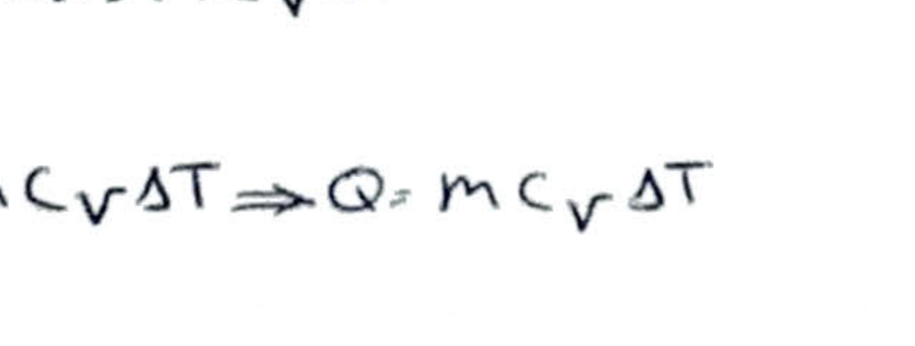
$$E_{in} - E_{out} = \Delta U = mc_v\Delta T$$

$$\Delta U = Q - \cancel{W} = mc_v\Delta T \Rightarrow Q = mc_v\Delta T$$

بالانس انرژی برای یک سیستم حجم کنترل

$$\dot{m} = \rho V A_c \qquad \dot{V} = V A_c = \frac{\dot{m}}{\rho} \qquad \dot{Q} = \dot{m}\Delta h = \dot{m}c_p\Delta T$$

بالانس انرژی در عبور از سطح:



$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3$$

Subject: ص ۶
Year ۹۳ Month ۱۱ Date ۱۹

conduction جنبش و جوش ذرات در مکان خود

convection حرکت ذرات

P4PCO

Subject ۷ ب
Year ۹۳ Month ۱۱ Date ۲۵

با حرکت سریعی حرارت منتقل می‌شود و به چه طریقی حرارت منتقل می‌شود

(پدیده‌ی انتقال حرارت)

ترمودینامیک داشته‌ها را بررسی می‌کند و اگر اکلا نباشد انتقال حرارت

نحوه انتقال و مدت زمان بحث می‌کند

در مایعات هم conduction و هم convection داریم (convection) غالب است

انتقال حرارت هدایتی هم جنبش مولکول در مکان خود و خنبش مولکولی در

حرکت برادنی است (conduction)

تفاوت حرکت برادنی و convection: حرکت برادنی به حرکت نامنظم

مولکول ها می‌گویند اما حرکت همرفتی به طور منظم حرکت می‌کند

جریان آشفته نمی‌تواند یک جریان همرفت باشد و تعریف بالا برای جریان

آرام می‌باشد اما جریان آشفته هم می‌تواند همرفت باشد

حرکت برادنی ناشی از جنبش مولکول ها در مقیاس مولکولی می‌باشد و حرم به حرارت

د. . را با خود حمل می‌کند حرکت همرفت ناشی از نیز اصطلاح حامی

مثل اختلاف مشاره .. می‌باشد یعنی جریان سیال با هم یک مسیری

می‌روند ممکن است در مقیاس سولولی باز هم حرکت تراوی داشته باشیم

اما Bulk سیال منظم حرکت می‌کند

بیرونی خارجی می‌تواند ناشی از اختلاف چگالی، اختلاف مشاره، اصطلاح

دما و ... باشد

تلاشیم نفوذ

اگر آرام باشد مکانیسم نفوذ است

(حرکت تراوی) اما در واقعیت مکانیسم

$f_n(\vec{n}) > f_n'(D) \cdot f_n'(k)$

انتقال بود عطر مکانیسم انتقال می‌باشد

لـ برای مکانیسم انتقال

اگر convection نباشد برای انتقال از طریق مکانیسم نفوذ بسیار طولانی

خواهد بود

H.W : آتاقی ۵ طول ۱۰m داریم چقدر طول می‌کشد تا بوی عطر از این

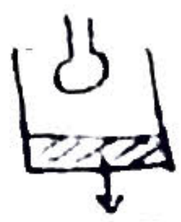
طرف آتاق با مکانیسم نفوذی به آتاق برسد وقتی دو ماصله ۱m و تیی

Subject س ۹

Year ۹۳ Month ۱۱ Date ۲۵

$P^* = 150\ mmHg$

$P_{بخار} = 15\ mmHg$



۱cm ارتفاع

آبرحبابان آشفته باشد هم بسوزد و هم convection دارید

شومانز داخل سازل: باز کردن شیر شومانز باعث افزایش سرعت سیال داخل لوله می‌باشد که باعث گرم‌تر شدن می‌شود چرا؟

۱۱ w برای گرم کردن یک محیط یک سیستم گرمایش با استفاده از رادیاتور موجود طراحی کنید؟

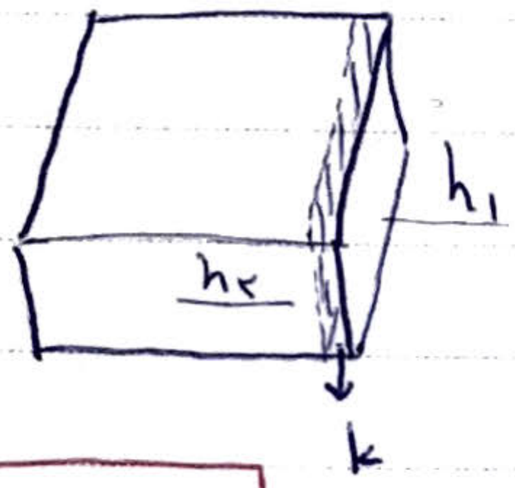
P4PCO

Subject: س ۱۰
Year. ۹۳ Month. ۱۱ Date. ۲۶( )

هر جریان unsteady را می‌توان؟ تعداد بیشماری جریان steady که

تقسیم کرد

مسئله‌ی طراحی شوفاژ:



V_h P_0 $T_h = ۲۵^\circ C$ $T_{out} = -۵^\circ C$

از محیط انرژی آلاف می‌شود و برای جبران آلاف

باید گرما دهیم

$$q = -k \frac{\partial T}{\partial n}$$ گرمای تلف شده

اگر تیغه‌ای با ضخامت dx داشته باشیم که سمت چپ T_1 و سمت راست T_2

و اختلاف آن‌ها ∂T باشد نرخ انتقال حرارت آن برابر است با:

$$q = -k \frac{\partial T}{\partial n}$$
ضریب انتقال حرارت
(در واحد زمان و واحد سطح) نرخ انتقال حرارت

ضخامت دیواره h جنس دیواره k

این انتقال حرارت زمانی صادق است که انتقال حرارت $Q = ۴A \cdot k \frac{\Delta T}{h}$

دوباره باید چسبیده؟ دیواره باشد چون در انتقال حرارت از اتاق به محیط

P4PCO

Subject: ۱۱ ص
Year ۹۳ Month ۱۱ Date ۲۶

مکانیسم انتقال حرارت تغییری نکند

$$Q = h_1 \cdot 4A \cdot (T_{\infty_1} - T_{S_1}) = -4Ak\frac{\Delta T}{w} = h_2 \cdot 4A \cdot (T_{S_2} - T_{\infty_2})$$

خارج — درون دیوار — داخل

$$R = \Sigma R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

$$q = -kA\frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{\Delta T}{\frac{\Delta x}{-kA}} = \frac{T_{S_2} - T_{S_1}}{R_S}$$

$R = \frac{\Delta x}{-kA}$ مقاومت حرارتی $\quad \Delta T_t = T_{\infty_2} - T_{\infty_1}$

$$q = \frac{T_{\infty_2} - T_{\infty_1}}{\frac{\Delta T_t}{\frac{\Delta x}{kA} + \frac{1}{h_1 A} + \frac{1}{h_2 A}}}$$

محاسبات h_1 و h_2 بسیار سخت است چون با توجه به شرایط محیطی (بادی زیری دیوار، ویسکوزیته سیال، خورشید، ...) نمی‌توان میزان معینی برای آن مشخص کرد.

گرادیان دما در یک ماده ی معین → $q = -k\frac{\partial T}{\partial x}$

برای ضخامت دیواره، شیشه، آجر، آهن

k تجربی وبستگی با نوع آجر و پروسه هاست

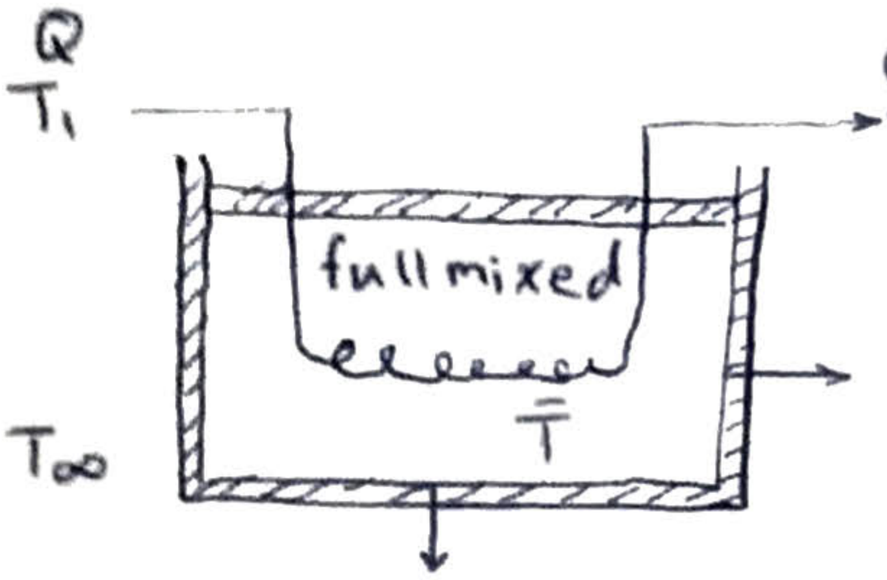
q برای مواد جامدات

هوا بیرون
هوا اتاق

۴ دسته سیستم انتقال حرارت هستیم

که دمای تانک را در $\bar{T}$ ثابت نگه دارد.

