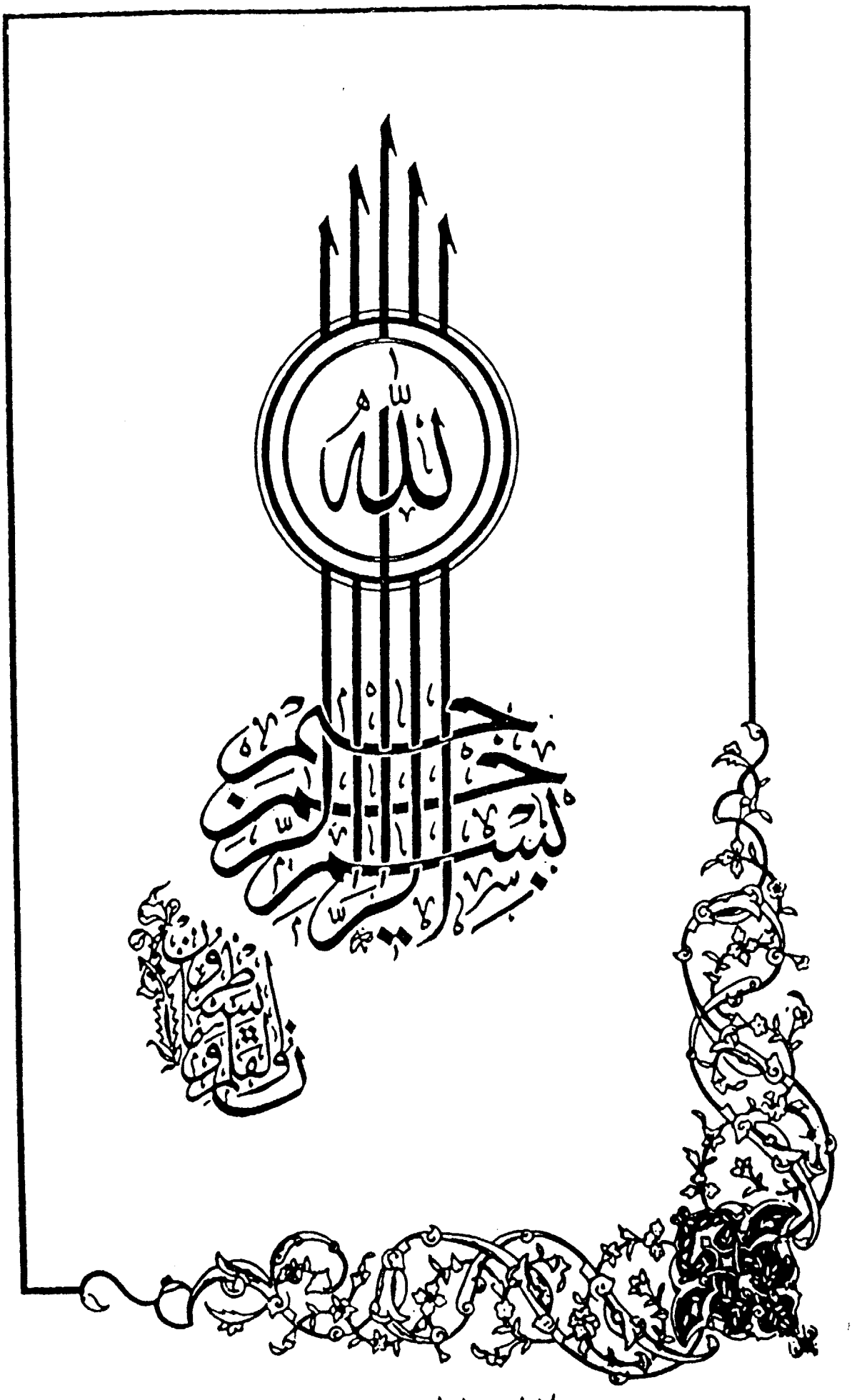


٣٣٠٢٢

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مکانیک

۱۰۱۰۱۰

حل عددی جریان حول دودکش

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

۱۳۸۰ /۱/ ۱۰

میرزا جلال سامی

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

استاد راهنما

دکتر احمد رضا عظیمیان

۱۳۷۹

۳۳۰۲۲

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی) آقای میرزا جلال سامی

تحت عنوان

حل عددی جریان حول دودکش

در تاریخ ..... توسط کمیته زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر احمد رضا عظیمیان
۲- استاد مشاور پایان نامه	دکتر محمد سعید سعیدی
۳- استاد داور	دکتر محسن دوازده امامی
٤-استاد داور	دکتر احمد رضا پیشه‌ور
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر حسن خادمی زاده

