پروژه
اول

1- پروژه ی اول

آبدادن یا (Quenching) یک از مراحل مهم صنعتی در تولید انواع فلزات آلیاژی و معمولی می باشد . در طی این فرآیند قطعه فلز مورد نظر تا دمای مشخصی, که کاملا به نمودارهای فازی آن بستگی دارد, حرارت داده می شود. سپس به طور یکدفعه در داخل حمامی از مایع (که معمولا روغن است) و در دمای پایین تری قرار دارد انداخته می شود. حال بسته به آنکه هر نقطه از ماده چه مقدار و در چه دمایی بماند خواص تک تک نقاط بهبود می یابد. پس, نتیجتا داشتن توزیع دمای کامل یک قطعه در یافتن خصوصیات مکانیکی جدید آن، ما را یاری خواهد کرد. توزیع دما در ماده به عواملی همچون دمای قطعه و سیال, خصوصیات هدایتی سیال, شکل قطعه و غیره بستگی پیدا می کند.

برای سادگی می توان در نظر گرفت که انتقال حرارت از سیال به جامد در ابتدا به قدری سریع صورت گرفته است(عدد بایوت بزرگ) که باعث شده دمای سطح فلز به دمای سیال برسد.

در این پروژه می خواهیم این توزیع دما را برای سه هندسه متفاوت یعنی دیوار نامتناهی, استوانه با طول نا متناهی و کره, که ضخامت دیوار و قطر استوانه و کره هر سه برابر D است, به دست آوریم.

قطعه مورد نظر از جنس آلومینیوم با مشخصات زیر است:

$$K = 186 \ \frac{W}{m \cdot K}$$

$$\rho = 2780 \ \frac{kg}{m^3}$$

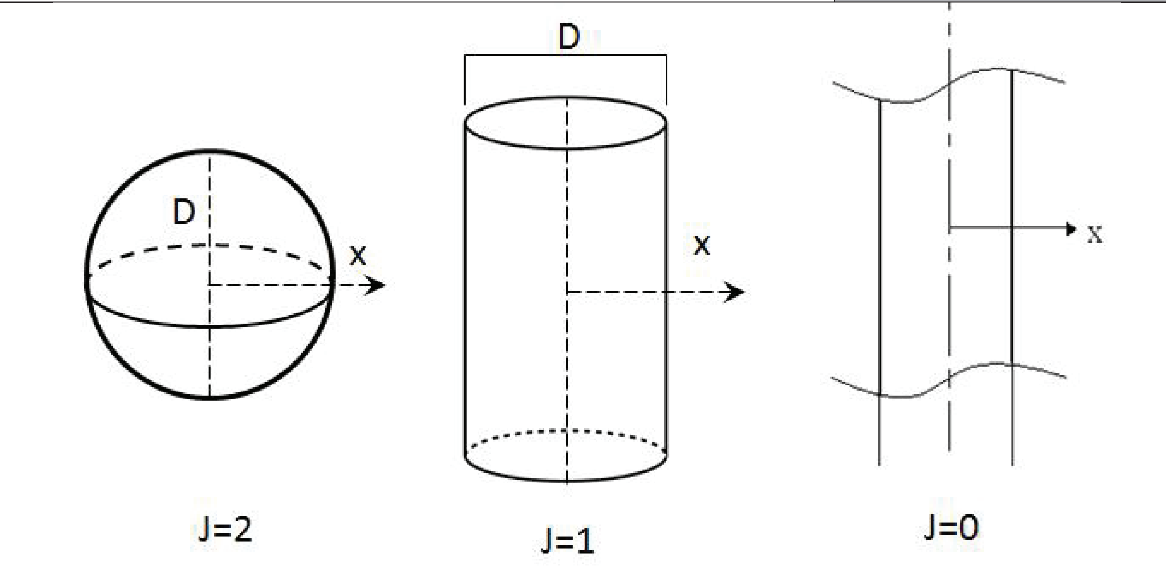
$$C = 880 \ \frac{J}{kg \cdot K}$$

سایر شرایط این مسئله عبارتند از:

قطعه دارای دمای اولیه $600\ ^{\circ}C$ است که در تمام نقاط فلز یکنواخت است. سیال مجاور آن یک سیال با ضریب انتقال حرارت بالا در نظر گرفته شده است. لذا برای این مسئله دمای سطح فلز در هر لحظه برابر است با دمای حمام یعنی $80\ ^{\circ}C$.