تانک آب
حجم V
دمای T_0



اتلاف حرارتی ۹ محیط

$\begin{Bmatrix} T_\infty \\ \bar{T} \end{Bmatrix}$ $q = -k\frac{\Delta T}{\Delta x}$

برای ماهیای جسیده ۹
دیوار $\bar{T} - T_\infty = \Delta T$ صادق است
اما برای کل سیستم صادق نیست

$Q = \bar{U} A \Delta T = \bar{U} A (\bar{T} - T_\infty)$
سطح جانبی تانک

$Q_{in} = Q_{solid} = Q_{out}$

ضریب انتقال حرارت کلی

$\bar{U} = \frac{1}{\bar{R}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{out}A} + \frac{\Delta x}{kA} + \frac{1}{h_{in}A}}$

$\frac{\Delta x_1}{k_1 A}$ $\frac{\Delta x_2}{k_2 A}$ ...
به تعداد لایه ها

PaPCO

$$Q_{in} = h_{in} A (T_{in} - T_{s_{in}})$$

$$Q_s = -kA \frac{\partial T_s}{\partial n}\Big|_{n=0} = -kA \frac{\partial T_s}{\partial n}\Big|_{n=w}$$

صحابت ها
دیوار

$$Q_{out} = h_{out} A (T_{s_{out}} - T_{out})$$

$$Q_{in} = Q_s = Q_{out}$$

آنردر داخل معرن همرن نداشته باشیم دما ها تعادل نمی رسد

آنر معرن مکعبی نباشد و استوانه ای باشد سطح مقطع (A) متفاوت خواهد بود

$$Q = Q = mc_p \Delta T = \rho q c_p (T_2 - T_1)$$
سوسپانسیون ها

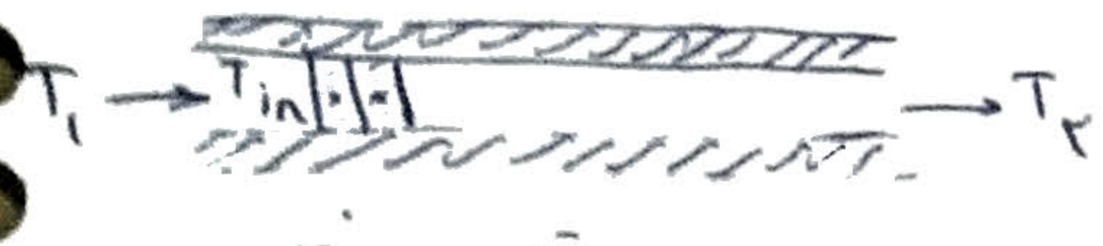
باید طرف سرمایی را با ضریب انتقال حرارت اشباع ترمت چون دو مفهوم متفاوت است هنگامی که آب وارد لوله می شود و از طرف دیگر با دمای T_2 خارج می شود دمیکونه انتقال حرارت نداریم

آنر fully mix باشد سیال کنار لوله داغتر از نقات دیگر خواهد بود

چون دمای داخل لوله در هر نقطه متفاوت است نمی توان تا را برای داخل لوله

به کار ببرد. / T به صورت دیفرانسیلی کم می‌شود)

لوله را به شکل‌های بی نهایت تبدیل



می‌بینیم

$q_1 + q_2 + \dots \quad \bar{Q} - \Sigma q$

با مرز خطی T در نقطه‌ی لوله را می‌توان به دست آورد

انتقال حرارت با جنس، ضخامت، اختلاف دمای داخل با خارج بستگی دارد

$q_1 = h_{out} A_1 (T_{sout} - \bar{T})$

ثابت ها

$q_1 = \bar{u}_1 A_1 (T_{in_1} - \bar{T}) \longrightarrow q_1$ بوسیله می‌آید

$q_1 = m C_p (T_{1in} - T_{2in}) \longrightarrow T_{2in}$ بوسیله می‌آید

با داشتن q_1 به این صورت T_2 در نهایت به دست می‌آید ...

رابطه‌ی ۲-۱: اگر جامدی به ضخامت dx، حرارت تولید شده در واحد حجم $\dot{q}$

باشد داریم

تجمع = مصرف - تولید + ورودی - خروجی

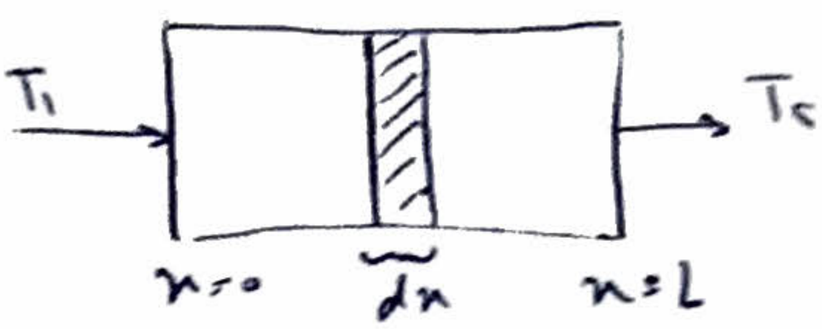
$$-kA\frac{\partial T}{\partial x} + \dot{q}A\,dx = \rho c A \frac{\partial T}{\partial x}dx - A\left[k\frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)dx\right]$$

PAPCO

Subject: ص ۱۵
Year ۹۴ Month ۱۲ Date ۴

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\dot{q}=\rho c\frac{\partial T}{\partial t}$$

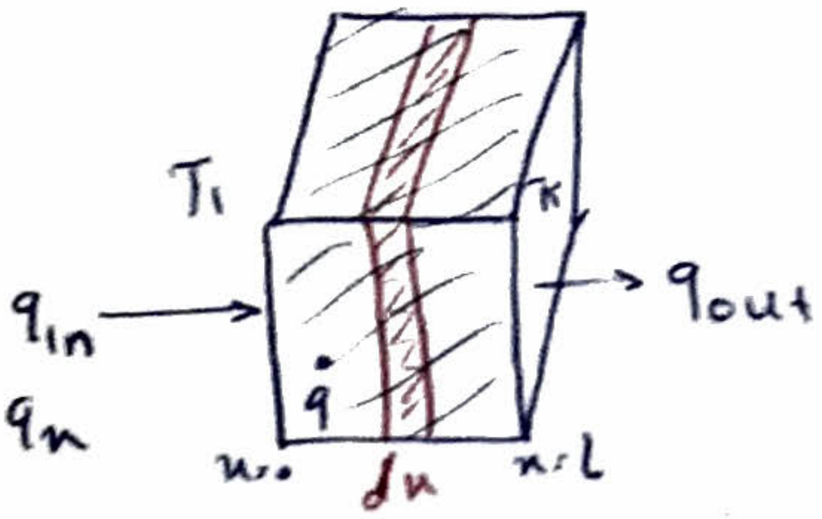
$T_1 > T_2$ تلوت نقای حرارت در یک بعد



تا زمانی که $\dot{q}$ نداشته باشیم جسم واسط حرارتی می باشد

$$q_{in}+q_{gen}=q_{out}+q_{\infty}$$

مثال معادله‌ی آن برحسب x به دست آورید



ابتدا المان گیری می کنیم

$$q_{in}=q_x=-k\frac{\partial T}{\partial x}\Big|_{x=0}$$

تجمع = تولید + خروجی - ورودی

$$q_x\cdot A_x\Big|_x-q_x\cdot A_x\Big|_{x+dx}+\dot{q}\cdot A\cdot dx=0 \qquad \text{steady state}, \dot{q}=0$$

$$A_x q_x=cte \xrightarrow{A_x=cte} q_x=C_1$$

$$-k\frac{\partial T}{\partial x}=C_1 \Rightarrow \partial T=-\frac{C_1}{k}\partial x \Rightarrow T=\frac{C_1 x}{k}+C_2$$

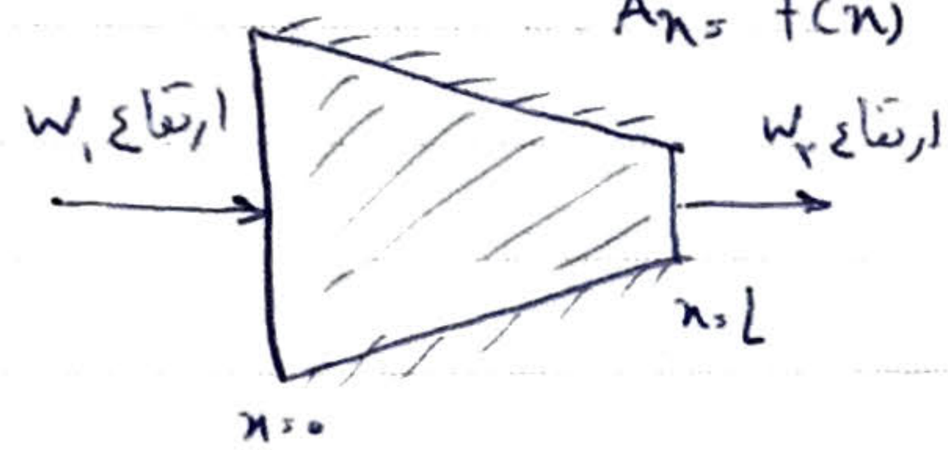
$$q_x\cdot A_x\Big|_x-q_x\cdot A_x\Big|_{x+dx}+\dot{q}\,A\,dx=0$$

$+\frac{d(\dot{q} A_n)}{dx} = \dot{q} A_n$ میزان حرارت ورودی و خروجی برابراست

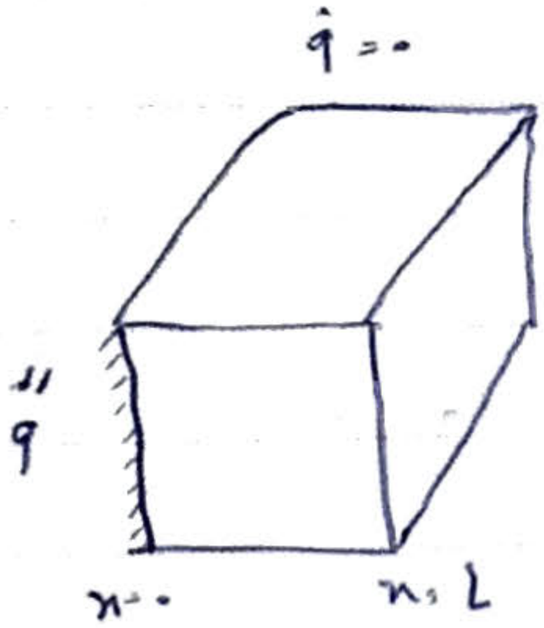
تفاوت خروجی و ورودی المان برابر با q تولیدشده است

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(-k \frac{\partial T}{\partial x}\right) = \dot{q}$$

مثال:



مثال:



شار حرارتی ثابت $\dot{q}''$ $x=0$

فقط شرایط مرزی تغییر می‌کند $\frac{\partial}{\partial x}(A_x q_x) = 0$

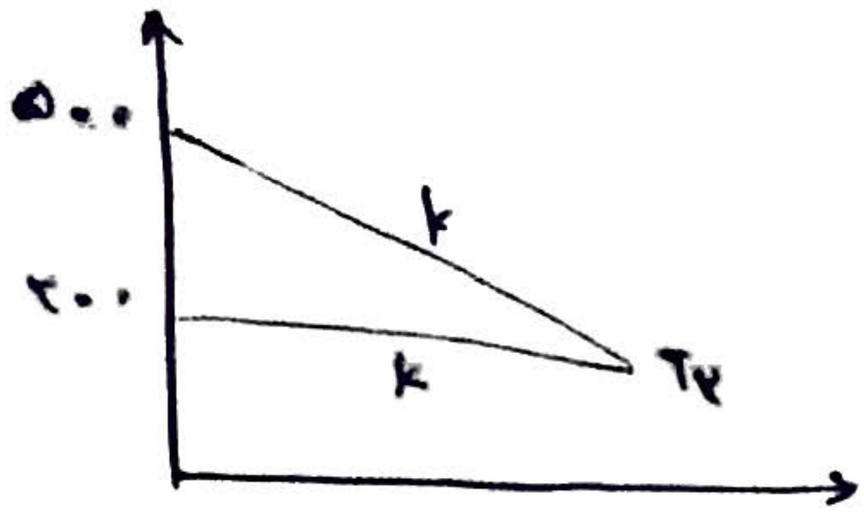
$x=0 \quad -k \frac{\partial T}{\partial x}\Big|_{x=0} = \dot{q}''$