تشکر و قدردانی

سپاس مر حق را که مرا آفرید و توفیق آموختن را نصیبم کرد و تا رسیدن به این مرحله از تحصیل یاریم فرمود. از اعضای خانواده‌ام، به‌ویژه پدر و مادرم که همواره مشوق من در طول دوران تحصیل بوده‌اند و در این راه زحمات زیادی را متحمل شدند، صمیمانه تشکر می‌کنم.
از استاد گرامی جناب آقای دکتر احمد رضا عظیمیان به خاطر تعریف پروژه حاضر و راهنمائی‌های بی‌دریغشان در انجام این پروژه تشکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین از آقایان دکتر محمد سعید سعیدی و دکتر محسن دوازده امامی که زحمت بازخوانی و رفع نواقص این پایان نامه را به عهده گرفتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم. در پایان از تمام اساتید و دوستان به خصوص از دوست خوبم آقای سید مهدی نقوی، که به نحوی در انجام این پروژه مرا یاری نمودند، تشکر می‌کنم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات ،
ابتکارات و نو آوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... شش
چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- آلودگی هوا ۲
۱-۳- انتقال جرم ۵
۱-٤- معرفی مسئله ٦
۱-۵- تشریح محدودیتها ۸

فصل دوم: معادلات حاکم بر جریان متلاطم

۲-۱- مقدمه ۱۰
۲-۲- معادلات حاکم ۱۰
۲-۳- مدلهای اغتشاش ۱٤
۲-٤- مدلهای صفر معادله‌ای ۱۷
۲-۵- مدلهای یک معادله‌ای ۱۸
۲-٦- مدلهای دو معادله‌ای ۲۰

فصل سوم: معادلات اختلاف محدود و روش حل آنها

۳-۱- مقدمه ۲٦
۳-۲- شبکه‌بندی ۲۷
۳-۳- روش تولید شبکه ۲۸
۳-٤- روشهای تولید معادلات اختلاف محدود ۳۱
۳-۵- خطی کردن جملات چشمه ۳۷
۳-٦- معادله اصلاح فشار ٤۱
۳-۷- روش حل معادلات جبری ٤٤

فصل چهارم: شرایط مرزی

٤-۱- مقدمه ٤۹
٤-۲- معرفی مرزها ٤۹
٤-۳- ورودی جریان ۵۰

٤-٤- خروجی جریان..... ٥١
٤-٥- جریان آزاد..... ٥٢
٤-٦- محور تقارن..... ٥٣
٤-٧- دیوار صلب..... ٥٣

فصل پنجم: برنامه رایانه‌ای

٥-١- مقدمه..... ٦٢
٥-٢- معرفی برنامه..... ٦٢

فصل ششم: نتایج

٦-١-مقدمه..... ٦٩
٦-٢- معرفی..... ٧٢
٦-٣- اجرای اول..... ٧٥
٦-٤- اجرای دوم ١٠٦
٦-٥-اجرای سوم ١٢٥
٦-٦-اجرای چهارم..... ١٣٦
٦-٧-اجرای پنجم..... ١٤٧
٦-٨-اجرای ششم..... ١٥٨
سخن آخر..... ١٧٣
مراجع ١٧٥
چکیده انگلیسی ١٧٧