در زیر اشکال مورد بررسی به همراه سیستم مختصات مطلوب و ابعاد هندسی ارائه شده است:

شکل 1	احجام پروژه



2- مقدمه

در این پروژه هدف تحلیل عددی مسئله انتقال حرارت ناپایا در سه قطعه شرح داده شده است. به عبارتی می خواهیم چگونگی اطلاع یافتن مرکز از تغییر دمای سطح را بدانیم و نیز از توزیع دمای نقاط در هر لحظه اطلاع حاصل کنیم. به طور خلاصه می خواهیم اطلاعات زیر را از این مسئله به دست آوریم:

1-زمان رسیدن دمای مرکز هر کدام از اجسام به دماهای 480, 460, 430, 300و 150 درجه

2- توزیع دما در جسم در هریک از این زمان ها

حل دقیق انتقال حرارت غیر دائم برای حجم‌های مورد نظر توسط فوریه ارائه شده است[2]، اما نتایج این حل بصورت سری‌های نامتناهی می‌باشد که محاسبه مقدار دقیق آن ممکن نیست و نیاز به استفاده از کامپیوتر برای محاسبه مقدار تقریبی آن می‌باشد. در حل عددی اعمال خصوصیات متغییر برای فلز در دماها و مکان‌های مختلف

بسادگی امکان پذیر است که از جمله مزایای بارز حل عددی می‌باشد. البته در حل عددی نیز ساده سازی‌هایی انجام می‌شود که اعمال هر کدام بدقت و با بررسی تاثیرات آن باید انجام گیرد. از جمله مواردی که می‌تواند تاثیر زیادی بر حل داشته باشد، اعمال مقدار معقولی برای سرعت نفوذ گرما بداخل فلز است. در حل عددی، در هر تکرار بدون توجه به گام زمانی، تاثیرات دما از یک گره به گره بعدی منتقل می‌گردد. گام زمانی بیش از حد بزرگ حل را دچار مشکل می‌کند، حال آنکه بنظر می‌رسد کاهش گام زمانی (به اندازه‌ای که از توان کامپیوتر خارج نباشد) تاثیر کمتری بر حل دارد، با وجود اینکه از نظر فیزیکی جای بحث دارد.

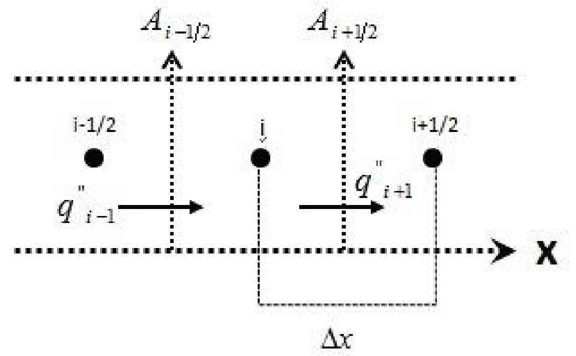
در ادامه پروژه ابتدا به بیان معادلات حاکم, نحوه تفکیک کردن آن ها, شرایط مرزی و در نهایت نتایج و نمودارها پرداخته شده است.

3- روش حل مسئله

3-1- بررسی معادلات حاکم بر مسئله

فرض کنید که حجم مورد نظر را به المان‌های کوچکی تقسیم کرده اید. حال کافی است که تنها برای یک المان دلخواه معادلات را استخراج نماییم. برای این منظور المانی به صورت شکل زیر در نظر گرفته شده‌است.