$x=L \quad T = T_2$

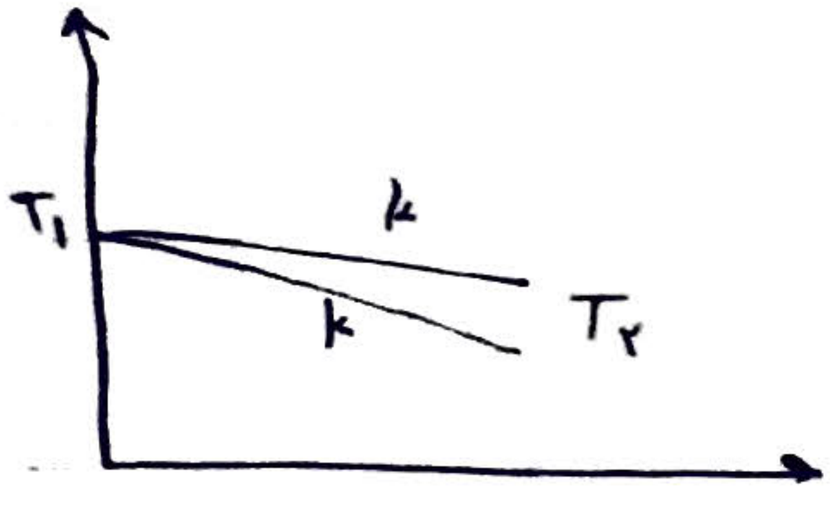
$$q_x \cdot A_x \cdot \Big|_x - q_x \cdot A_x \Big|_{x+dx} + 0 = 0$$

$q_x A_x = cte$ این همان مسئله ی اول است که تولید ندارد و شرایط مرزی اش تغییر کرده است

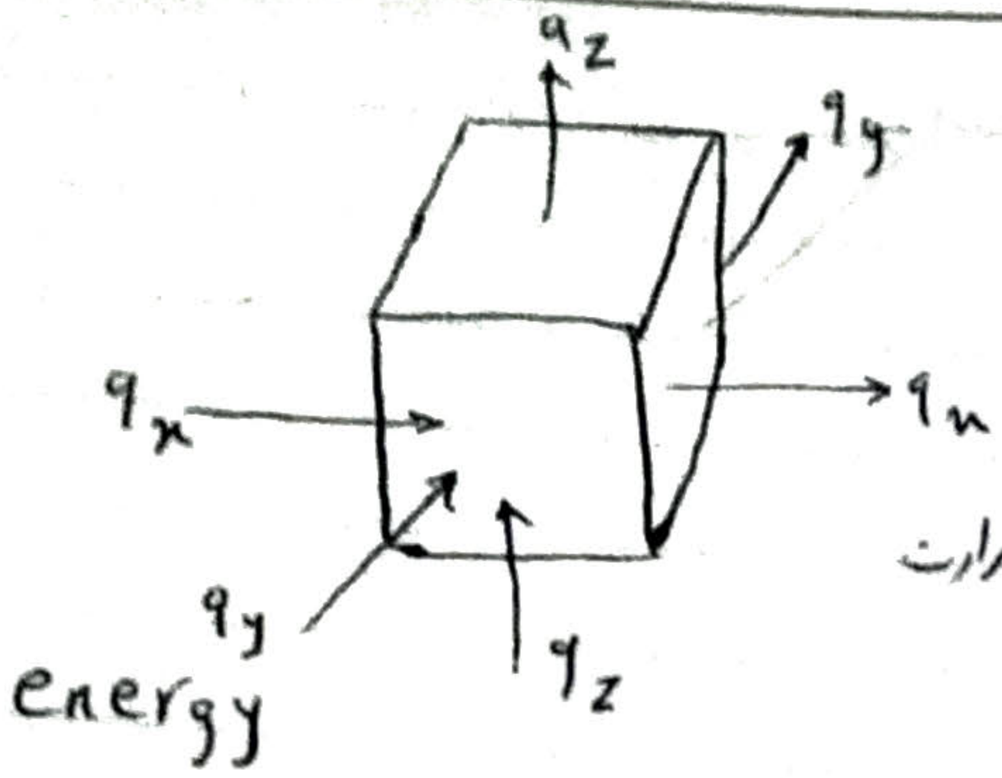
در مثال سوم اگر جنس را تغییر دهیم داریم



اگر در مثال اول جنس را تغییر دهیم داریم



T_2 و T_1 دمای سطح جامدی با شد . اگر جسم را عوض کنیم و T_2 و k را ثابت نگه داریم Q عوض می شود اگر Q را ثابت نگه داریم و T_1 را ثابت نگه داریم T_2 تغییر خواهد کرد



در یک سیستم انتقال حرارت سه بعدی

که فقط conduction داریم

فرضیات: ρ ثابت، A ثابت و سیستم استقال حرارت

فقط هدایتی

input - output + gen = Acc

$$A_n q_n \Big|_n + q_y A_y \Big|_y + q_z A_z \Big|_z - q_n A_n \Big|_{n+\Delta n} - q_y A_y \Big|_{y+\Delta y} - q_z A_z \Big|_{z+\Delta z} + \dot{q}.\Delta n.\Delta y.\Delta z$$

$$= \frac{\partial}{\partial t}(\rho.\Delta n.\Delta y.\Delta z.T.C)$$

آگر convection داشته باشیم باید آن را وارد کنیم

mC_pT ← دمای متوسط داخل

T همان $\Delta T = T - T_{Ref}$ می باشد

مکعب

بر $\Delta n.\Delta y.\Delta z$ تقسیم می کنیم

$$\frac{-\Delta(q_n)}{\Delta n} - \frac{\Delta(q_y)}{\Delta y} - \frac{\Delta(q_z)}{\Delta z} + \dot{q} = \rho.C.\frac{\partial}{\partial t}(T)$$

$$-\frac{\partial q_n}{\partial n} - \frac{\partial(q_y)}{\partial y} - \frac{\partial(q_z)}{\partial z} + \dot{q} = \rho.C.\frac{\partial}{\partial t}(T)$$

$$-\frac{\partial}{\partial n}\left(-k\frac{\partial T}{\partial n}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(-k\frac{\partial T}{\partial y}\right) - \frac{\partial}{\partial z}\left(-k\frac{\partial T}{\partial z}\right) + \dot{q} = \rho C\frac{\partial}{\partial t}(T)$$

آگر k در انتقال حرارت هدایتی در مقاطع مختلف و در طول مقطع ثابت باشد داریم

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\dot{q}}{k} = \frac{\rho c}{k} \frac{\partial T}{\partial t}$$

انتقال حرارت سه بعدی ناپایدار

چون معادله دیفرانسیل جزئی است و درجای ۲ مهم است حل تحلیلی ندارد و بصورت عددی حل می‌شود

if 1D $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\dot{q}}{k} = \frac{\rho c}{k} \frac{\partial T}{\partial t}$

if steady state $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\dot{q}}{k} = 0$

if nogen $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\rho c}{k} \frac{\partial T}{\partial t}$

تفاوت مختصات استوانه‌ای با کارتزین این است که در استوانه در جهت شعاع مساحت تغییر می‌کند

H.W : بدست آوردن ۱-۳b

H.W : بدست آوردن ۱-۳c

رسانایی اجسام با k متناسب است

وقتی دستمان را روی یخ می‌گذاریم چون حرارت های تغییر فاز زیادی رخ می دهد یک انتقال حرارت سریع اتفاق می افتد

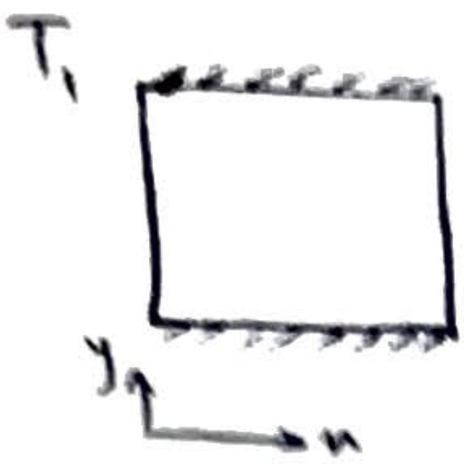
در مورشک موادی درنظرگرفته شده که درهنگام انتقال حرارت تغییر فاز می دهند

وانتقال حرارت راتحمل می کنند

درفلز چون ضریب انتقال حرارت زیاداست سریع حرارت راکل جرم انتقال

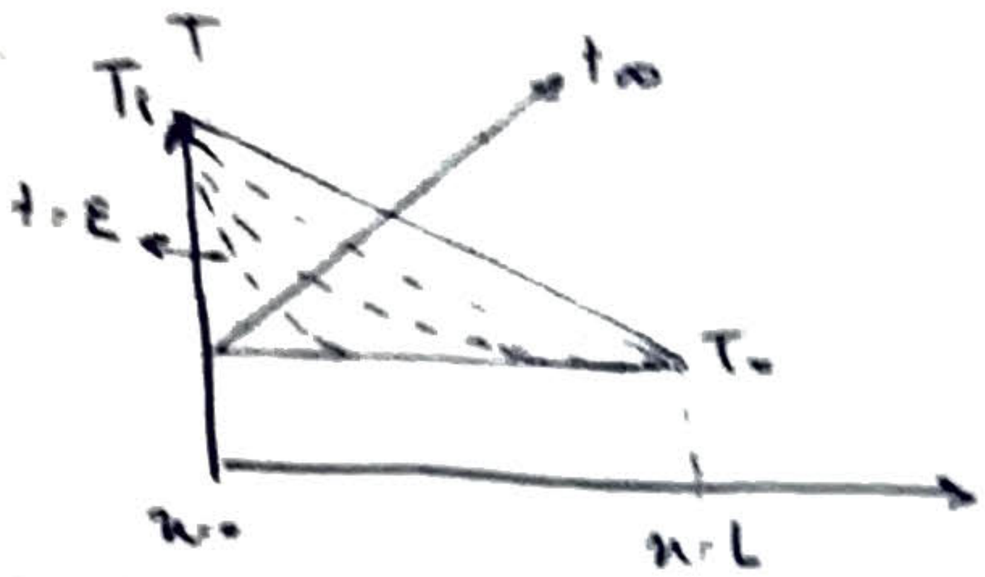
میدهند و فلز دائماً ازدست ماحرارت می گیرد و تابع جنبش مولکول هاست

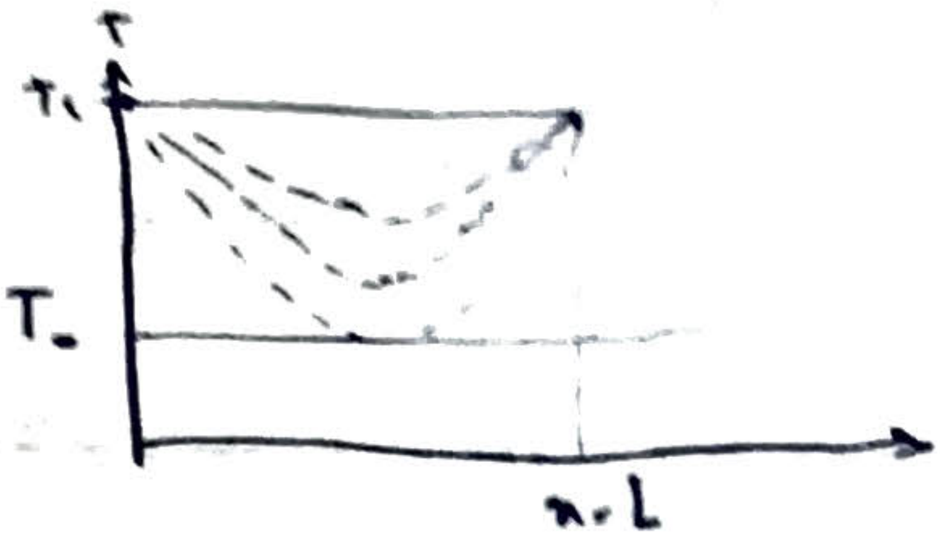
Subject: س ۲۱
Year ۹۳ Month ۱۲ Day ۹



۴۵۰ { ۴۰۰ ، ۳۰۳۰

۴۵۰ { ۳۰T1 ، ۰ ≤ x ≤ ۰
۳۰T2 ، ۰ ≤ x ≤ L





اگر دو طرف T_1 باشد داریم

$$q = -k\frac{\partial T}{\partial x}$$

از واقعیت فیزیکی به معادله و از معادله به واقعیت نیز گاهی می رسیم

شار حرارتی ثابت که می تواند شرایط مرزی متفاوتی داشته باشد ..

$$\frac{d^2T}{dx^2}$$

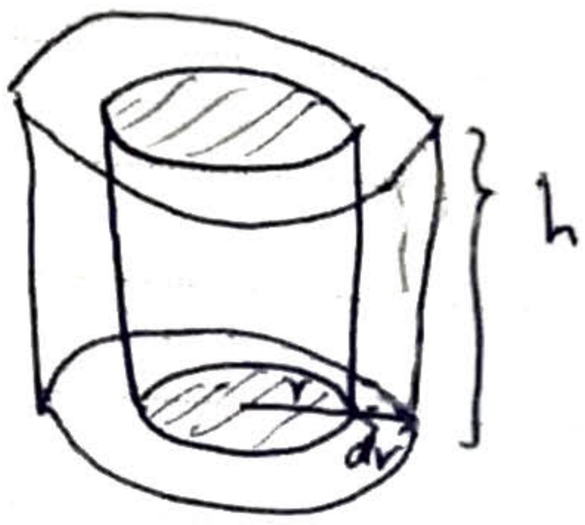
فرضیات: ρ, k, c ثابت Steady State و بدون تولید

شار حرارتی ثابت در مختصات استوانه ای در یک بعد

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}$$

Subject: ۲۲ س

Year. ۹۳ Month. ۱۲ Date. ۹ ( )



$t_{=0} \xrightarrow{All\,r} T = T_0$

ورودی و خروجی همیشه زمان را با دنبال دارد

کلیه ی روابط در واحد زمان می باشد

اگر استوانه را با یک در با یک در نظر بگیریم با یک مادمای مختلفی دارند و حرارت با با یک های جلویی

زودتر می رسد و گرم تر می شود

حرارت از با یکی بیرونی با داخلی می رود

$$q_r \cdot A_r\Big|_r - q_r A_r\Big|_{r+\Delta r} + \dot{q}\, V_r = \frac{\partial}{\partial t}\left(\rho (2\pi r\, dr\, h)(T)\right)$$

اگر قانون بقا را برای کل استوانه بنویسیم جزئیات را از دست می دهیم

فرض می کنیم نقط هدایتی با شد

$$q_r = -k\frac{\partial T}{\partial r}$$

$$A_r = 2\pi r \cdot h$$

$$\Delta(q_r A_r) + \dot{q} \cdot V_r = 2\pi h \rho c r\, dr \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$\frac{\Delta(q_r \cdot r)}{r \cdot dr} + \dot{q} = \rho c \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$-\frac{1}{r}\frac{\partial (r q_r)}{\partial r} + \dot{q} = \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \xrightarrow{q = -k\frac{\partial T}{\partial r}} \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r \cdot k \frac{\partial T}{\partial r}\right) + \dot{q} = \rho c \frac{\partial T}{\partial t}$$

PdPCO

Subject: ۲۲۳ ص
Year. ۹۳ Month ۱۲ Date. ۹ ( )

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r.\frac{\partial T}{\partial r}\right)+\frac{\dot{q}}{k}=\frac{\rho c}{k}\frac{\partial T}{\partial t}$$

$$\boxed{\frac{1}{r}\cdot\left(\frac{\partial T}{\partial r}\right)+\frac{\partial^2 T}{\partial r^2}+\frac{\dot{q}}{k}=\frac{\rho c}{k}\frac{\partial T}{\partial t}}\quad,\quad \frac{k}{\rho c}=\alpha$$

PCO

Subject: ص ۲۴
Year. ۹۳ Month. ۱۲ Date. ۱۰

معادله‌ی ۲-۲ برای زمانی است که ضریب حرارتی ثابت باشد

ضریب حرارتی مشابه مقاومت‌های الکتریکی عمل می‌کند

تفاوت در محتصات استوانه‌ای این است که سطح مقطع با شعاع تغییر می‌کند

با تغییر دما رسانای حرارتی تغییر می‌کند

$$q_{conv} = hA(T_w - T_\infty) = \frac{T_w - T_\infty}{1/hA}$$

مقاومت حرارتی $= 1/hA$

صحامت بحرانی عایق: اگر بخواهیم یک لوله را عایق کنیم انتقال حرارت کاهش پیدا می‌کند (مقاومت حرارتی زیاد می‌شود) اما عایق کاری می‌تواند انتقال حرارت را با افزایش سطح انتقال بیشتر کنیم. تا صحامت بحرانی عایق که در آن انتقال حرارت Max است انتقال حرارت افزایش و بعد از آن انتقال حرارت کاهش پیدا می‌کند

$$q = \frac{2\pi L (T_i - T_\infty)}{\frac{\ln(r_0/r_i)}{k} + \frac{1}{r_0 h}}$$

$$\frac{dq}{dr_0} = 0 \Rightarrow -2\pi L$$

اول اضافه کردن سطح نقش سود را ایفا می‌کند و انتقال حرارت را افزایش می‌دهد

دیگر از مقاومت حرارتی انتقال حرارتی کاهش پیدا می‌کند

PAPCO

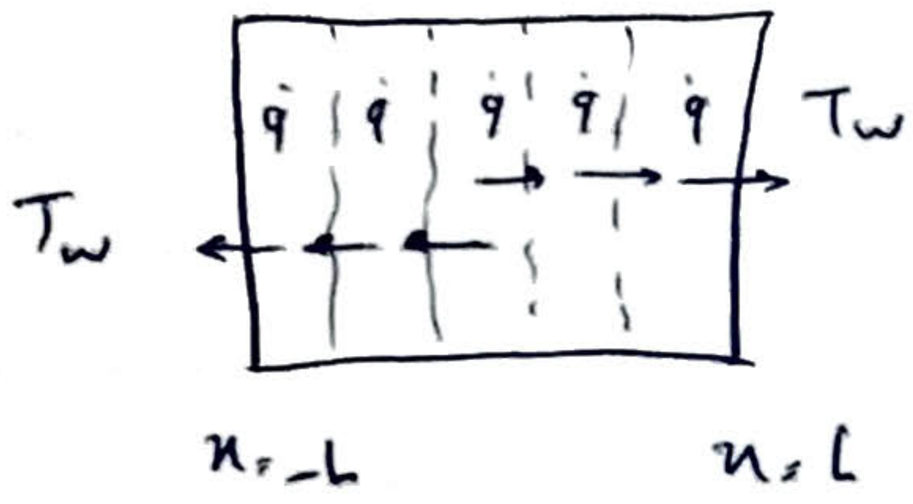
Subject: ص ۲۵
Year ۹۳ Month ۱۲ Date ۱۰ ( )

۱- زیاد یعنی انتقال حرارت شدید

در معادله ۲-۲۱ علت آنکه $C_{1}=0$ شدایی است که در $n=\pm L$ باید $T=T_w$ باشد

$$2\left(-kA\frac{dT}{dn}\right|_{n=L}) = \dot{q}A2L$$

میزان حرارتی که بیرون می رود یکسوم می کند



پره ها سطح تماس را افزایش می دهند

علت اینکه در ص ۴۶ المان ها این صورت گرفته شده این است که در راستای

y و z تغییر دما نداریم و در راستای x دما تغییر می کند و نوک پره حداکثر دما را دارد

در پره St.St است و تولید هم نداریم و از اطراف هم بصورت convection تبادل

حرارت دارد.

ورودی - خروجی + ۰ = ۰

دمای محیط

$$q_x\Big|_x - q_x\Big|_{x+dx} - h.A_p.(T_x - T_\infty)$$

$A_p = p.dx$

محیط پره

p در اینجا ثابت فرض شده ولی می تواند متغیر باشد

داخل جمع و هدایی

$$q_x = +k\frac{\partial T}{\partial x}.A_x$$

$$\theta = T - T_\infty$$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{hP}{kA}(T - T_\infty) = 0$$

$\Rightarrow x = 0$

ملاحظات پیش می آید:

۱- اگر پره خیلی طولانی باشد $\theta_{x=0}$

۲- طول پره محدود

$$-kA_L \frac{\partial T}{\partial n}\Big|_{n=L} = h.A_{end}(T_L - T_\infty)$$

۳- ته پره عایق شده است

$$-k\frac{\partial T}{\partial n}\Big|_{n=L} = 0$$

اینجا همین انتقال حرارت مورد نظرماست و هرچه انتقال حرارت بیشتر بهتر

پس مورد ۲ که بیشترین انتقال حرارت را دارد مدنظر ماست اما اگر طول پره زیاد

باشد از نظر جا و هزینه و تعمیرات با مشکل مواجه می شود

$$\frac{hp}{kA} = m^2 \Rightarrow \theta = C_1 e^{-mx} + C_2 e^{mx}$$

مورد ۱ واجب و مورد ۲ حل معادله اش مطالعه ی آزاد است و مورد ۳ هم لازم

است

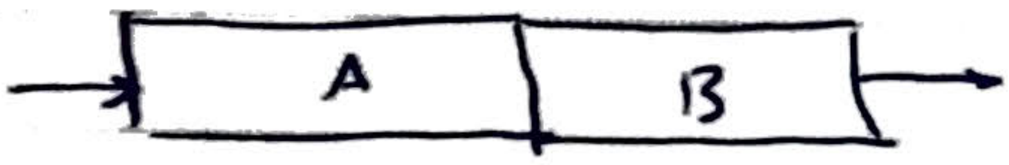
$$\text{Fin efficency} = \frac{\text{actual heat transfer}}{\text{انتقال حرارت اگر کل پره در دمای پایه باشد}} = \eta_f$$

$$\eta_f = \frac{\sqrt{hpkA}\,\theta_0 \tanh mL}{hpL\,\theta_0} = \frac{\tanh mL}{mL}$$

PAPCO

مقاومت حرارتی در نقطه‌ی تماس، در زبره در ناحیه تماس بین دو جامد ممکن است هوا داخل آن قرار گیرد و به عنوان عایق عمل کند (انتقال حرارت با صورت هدایتی)