شکل 2 حجم کنترل فرضی



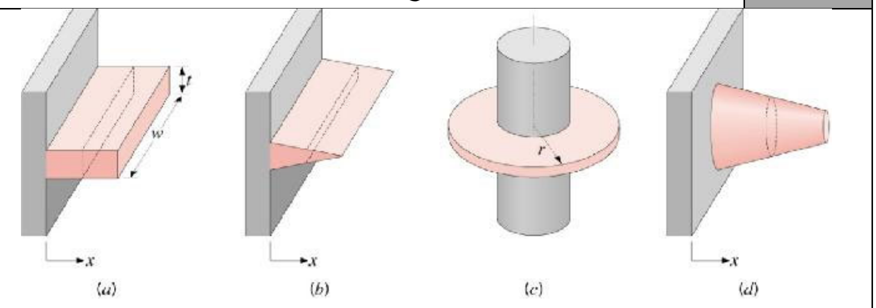
پروژه
دوم

1- پروژه ی دوم

سطوح گسترش یافته یا همان فین (fin) سطوحی هستند که از اجسام امتداد می یابند تا بدین وسیله با افزایش سطح اجسام ، تبادل حرارت رابا محیط از طریق همرفت و تشعشع افزایش دهند . اصولاً برای دفع حرارت از سطوحی که در معرض دمای زیادی قرار دارند ، یکی از راه های متداول استفاده از سطوح گسترش یافته می باشد . البته همیشه استفاده از آنها مقرون به صرفه نیست و می بایست با انجام محاسبات طول ، عرض و شکل بهینه ی آنها را با توجه به فیزیک مسئله بدست آورد .

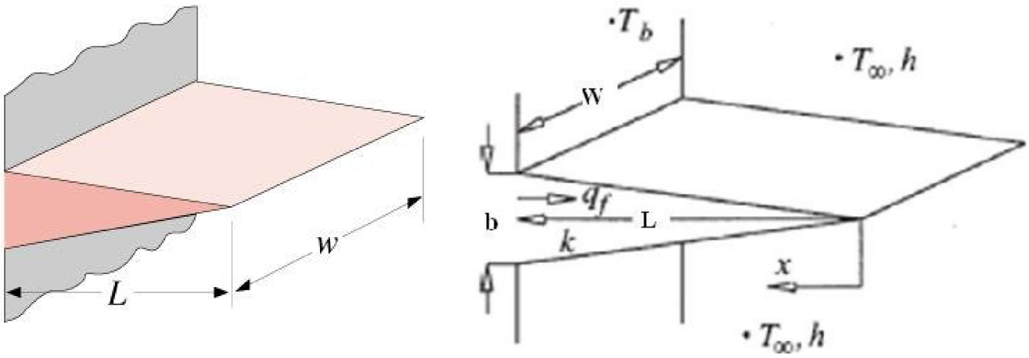
فین ها دارای انواع مختلفی هستند . از انواع آن می توان به فین های طولی با پروفیل‌های مستطیلی ، مثلثی ،ذوزنقه ای و سهموی اشاره کرد .

شکل 1 انواع مختلف فین ها



در این پروژه هدف بررسی فین با مقطع مثلثی می باشد . مسئله یک بار با فرض جابجایی در نوک فین و دیگر بار با جابجایی و تشعشع مطرح شده و توزیع دما را در طول فین بدست می آوریم . شکلی از فین به همراه مختصات مسئله را در شکل 2 می بینید .

شکل 2	فین با مقطع مثلثی – دستگاه مختصات و هندسه مسئله



فرض کنید که در این فین مثلثی W>>L است و L=7 cm و b=2 cm باشد. با استفاده از روش حجم کنترل معادله‌ی انرژی را در حالت پایدار منفصل نمائید. محاسبات را برای فولاد نرم به همراه 30 حجم کنترل داخلی انجام دهید. خصوصیات فولاد نرم به شرح ذیل است:

K=60 W/m-K , ρ = 7800 Kg/m3 , C=430 J/Kg-K

همچنین فرض نمایید که $h=12\ W/m^2K$ باشد که برای شرایط همرفت کم هوای اطراف پره با دمای $T_\infty=300K$ مناسب است. دمای پایه 500 K می‌باشد. ملاحظات لازم می‌بایست برای نوک پره بر اساس بحث‌های کلاس انجام گیرد. این پروفیل سرعت و بازده‌ی آن را با نتایج تحلیلی مقایسه نمائید.