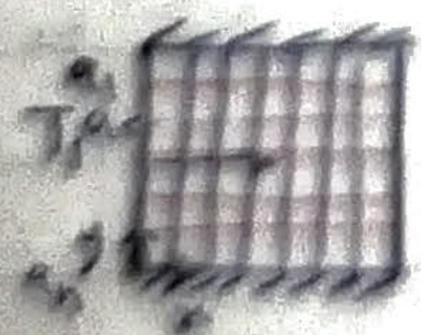
$$q = \overbrace{k_A A \frac{T_1 - T_{2A}}{\Delta x_A}}^{A} - \overbrace{\frac{T_{2A} - T_{2B}}{1/h_{cA}}}^{\text{ناحیه تماس}} - \overbrace{k_B A \frac{T_{2B} - T_3}{\Delta x_B}}^{B}$$



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

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(-k\frac{\partial T}{\partial x}\right) = \frac{\partial}{\partial x}(q_x) = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

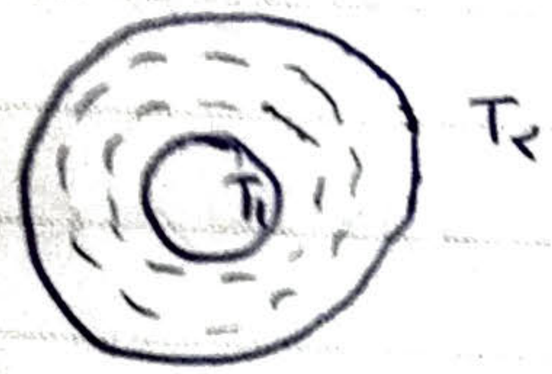
$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0$$



Subject: ۳۰ ص

Year: ۹۴ Month: ۱ Date: ۱۶ ( )

$\Delta T = \frac{\Delta T_{overall}}{N}$



خطوط ایزوترم برمسیر جریان حرارتی عمود باشد

وسلول‌های ساختاری ما تقریبا مربع نزدیک باشند $\Delta x \cong \Delta$

$q = kS\Delta T_{overall}$

یک روش برای محاسبه‌ی گرمای انتقالی آن است که با رسم خطوط هم‌دما

و نیز شکل مورد نظر و تقسیم آن به سلول‌های کوچک مقدار گرما را محاسبه می‌کنیم

خطوط هم‌دما باید طوری رسم شوند که طول و عرض آن‌ها برابر باشد تا در آخر ساده شود

m تعداد قسمت‌های سطح می‌باشد و n در جهت دیگر

Subject: ص ۳۱
Year ۹۴ Month ۱ Date ۲۲

$$q = \frac{M}{A} \Delta n \, k \left(\frac{T_2 - T_1}{\sim \Delta y} \right)$$

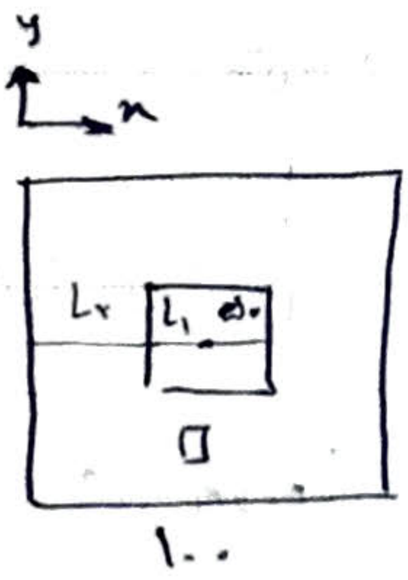
$$q = kA \frac{\partial T}{\partial y}$$

هم خطوط باید عمود بر خطوط ایزوترم باشند

مثال ۱-۳: دامنه مثال یک مسئله‌ی محدود است و از یک طرف به زمین و از طرف دیگر به لوله ختم می‌شود

CFD: computational fluid dynamic simulation

حل معادله‌ی دیفرانسیل یک جواب دقیق به ما می‌دهد


y
x
L_2
L_1
T_0
T_0
$T_0

کنیم .

$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0$ این معادله با شرایط مرزی حل می‌شود seprationvalue با

$$f''_{m,n} = \frac{f'_{m+1,n} - f'_{m-1,n}}{2\Delta x} = \frac{f'_{m+\frac{1}{2},n} - f'_{m-\frac{1}{2},n}}{\Delta x}$$

$$f'_{m+\frac{1}{2},n} = \frac{T_{m+1,n} - T_{m,n}}{\Delta x}$$

$\Delta x = \Delta y$:

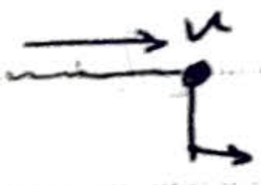
$$T_{m-1,n} + T_{m+1,n} + T_{m,n+1} + T_{m,n-1} - 4T_{m,n} = 0 \qquad (۳-۲۴)$$

معادله‌ی بالا می‌گوید که برای بدست آوردن دمای نقطه‌ای وسط از دمای ۴ نقطه کناری

میانگین می‌گیریم

$$T_{m+1,n} + T_{m-1,n} + T_{m,n+1} + T_{m,n-1} + \frac{\dot{q}(\Delta x)^2}{k} - 4T_{m,n} = 0$$

اگر منبع حرارتی داشته باشیم



این نقطه تحت تأثیر
جریان قبل از خود است

اگر convection باشد از روش backward برای محاسبات استفاده می‌کنیم
(پایین دست)

Subject: ۳۳ س

Year ۹۴ Month ۱ Date ۲۲

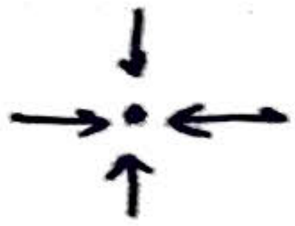
اما در conduction از روش central استفاده می کنیم

از روش forward هم در مکانیک سیالات یا خواص صورت می گیرد (با بالادست)

مادر اینسیا محاربه‌ی دیفرانسیل را با توجه؟ مفهوم مشتق آن را با یک روش جبری

تبدیل می کند. یعنی از نظر فیزیکی مجموع حرارتی که از چهار طرف به گره وارد می شود صفر

مانند



finite volume فیزیکی

finite difference ریاضی

Subject: ۳۴ ص

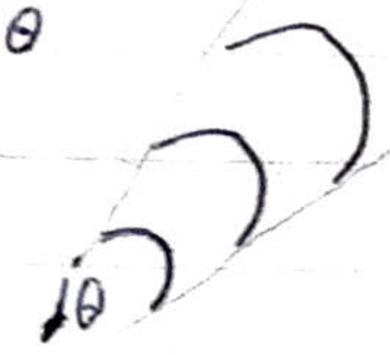
Year 9۷ Month ۱ Date ۲۳ ( )

مختصات استوانه‌ای:

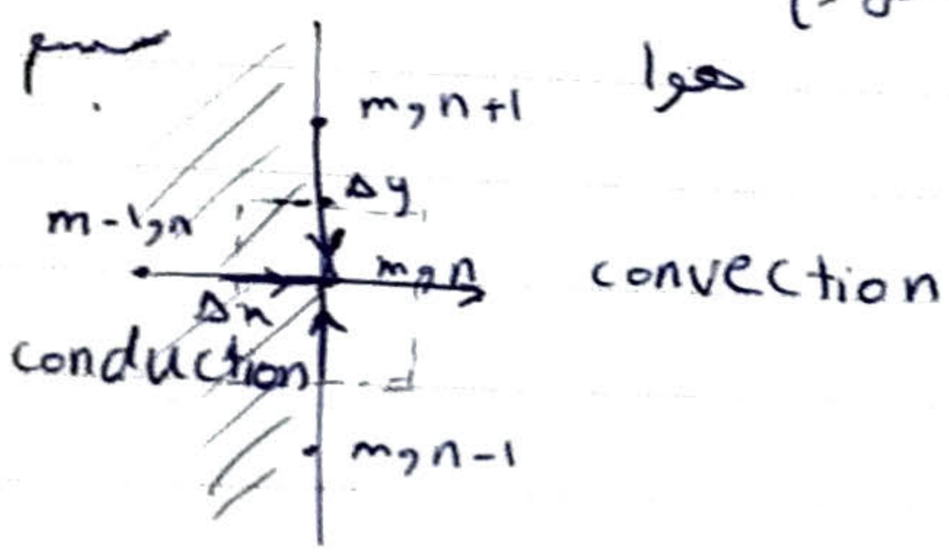
$$q_\theta = -kA\frac{\partial T}{\partial s}$$

↳ طول - فاصله $s = r d\theta$

$$q_n = -kA\frac{\partial T}{\partial n}$$



در تبدیل معادله دیفرانسیل به رابطه‌ی جبری یا از تعریف تعادل انرژی استفاده می‌کنیم. اگر نقطه‌ی مورد نظر بر روی مرز باشد چون نمی‌توان از تعریف مشتق استفاده کرد از نظم‌های دوم استفاده می‌کنیم



$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0$$ این رابطه برای کل داخل جسم است اما نزدیک مرز این رابطه صادق نیست چون از چپ conduction و از راست convection داریم

ما یک خطایی از مشتق backward استفاده می‌کنیم

$$q_L + q_U + q_D - q_{Rh} = 0$$

q_L چپ، q_U بالا، q_D پایین، q_{Rh} راست (هوا)

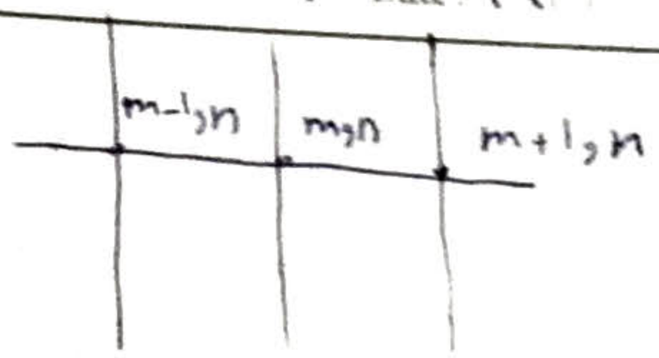
$$-k\Delta y\frac{T_{m,n} - T_{m-1,n}}{\Delta x} - k\frac{\Delta x}{2}\frac{T_{m,n} - T_{m,n+1}}{\Delta y} - k\frac{\Delta x}{2}\frac{T_{m,n} - T_{m,n-1}}{\Delta y}$$

از مشتق جلو

PdPCO

Subject: حل تمرین

Year: ۹۴ Month: ۱ Date: ۲۳



backward: $\frac{T_{m,n} - T_{m-1,n}}{\Delta x}$

forward: $\frac{T_{m+1,n} - T_{m,n}}{\Delta x}$

central: $\frac{T_{m+1,n} - T_{m-1,n}}{2\Delta x} = \frac{T_{m+\frac{1}{2}} - T_{m-\frac{1}{2},n}}{\Delta x}$

$= h\Delta y (T_{m,n} - T_\infty)$ (۳-۲۵)

برای شکل ۳-۸:

$-k\frac{\Delta y}{2}\frac{T_{m,n} - T_{m-1,n}}{\Delta x} - k\frac{\Delta x}{2}\frac{T_{m,n} - T_{m,n-1}}{\Delta y} =$

بیان‌ترم از فواصل ۱و۲و۳ هاشن

حل چهارم

۴-۱) $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$

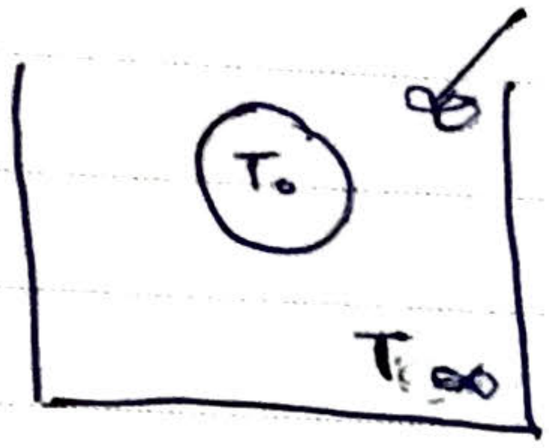
آب جسم جامد داخل سیال قرار گیرد سطح جامد سرد و سیال گرم می‌شود اگر توانایی گرفتن حرارت بوسیله محیط بیش از حرارت جابجا شده در داخل جسم باشد دما در سرتاسر کره یکسان می‌شود (کره مسی) دلیل ضریب انتقال حرارت با سرعت حرارت را جابجا

Subject: ۳۶س

Year. ۹۴ Month. ۱ Date. ۲۳

Biot number $= \frac{hs}{k}$ می‌کند

if $\frac{h(V/A)}{k} < 0.1$ سیستم کپاسیتو می‌شود



$t=0 \quad T_s = T_0$ for all r

دما در همه جای کره با توجه به اینکه امنت دما دارد اما می‌توان

کپاسیان در نظر گرفت

تغییرات موجودیت حرارتی $q = hA(T - T_\infty) = -\rho c V \frac{dT}{dt}$

$T = T_0$ at $t = 0$ bounndary condition

$T_\infty = T_0$ at $t = \infty$

ورودی و خروجی و تجمع باید همراه با زمان باشند و تجمع هم باید همراه با زمان باشد

در غیر این صورت موجودی محسوب می‌شوند

Subject: ۳۷ ص
Year: ۹۴ Month: ۱ Date: ۲۵

سیستم یک پارچه:

عدد بایوت

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

$$\frac{h(V/A)}{k} < 0.1$$

(۴-۴) تغییر دمای کل جسم

$$q = hA(T_s - T_\infty) = -c_p V \frac{dT}{d\tau}$$

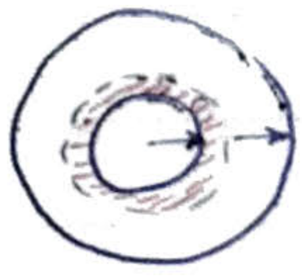
convection

آنرتکیا پیچ نباشد اول B_i T = دمای سطح جسم می‌شود و سمت راست به صورت زیر می‌شود:

$$q = -Ak \left.\frac{\partial T}{\partial r}\right|_{r=R}$$

conduction

$$\frac{\partial T}{\partial r} = ?$$



تجمع = خروجی - ورودی

$$\partial(A_r q_r) = \frac{\partial}{\partial t}\left(\rho \underbrace{A_r . dr}_{dV} . c . T\right)$$

m

$$\begin{cases} r=0 & \frac{\partial T}{\partial r} = 0 \\ t=0 & T = T_0 \quad \text{all } r \\ r=R & hA(T_s - T_\infty) \end{cases}$$

۴-۱ جدول

$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$ در سیستم لامپت (یکبارچه) یعنی $Bi < 0.1$ باشد

سمت چپ صفر می‌شود و یک معادله‌ی unsteady می‌شود

یکی از راه های حرارت های ناپایدار معادله لامپاس می باشد.

حل معادله به روش seprationvalue اصلی و به روش لامپاس مطابق

آزادی باشد

تا سر ۶-۴ مطابق آزادی باشد

در فصل ۴ به دست آوردن معادله دیفرانسیل از واجبات است (المان گیری،

انتقال حرارت برای کل سیستم، به دست آوردن معادله دیفرانسیل، حل معادله دیفرانسیل

برای حل سیستم لامپت، seprationvalue، روش عددی هم هست

حالت ناپایدار دوبعدی (۴-۲۴) $k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) = \rho c \frac{\partial T}{\partial t}$

سمت چپ قانون بقای انرژی می باشد که اگر حالت پایدار باشد سمت راست

صفر می شود

finite difference، یا تفاضل محدود

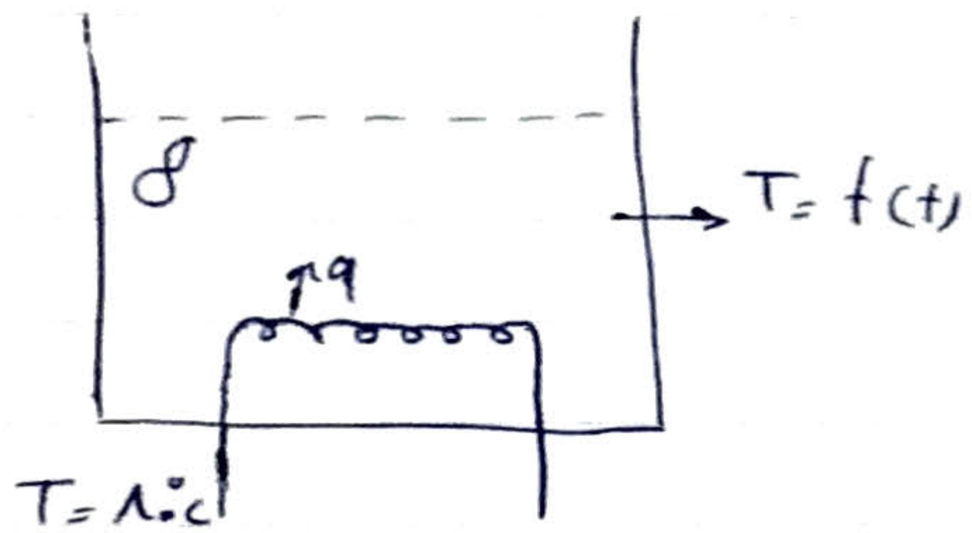
$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \approx \frac{1}{(\Delta x)^2}(T_{m+1,n} + T_{m-1,n} - 2T_{m,n}) \quad (4-25)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \approx \frac{1}{(\Delta y)^2}(T_{m,n+1} + T_{m,n-1} - 2T_{m,n}) \quad (4-26)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} \approx \frac{T_{m,n}^{p+1} - T_{m,n}^{p}}{\Delta \tau}$$ حالت forward در نظر گرفته شده (4-27)

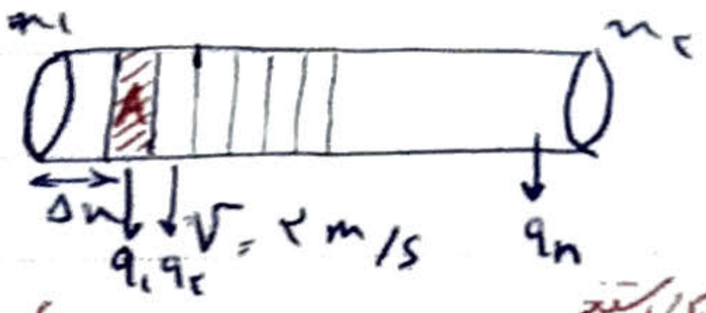
ابتدا حالت Steady state (یک بازه ی زمانی خیلی کوچک در نظر می گیریم

مثال صفحه ی ۱۲ جزوه:



استخر ۵×۳×۱٫۵

$T_0 = 25^\circ C$ $T = f(cm)$



$D = 5\,cm$ $L = 5\,cm$

$t = 0$ $h = ?$

۵) ۹۰ بیت دمای $f(m,t)$ ← → $g(t)$ دمای آب تانکر/استخر

$$q_{\Delta m_1} = hA(\underbrace{100 - 25}_{\text{تغییر دما بین محیط و مرز جامد}}) = mc\Delta T = 1000 \cdot A \cdot \rho \cdot c \cdot (T_{m_2} - T_{m_1})$$

$$V_p \cdot \rho \cdot C_w \cdot (\underbrace{T_{t_2} - T_{t_1}}_{\text{تغییر دمای کل جسم}})$$

Subject: ۴۰۵

Year. ۹۴ Month. ۱ Date. ۲۹

$q = (mc\Delta T)_{\text{ورودی}}$

$= \dot{V} \rho . c . (T_{n+\Delta n} - T_n)$

$\Sigma q = (mc\Delta T)_{\text{سیستم}}$

مثال ریختن مواد داخل جیب استار؟ روی زمین

حرارت خروجی از لوله ورودی؟ استخر $\Sigma q = m . c . (T_{p_{t+\Delta t}} - T_{p_t})$

$T_{p_{t+\Delta t}} =$ ✓ بدست می‌آید

با ترکیب ۴-۲۵ ، ۴-۲۶ ، ۴-۲۷ معادله ۴-۲۸ بدست می‌آید.

انتظار می‌رود با finite difference معادله ۴-۲۸ را بدست آوریم

Subject: س ۴۱
Year ۹۴ Month ۱ Date ۳۰

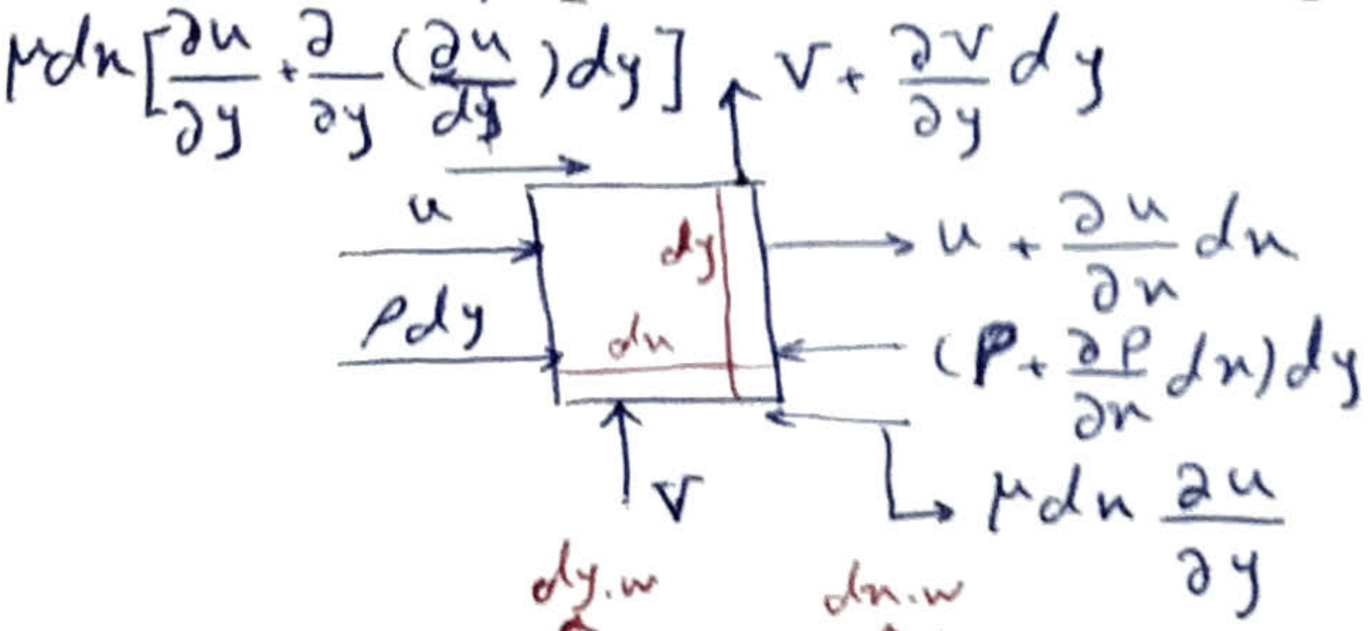
حل ۵

$$q = hA(T - T_\infty)$$

h؟ سرعت، جنس سیال، نوع جریان، هندسه‌ی جسم در معرض جریان بستگی دارد هدف ما در فصل ۵ به دست آوردن h می‌باشد