برای این هندسه و تحت همین شرایط مسئله را برای میدان دما، به هنگامی که تشعشع در دمای

a) T∞=300 K

b) T∞=0 K

و با فرض وجود جسم سیاه (ε=1) در سطح پره رخ می‌دهد، حل کنید. از آنجایی که این مسئله غیر خطی می باشد از هر سه روش خطی سازی ترم شار حرارتی تابشی بهره بگیرید .

2- مقدمه

برای فین ها حل تحلیلی به سادگی قابل حصول است و در کتاب ها و مراجع مختلف ارائه شده است برای مثال در ذیل روابط تحلیلی موجود برای فین ذوزنقه ای که حالت عمومی‌تر فین مثلثی و فین مستطیلی است آورده شده است:

$$(1)\begin{cases} \dfrac{\theta}{\theta_b} = \dfrac{I_0(2m\sqrt{bx})K_1(2m\sqrt{bx_e}) + K_0(2m\sqrt{bx})I_I(2m\sqrt{bx_e})}{I_0(2mb)K_1(2m\sqrt{bx_e}) + K_0(2mb)I_1(2m\sqrt{bx_e})} \\ q_f = km\delta_b L\theta_b \dfrac{I_1(2mb)K_1(2m\sqrt{bx_e}) - K_1(2mb)I_I(2m\sqrt{bx_e})}{I_0(2mb)K_1(2m\sqrt{bx_e}) + K_0(2mb)I_1(2m\sqrt{bx_e})} \\ q_{\mathrm{id}} = 2Lbh\theta_b \end{cases}$$

جهت به دست آوردن روابط برای فین مثلثی کافی است $X_e = 0$ قرار داده شود.

این روابط بر مبنای فرضیات ذیل قابل حصول است:

1-انتقال حرارت هدایت در فین steady و یک بعدی است.

2- جنس ماده فین همگن و ایزوتروپیک است.

3- تولید انرژی در فین وجود ندارد.

4- محیط اطراف دارای ضریب جابجایی و دمای ثابتی است.

5- فین ضریب هدایت گرمایی ثابتی دارد.

6- تماس بین پایه فین و سطح اولیه که فین روی آن نصب شده است ایده‌آل است.

7- دمای پایه فین ثابت است.

3- روش حل مسئله

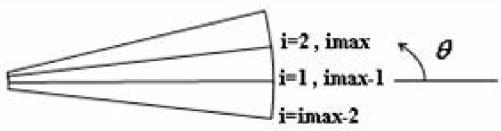
در ادامه این گزارش ابتدا به بیان حل تحلیلی برای این مسئله خاص و سپس نحوه گسسته سازی معادلات و در نهایت ارائه نتایج پرداخته شده است. اهداف این پروژه علاوه بر مقایسه نتایج تحلیلی و عددی در یک فین با سطح

پروژه

سوم

1- پروژه ی سوم

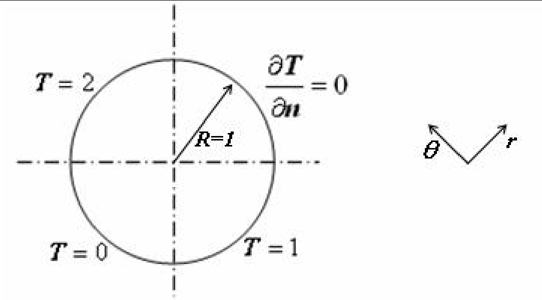
انتقال حرارت هدایت گذرا در یک مقطع استوانه ای توپر پدیده ای است که در این پروژه به آن پرداخته شده است. این پدیده در فرآیند سرد کردن یا گرم کردن قطعات کاربرد دارد. این پروژه همانند پروژه اول بوده با این تفاوت که شرایط مرزی روی سطح استوانه متغیر است و با تکرار حل و جاروب در دو جهت شکل پریودیک به خود می گیرد که نیازمند یک حل کننده سه قطری پریودیک دارد. در نوشتن این پروژه از حالت یک خط همپوشانی استفاده شده است که المان مخصوص به آن در شکل 1 نمایش داده شده است .

المان حل یک خط مشترک	شکل 1
	

استوانه‌ی جامد توپر در این پروژه به اندازه‌ای طویل است که می توان از اثرات دو لبه آن و انتقال حرارت هدایت محوری در آن کاملا صرفنظر نمود لذا دما فقط تابعی از r,θ است. در صورتی که شرایط مرزی اطراف نیز مشابه باشد انتقال حرارت یک بعدی و تابع r است که موضوع پروژه اول بود. شرایط مرزی را همانطور که در شکل 2 نشان داده شده است در نظر بگیرید که به هر ربع از دایره شرط مرزی متفاوتی اعمال می شود.

برای حل مسئله فرض کنید که دمای اولیه استوانه صفر بوده و $k=\rho=C_p=1$ باشد. از شرط مرزی پریودیک در جهت θ استفاده کرده و منفرد بودن مبدا را با قرار دادن سطح حجم کنترل صفر در مبدا از محاسبات حذف نمایید. توزیع دمای استوانه را در چهار زمان رسم نمایید. می توان برای آزمایش درستی حل چند شرایط مرزی مختلف را مورد بررسی قرار داد .

شکل 2	شرایط مرزی پریودیک حل

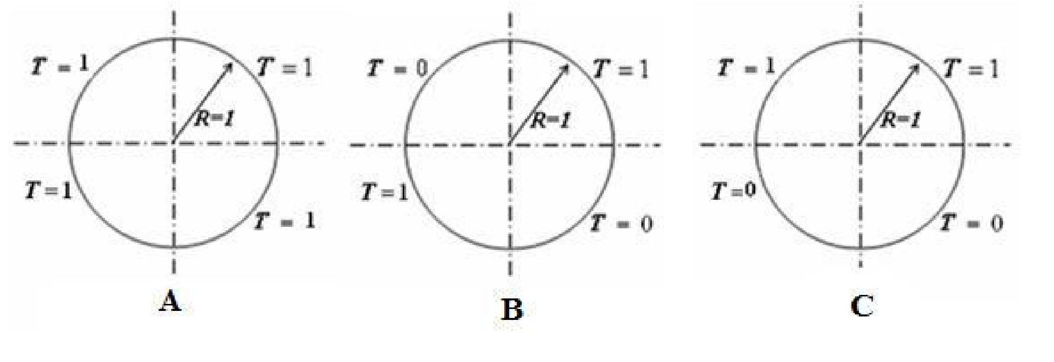


1-1- مقدمه

همانطور که در معرفی پروژه بیان شد در این پژوهش هدف محاسبه توزیع دما و انتقال حرارت گذرا در داخل یک استوانه می باشد. برای این منظور در ادامه ابتدا به استخراج معادلات حاکم بر مسئله, نحوه گسسته سازی معادلات به روش حجم کنترل و سپس به بیان شرایط مرزی, محاسبات هندسی, دقت و پایداری روش مذکور و در نهایت نتایج و نمودارهای مربوطه خواهیم پرداخت.

روش حجم کنترل به کار گرفته شده در این پروژه روشی است که مستقل از دستگاه مختصات می باشد و در اکثر پروژه ها این روش به جهت پایداری مناسب از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. از آنجایی که روش مورد نظر و کُد باید مورد تست و بررسی قرار گیرد تا درستی آنها ثابت شود لذا برای شرایط مرزی متقارن شکل 3 که نتیجه معلومی دارند آزمایش هایی صورت گرفت که نتایج آن در قسمت نتایج ارائه شده است.