رابطه‌ی ۵-۱۳، رابطه‌ی ۸ و ۲ را با ویسکوزیته‌ی سیال و افت فشار نشان می‌دهد و از یک المان دو بعدی بدست آمده، رابطه‌ی ۵-۱۳ همان موازنه‌ی مومنتم می‌باشد

قانون مکانیک سیالات را برای المان دو بعدی می‌نویسیم:



$$\Sigma F = ma \Rightarrow pdA\Big|_x + \tau . A\Big|_{y+\Delta y} - pdA\Big|_{x+\Delta x} - \tau A\Big|_y$$

$$+ \overbrace{u.A.\rho.u}^{m}\Big|_x - u.A.\rho.u\Big|_{x+\Delta x} + v.A.\rho.u\Big|_y$$

$$- v.A.\rho.u\Big|_{y+\Delta y} = \frac{d(mV)}{dt}$$

Subject: ص ۴۲
Year. ۹۴ Month. ۱ Date. ۳۰ ( )

$\sum F = \frac{d(m\bar{V})}{dt}$ = تغییرات مومنتم کلی

در دو بعدی هر چیزی که از یک راستا وارد می‌شود در همان راستا موازنه می‌شود

$$\frac{\partial}{\partial y}(\tau_{yx}) = \frac{\partial}{\partial y}\left(-\mu \frac{\partial u}{\partial y}\right) = -\mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$$

$$\rho\left(u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y}\right) = \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial p}{\partial x}$$

اختلاف تنش برشی که از بالا و پایین وارد می‌شود

Subject: س ۴۳

Year. ۹۴ Month. ۲ Date. ۵ ( )

هدف در فصل پنجم، بدست آوردن h می باشد.

$$q = hA\Delta T = hA(T_s - T_\infty)$$

$$q = -kA\frac{\partial T}{\partial n}$$ در یک فاز جامد یا مایع

بدست آوردن ضرایب ثابت در آزمایشگاه زیاد کاربردی نیست چون با تغییر شرایط دیگر ضریب ما درست عمل نخواهد کرد

در اینجا h و شکل هندسی و ویسکوزیته و... بستگی دارد

آزمایش کردن هم زمان بر است و هم هزینه بر.

هدف بدست آوردن معادله‌ی d-۱۳ مبحث می باشد

d-۱۸

$$u = c_1 + c_2 y + c_3 y^2 + c_4 y^3$$

که جایی است که سیال ضخامت سطحی را حس نمی کند

δ ضخامت تابعی از x می باشد

شرایط مرزی معادله‌ی بالا به صورت زیر است

$u = 0$ at $y = 0$

PdPCO

Subject: ۴۴۳

Year. ۹۴ Month. ۲ Date. ۵ ( )

$u = u_\infty$ at $y = \delta$

$\frac{\partial u}{\partial y} = 0$ at $y = \delta$

$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$ at $y = 0$

$\tau_w = -\mu \frac{\partial u}{\partial r}$ at $y = 0$

$\frac{u}{u_\infty} = \frac{3}{2}\frac{y}{\delta} - \frac{1}{2}\left(\frac{y}{\delta}\right)^3$ 5-19. پروفایل سرعت

پیچیدگی این معادله این است که δ مشخص نیست و نیاز داریم تا δ را مشخص کنیم

تا معادله‌ی 5-19 ضروری است و بعد از آن مطالعه‌ی آزادی باشد.

$Re_x = \frac{u_\infty x}{\nu}$ 5-21

چون حرارت برداری نیست دیگر مثل مومنتم اول در u و سپس در v ضرب می‌شود

و تنها حرارت داریم و انتقال حرارت conduction نداریم

$u\frac{\partial T}{\partial x} + v\frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$ → 5-25

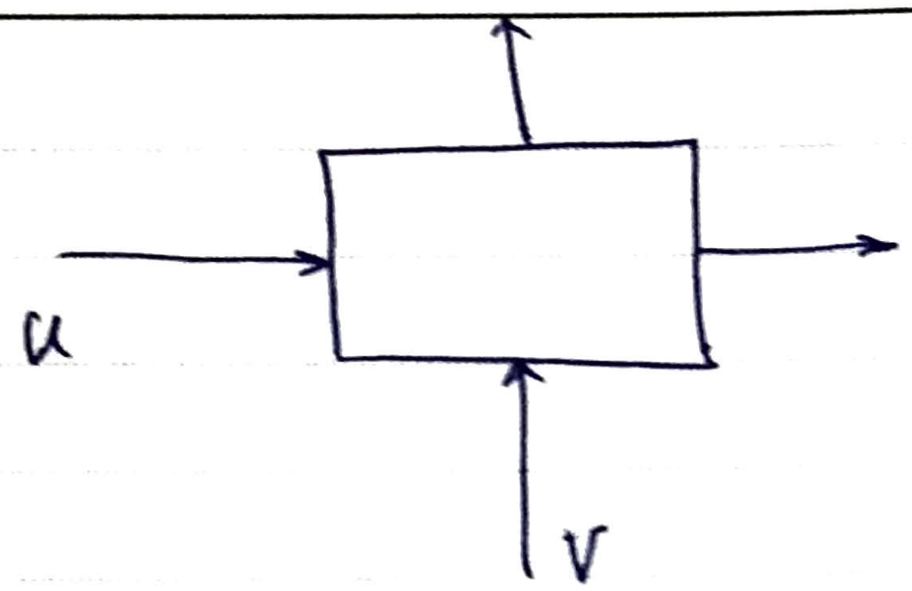
↓ تغییرات انرژی حاصل حاصل‌ضرب سیال از دو جهت راست

↳ تغییرات انرژی حاصل‌ضرب سیال

PAPCO

Subject: ۴۵۳

Year. ۹۴ Month. ۲ Date. ۵

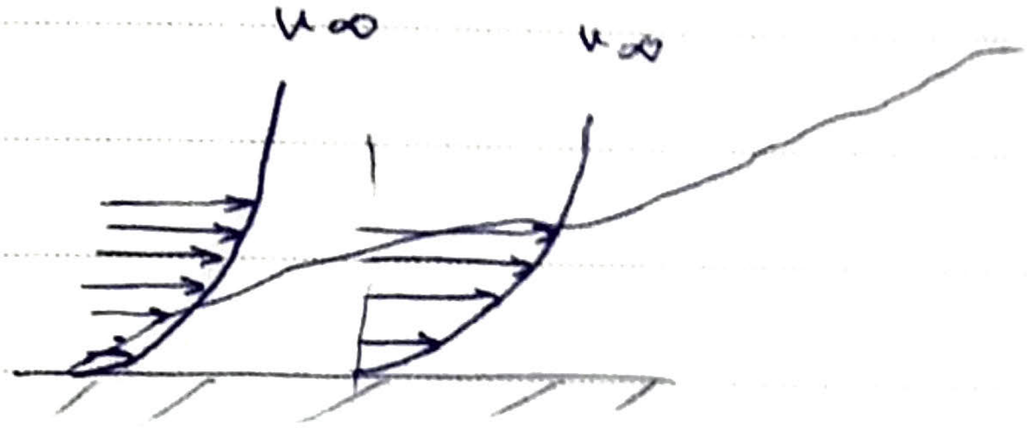


$$\left.\begin{aligned} u\frac{\partial T}{\partial x} &\equiv \frac{\partial}{\partial x}\left(u\rho C_p d_y T\right) \\ v\frac{\partial T}{\partial x} &\equiv \frac{\partial}{\partial y}\left(v\rho C_p d_x T\right) \end{aligned}\right\} \approx \frac{\partial}{\partial y}(q) = \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)$$

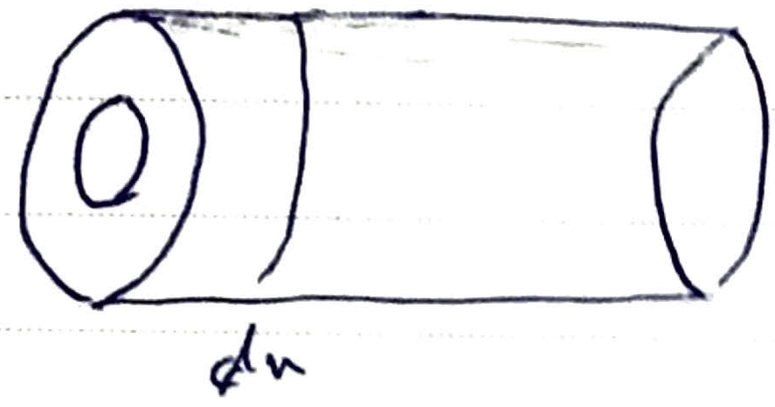
Subject: ص ۴۶

Year. ۹۴ Month. ۲ Date. ۶ ( )

برای پیدا کردن h ابتدا باید پروفایل سرعت را داشته باشیم پس یک المان دو

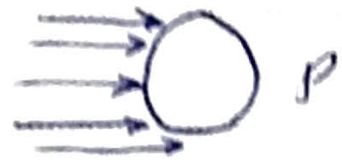


بعدی می گیریم



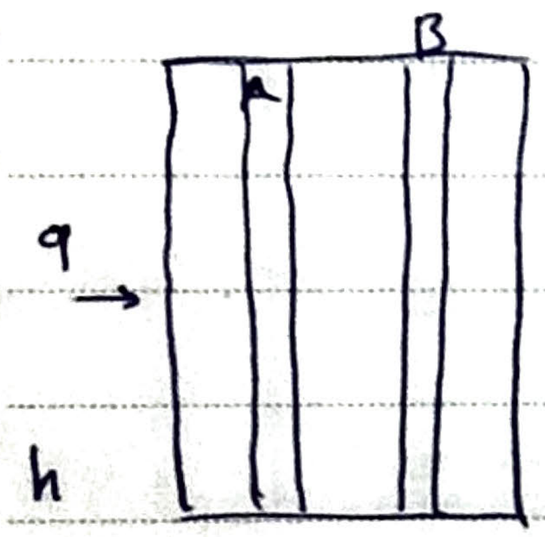
$$\frac{\partial P}{\partial x} = cte$$

$$\frac{\partial u}{\partial n} = 0$$



$$u\frac{\partial T}{\partial x} + v\frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$$

۵-۲۸



$$hA(T_\infty - T_s) = q = -kA_x \frac{\partial T}{\partial n}\Big|_A = -kA\frac{\partial T}{\partial n}\Big|_{s_{y=0}}$$

$$\frac{\delta_t}{\delta} = \frac{1}{1.026} Pr^{-\frac{1}{3}}$$

۵-۳۸

$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$ ← ضریب نفوذ مومنتم / ضریب نفوذ حرارت