شکل 3 — شرایط مرزی پریودیک متقارن



2- روش حل مسئله

2-1- بررسی معادلات حاکم بر مسئله

معادله حاکم بر این مسئله همان معادله انرژی یا قانون اول است که به صورت زیر می باشد:

$$\frac{\partial}{\partial t}\iiint_{cv}\rho C_p T\,dV + \iint_{cs}\rho C_p T\,\vec{V}.d\vec{A} = \iint_{cs} k\,\vec{\nabla}T.d\vec{A} \qquad (1)$$

با ملاحظه اینکه سرعت برابر صفر است, برای یک حجم کنترل دلخواه معادله فوق به صورت زیر درمی آید:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t}V_{ij} = \left(kA\frac{\partial T}{\partial n}\right)_N - \left(kA\frac{\partial T}{\partial n}\right)_S + \left(kA\frac{\partial T}{\partial n}\right)_W - \left(kA\frac{\partial T}{\partial n}\right)_E \qquad (2)$$

با توجه به شکل 4 و با ثابت در نظرگرفتن ρ, C_p, k ($\alpha = k/\rho C_p$) شکل تفاضلی معادله عبارت است از:

$$\frac{\partial T}{\partial t}V_{ij} = \alpha\left[\left(\frac{\partial T}{\partial n}A\right)_N - \left(\frac{\partial T}{\partial n}A\right)_S + \left(\frac{\partial T}{\partial n}A\right)_W - \left(\frac{\partial T}{\partial n}A\right)_E\right] \qquad (3)$$

پروژه چهارم

1- پروژه ی چهارم

جریان خزشی یا جریان استوکس جریانی است که در آن نیروی اینرسی جابجایی سیال در مقابل نیروی ویسکوز ناچیز باشد . این پدیده در حالات زیر رخ می دهد :

1. در جریان سیال با سرعت بسیار کم
2. در رینولدز های ناچیز
3. ویسکوزیته بالای سیال
4. ابعاد هندسی کوچک مسئله (نهایتا با شرط 2 برابری می کند)

در چنین جریانی ترم های جایجایی از اهمیت کمی برخوردار خواهند بود و می توان از آن ها صرف نظر کرد که این نتیجه با توجه به معادله بدون بعد مومنتوم نیز قابل حصول است. لذا جریانی را که توسط نیروهای ویسکوز، فشار و حجمی محدود شده‌اند را جریان خزشی گویند. اگر خواص سیال ثابت فرض شود, معادله مومنتوم خطی خواهد شد که در آن صورت به آن‌ها معادلات استوکس گفته می شود. همچنین به خاطر سرعت پایین می‌توان از ترم ناپایا صرفنظر کرد. نمونه ای از جریان خزشی را می توان در دیواره های متخلخل, تکنولوژی پوشش دهی, ابزارهای ریز و غیره یافت.

جریانی با مشخصه طولی L و سرعت U را در نظر می گیریم:

$$V_i^* = \frac{V_i}{U} \quad \text{و} \quad X_i^* = \frac{X_i}{L}$$

در جریان‌های خزشی نیروی فشار با نیروی لزجت موازنه می شود و بنابراین Scale , $\frac{P}{\frac{1}{2}\rho U^2}$, مناسب نیست زیرا همانطور که بیان شد نیروهای اینرسی قابل صرف نظر کردن است. در چنین جریانی Scale مناسب عبارت است از:

$$P^* = \frac{P - P_0}{\mu U / L}$$

با استفاده از این متغیرها معادله مومنتوم بدون بعد (با حذف *) به صورت مقابل است:

$$\mathrm{Re}\frac{D\overline{V}}{Dt} = -\overline{\nabla}P + \nabla^2\overline{V} \tag{1}$$

و وقتی $\mathrm{Re} \to 0$ معادله به صورت زیر ساده می شود:

$$\overline{\nabla}P = \nabla^2\overline{V} \tag{2}$$

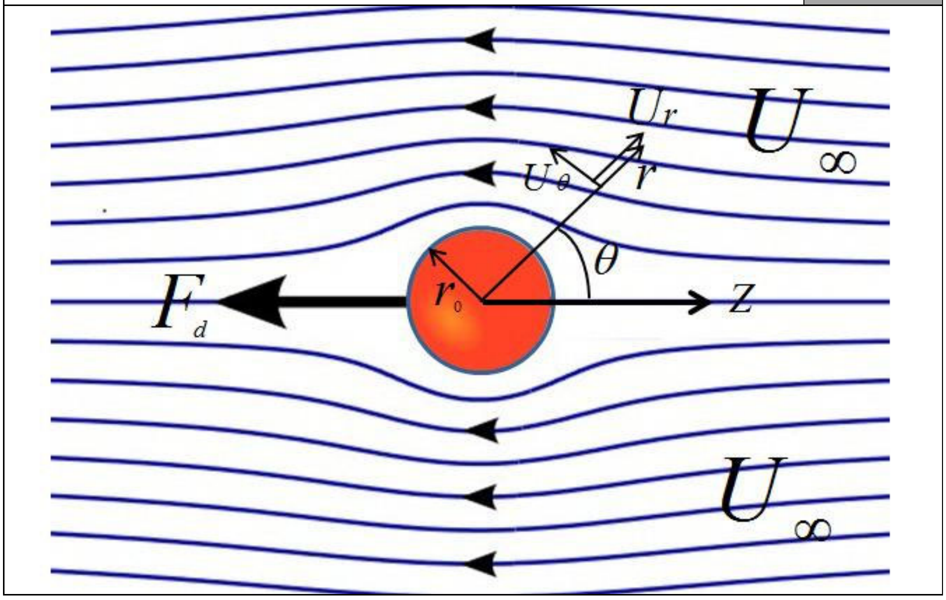
و با گرفتن دیورژانس از معادله فوق داریم:

$$\nabla^2 P = 0 \tag{3}$$

بنابراین در صورتی که شرایط مرزی فشار معلوم باشد, توزیع فشار را می توان مستقل از حوزه سرعت بدست آورد.

در این پروژه هدف اختصاصا بررسی جریان خزشی روی کره می باشد. در شکل زیر نمایی از هندسه و محورهای مختصات حاکم بر مسئله را ملاحظه می نمایید.

شکل 1	هندسه مسئله



پس ساده سازی های انجام شده روی معادله مومنتوم و به دست آوردن ψ , در نهایت سرعت های حاکم بر مسئله به صورت زیر در می آید:

$$\frac{u_r}{U} = -\tfrac{1}{2}\, Cos\,\theta \left[\left(\frac{r_0}{r}\right)^3 - 3\left(\frac{r_0}{r}\right) + 2 \right] \tag{4}$$

$$\frac{u_\theta}{U} = \tfrac{1}{4}\, Sin\,\theta \left[-\left(\frac{r_0}{r}\right)^3 - 3\left(\frac{r_0}{r}\right) + 4 \right] \tag{5}$$

1-1- مقدمه

در این پروژه هدف محاسبه توزیع دما و انتقال حرارت حول یک کره در عدد رینولدز Re=0.1 و برای اعداد پرانتل Pr=10,100,1000 می باشد. برای این مسئله میدان سرعت از تابع ψ جریان استوکس بدست می آید که در معادلات 4 و 5 بیان گردید که برای بدست آوردن توزیع دما از معادله انرژی حول یک کره کافی است.
برای حل مسئله از معادله انتگرالی انرژی آغاز و با استفاده از تحلیل حجم کنترل شکل گسسته معادله انرژی حاصل و سپس به کمک متد نوع *ADI* اقدام به حل آن می شود. محیط حل برای این مسئله کره ای به شعاع 5 برابر شعاع اصلی می باشد. در قسمت های زیر به بیان روش گسسته سازی و حل مسئله پرداخته شده است.

2- روش حل مسئله

2-1- بررسی معادلات حاکم بر مسئله

2-1-1 بدست آوردن معادله ی کلی

معادله حاکم بر این مسئله همان معادله انرژی یا قانون اول است که به صورت زیر می باشد:

$$\frac{\partial}{\partial t}\iiint_{cv} \rho C_p T dV + \iint_{cs} \rho C_p T\, \vec{V}.d\vec{A} = \iint_{cs} k\, \vec{\nabla} T . d\vec{A} \tag{6}$$

و همچنین داریم :