$Pr = \frac{\mu/\rho}{k/\rho c_p} = \frac{c_p \mu}{k}$

نسبت لایه مرزی حرارت به لایه مرزی سرعت

Pr خاصیت ماده می باشد

PAPCO

$$h = \frac{-k(\partial T/\partial y)_w}{T_w - T_\infty} = \frac{۲k}{۲\delta_t} = \frac{۲}{۲}\frac{k}{۴\delta} \qquad ۵-۴۰$$

$$h_x = ۰/۳۳۲ k Pr^{۱/۳} \left(\frac{u_\infty}{\nu x}\right)^{۱/۲} \left[1 - \left(\frac{x_0}{x}\right)^{۳/۴}\right]^{-\frac{۱}{۳}} \qquad ۵-۴۱$$

h تابعی از x می باشد $h = f(k, u, \rho, \mu, L, \dots)$

با آنالیز بعد

$$\text{nusselt's number} \Rightarrow Nu_x = \frac{h_x x}{k}$$

$$Nu_x = ۰/۳۳۲ Pr^{۱/۳} Re_x^{۱/۲} \left[1 - \left(\frac{x_0}{x}\right)^{۳/۴}\right]^{-\frac{۱}{۳}}$$

Re خاصیت ماده و خاصیت جریان می باشد، Pr هم خاصیت سیال می باشد

k و ρ خاصیت سیال است

$$\bar{h} = \frac{\int_0^L h_x dx}{\int_0^L dx} = ۲h_x = L \qquad ۵-۴۵$$

هدایتی $q = -kA\frac{\partial T}{\partial n}$ conduction

جابجایی $q = hA(T_\infty - T)$ convection

$$Nu = \frac{(h)x}{(k)} = f(Re, Pr)$$

(h) سیال ← (k) مرز جامد ، Re ↘ سیال ، Pr ↙ سیال

Subject: ۴۸ ص

Year. ۱۴ Month. ۲ Date. ۱۳ ( )

$$\overline{Nu_L} = \frac{\bar{h}L}{k} = 2Nu_{x=L} \qquad (5-46$$

(k) ← خاصیت سیال

$$\overline{Nu_L} = \frac{\bar{h}L}{k} = 0.664\, Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$$

$$Re_L = \frac{\rho u_\infty L}{\mu}$$

پرنتل خاصیت سیال می‌شود

هیچ چیزی از جامد در معادله‌ی ۵-۲۵ وجود ندارد و برای یک سیال می‌باید و کلیه پارامترها به سیال مربوط می‌شود

$$Nu_x = 0.332\, Pr^{1/3} Re_x^{1/2} \qquad (5-43$$

$$\overline{T_w - T_\infty} = \frac{1}{L}\int_0^L (T_w - T_\infty)\,dx = \frac{q_w L/k}{0.679\, Re_L^{1/2} Pr^{1/3}} \qquad (5-50$$

پرنتل ← $Pr^{1/3}$

پرنتل به طور متوسط در نظر گرفته می‌شود که تابعی از دماست

مثال ۵-۴:

زبری روی کیفیت جریان اثر گذاشته و باعث بوجود آمدن اغتشاش‌ها می‌شود و می‌تواند روی ضریب انتقال حرارت تأثیر بگذارد

آشفتگی جریان هم باعث انتقال حرارت می‌شود

PAPCO

Subject: ص ۴۹

Year. ۹۴ Month. ۲ Date. ۱۳ ( )

$$\frac{Nu_n}{Re_n Pr} = \frac{h_n}{\rho c_p u_\infty} = 0.332\, Pr^{-\frac{2}{3}}\, Re_n^{-\frac{1}{2}}$$

رابطه استنتون

$$St_n = \frac{h_n}{\rho c_p u_\infty}$$

$$St_n Pr^{2/3} = 0.332\, Re_n^{1/2} \qquad (5-55$$

قسمت ۱-۵ عنوان سوال امتیازی

فصل ششم مطالعه‌ی آزاد

Subject: ۵۰س
Year. ۹۴ Month. ۲ Date. ۱۹ ( )

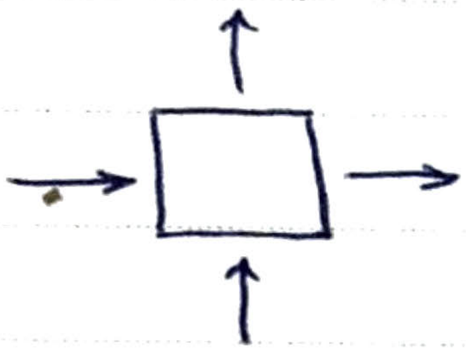
فصل هفتم Natural convection

دو حالت در انتقال حرارت داریم:

۱- h را داریم که در اینصورت داریم $q = hA\Delta T$

۲- h را نداریم؛

- حل معادلات Navier Stocks



$u = f(x,y)$, $T = f(x,y)$, $q = -k\left.\frac{\partial T}{\partial y}\right|_y$

↓ حل عددی simulation CFD

- Re و Pr را حساب می‌کنیم ← $Nu = f(Re, Pr)$ ← h را بدست می‌آوریم

تفاوت انتقال حرارت جابجایی آزاد و اجباری در چیست؟

چون باد با یک سرعت معین به سقف برخورد می‌کند یک جابجایی اجباری می‌باشد

ایجاد باد در منبع اصلی علت یک جابجایی آزاد است. جابجایی هوا؛

علت اختلاف دما و اختلاف دانسیته است. هنگامی که مکانیک سیالات مقدم بر

P4PCO

Subject: ص ۵۱
Year. ۹۴ Month. ۲ Date. ۱۹ ( )

انتقال حرارت وجود دارد یعنی سیال قبلاً سرعت دارد و حرکت آن با علت دمای سطح

و انتقال حرارت نیست که به آن جابجایی اجباری می گویند اما هنگامی که اختلاف

دما و انتقال حرارت سبب جابجایی سیال شود و مکانیک سیالات مقدم بر انتقال حرارت

باشد به آن جابجایی آزادی گویند

(۷-۱) و (۷-۲) مهم هستند

ضریب انبساط حجمی

$$Gr_x = \frac{g\beta(T_w - T_\infty)x^3}{\nu^2} \qquad \text{grashof number} \qquad (۷-۲۱)$$

$$Nu_x = 0.508\,(0.952 + Pr)^{-\frac{1}{4}}\, Gr_x^{\frac{1}{4}} \qquad (۷-۲۲)$$

انتقال حرارت تشعشعی سیال نداریم و با دما ~~ضریب~~ رابطه‌ی درجه ۴ دارد

تفاوت رابطه‌ی Nu در جریان‌های آزاد با اجباری چیست؟ در جریان اجباری Nu

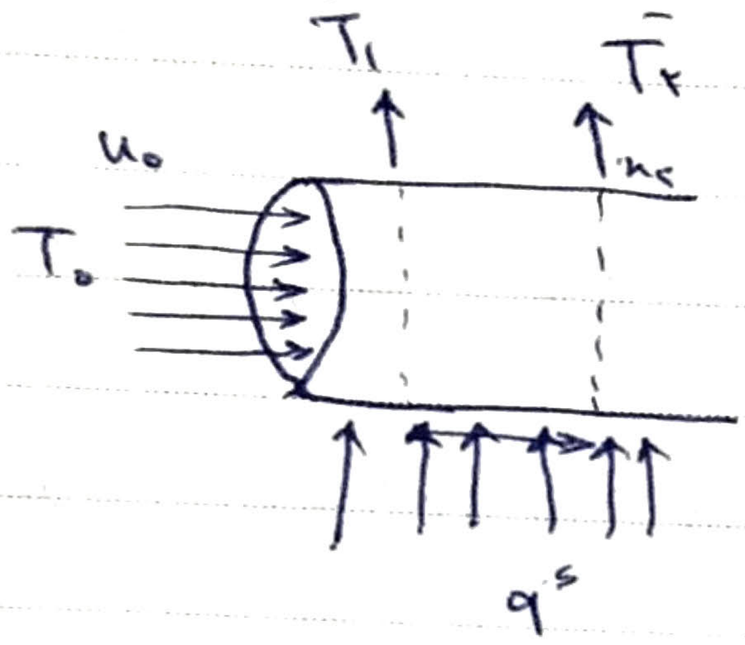
تابعی از Pr و Re می باشد که در Re سرعت جابجایی سیال اهمیت پیدا می‌کند

اما در جریان آزاد Nu تابعی از Pr و Gr می باشد که در Gr اختلاف دمای صفحه و سیال اهمیت پیدا می کند

Subject: ص ۵۲
Year. ۹۴ Month. ۲ Date. ۱۹( )

نمونه سوالات پایان ترم

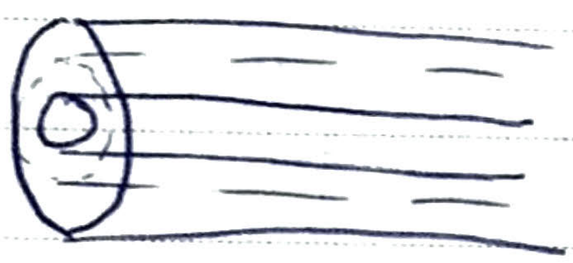
تعریف و مدل‌سازی انتقال حرارت پایدار و ناپایدار در بعدی و ۲ بعدی در محفظات مختلف.



$$\rho u_0 \pi R^2 C_p (\bar{T}_2 - T_0) = q^s (2\pi R . n_2)$$

$q = kA \frac{\partial T}{\partial n}$ چون q ثابت است با معادله‌ی رویرو نیازی نداریم

برای یافتن T_2 المان گیری کرده و balance می‌نویسیم



$$\frac{d}{dr}(q_r . A_r) = \frac{d}{dx}(\dot{m} . c . \rho . T(x))$$

T در هر نقطه‌ای از x تابعی از r می‌باشد و مقدار $\bar{T}_2$ متوسط دما در نقطه x_2 در راستای r می‌باشد

$$\rho . L . \pi r . V_r . c . T_{xr}\Big|_x - (\quad)_{x+\Delta x}$$

$$-k \cdot 2\pi r . \Delta x . \frac{\partial T}{\partial r}\Big|_{r+\Delta r} - (1_r = 0 \quad ①$$

با منبع حرارتی و ناپایدار طرف راست برابر می‌شود با:

PAPCO

Subject: ۵۳ س

Year. ۹۴ Month. ۲ Date. ۱۹ ( )

① +۹° $2\pi r\,dr.\Delta n - \frac{d}{df}(\rho.2\pi.r.dr.\Delta n.c.T)$

برای اشعان نیاز است sepration value

نیز مسئله Numerical method

سیستم Lamped ، تعریف و شرط استفاده و نحوه بدست آوردن آن مهم است

balance برای دو بعدی (شکل ۴-۵) مهم است و تا رسیدن به ۱۳-۵ مهم

است و حل انتگرالی نیاز نیست

۱۸-۵ جزء مسائل است

از ۱۹-۵ به بعد مطالعه‌ی آزاد است

۲۱-۵ درگیش مهم است

شکل ۶-۵ در رسیدن به ۲۲-۵ مهم است

تا ۳۸.۵ مطالعه‌ی آزاد است و ۳۸.۵ خودش مهم است

فلزات مذاب و سیکوزیته‌ی بالایی ندارند و ضریب k زیادی دارند و دارای عدد Pr

پایینی هستند

PqPCO