۳۳.۲۲

چکیده

آلودگی محیط زیست امروزه در زمره بزرگترین مشکلات زندگی انسانهاست. یکی از انواع مهم این نوع آلودگیها، آلودگی هوا می‌باشد. از جمله پیامدهای ناشی از آلودگی هوا می‌توان به مواردی از قبیل افزایش بیماریهای تنفسی در میان گروههای مختلف سنی انسانها، تخریب لایه ازن، افزایش مرگ و میر جانوران، تخریب جنگلها و فضاهای سبز و غیره اشاره کرد. یکی از منابع آلوده‌کننده هوا، دودکشها هستند که با فعالیت خود مواد مختلفی همچون ذرات نسوخته کربن، مونوکسیدکربن، خاکستر و گازهای ناشی از ناخالصی سوخت را وارد هوای محیط اطراف خود می‌کنند. در این رساله سعی‌شده‌است که نحوه پخش آلودگی تولید شده توسط فعالیت دودکشها در محیط پیرامون، مشخص شود. این‌کار از طریق حل معادلات نویر-استوکس سه بعدی و در حالت متلاطم و با دو معادله k و ε و معادله انتقال جرم، به روش سیمپل انجام شده و توزیع سرعت و غلظت آلودگی به‌دست‌می‌آید. نتایج حاصل توسط نمودارهای خطوط جریان، بردارهای سرعت و کانتورهای غلظت آلودگی در صفحات انتخابی آورده شده‌اند. برای حصول اطمینان از صحت عملکرد برنامه، ابتدا نتایج حاصل از این برنامه را با نتایج به دست آمده توسط دیگران مقایسه کرده و پس از حصول اطمینان به بررسی مسئله مورد نظر می‌پردازیم.از اطلاعات به دست آمده در مورد غلظت آلودگی هوا می‌توان برآوردی بر محدوده ساخت و ساز اماکن در اطراف دودکشها به‌دست آورده و در امر بهبود محیط زیست نیز از آن استفاده کرد. برنامه در رایانه شخصی پنتیوم ۱۶۶ اجرا شده و زمان یک اجرای آن در حدود ۵۰ ساعت می‌باشد.

فصل اول

مقدمه

۱-۱-مقدمه

در این فصل ابتدا بحث مختصری درباره آلودگی هوا و پیامدهای ناشی از آن انجام می‌شود. درادامه فصل به معرفی مسئله و روش حل آن پرداخته و در پایان محدودیتهای موجود در انجام این تحقیق بررسی می‌شوند.

۱-۲-آلودگی هوا

در سالهای اخیر توجه زیادی به محیط زیست شده‌است و اصطلاحات جدیدی مانند اکولوژی، محیط زیست، مه دود فتوشیمیایی و اثرات گلخانه‌ای در مکالمات وارد گردیده‌اند. در همین حال به مشکلاتی از محیط پی‌برده‌ایم که معلول استفاده از تکنولوژی بسیار پیشرفته‌ای است که برای تامین رفاه مادی، مورد نیاز بوده‌است.

از جمله این مشکلات، اثرات آلودگی هواست که باعث افزایش بیماریهای تنفسی در میان سالخوردگان، جوانان وکودکان، کاهش میزان دید، خسارت به گیاهان و حیوانات گردیده‌است واثرات آن در سطح جهانی فاجعه‌آمیز می‌باشد.

درگذشته طبیعت این فرصت را داشت که به ترمیم خرابیها بپردازد ولـی امـروزه انسـان خـودپسـندانه از هـوا استفاده نابجا می‌کند و با جهشی که برای بالا بردن رفاه خود نموده، محیط خفقان‌آوری برای خـود و دیـگران ایجادکرده‌است.

متخصصین و دانشـمندان سراسـر جـهان در امـر بـهبود محیـط زیسـت کـه پـاکیزگی هـوای تنفسـی یکـی از جنبه‌های آن است دست به فعالیتهای گوناگونی زده‌اند که متأسفانه بـه علـل مختلـف از جملـه وجـود وسـائط نقلیه وصنایع بیشمار، نتوانسته‌اند به طور مطلوب شرایط محیطی را بهبود بخشند.

سه اثر جهانی آلوده‌کننده‌های هـوا کـه توسـط انسـان و طبیعـت حـاصل می‌شـوند بـه صـورت زیـر تعریـف می‌شوند.[۱].

۱) اثرگلخانه‌ای به علت وجود CO_2 .

۲) اثر ذرات معلق بر روی تعادل حرارتی زمین–جو.

۳) تغییر آب و هوا که از استفاده و اتلاف همه جانبه انسان از انرژی ناشی می‌شود.

منابع آلوده‌کننده هوا به چهار گروه تقسیم می‌شوند.[۲].

۱) وسائط نقلیه موتوری.

۲) صنایع و کارخانجات.

۳) منابع گرمایش خانگی و تجاری.

٤) منابع متفرقه مانند سوزاندن زباله وغیره.

از جمله منابع آلوده‌کننده هوا دودکش‌ها هستندکه در ادامه روند آلـوده شـدن هـوا توسـط دودکش‌هـا را بررسی می‌کنیم.

مواد خروجی از دودکشها حاصل فعالیتهای احتراقی در کوره‌ها هستند.کوره فضای محـدودی اسـت کـه در آن با سوزاندن سوخت، حرارت تولید می‌شود.به علت وجود هوای بسـیار زیـاد و یـا بسیار کـم، درجـه حرارت خیلی پایین، کم بودن زمان احتراق و یا به علت تمـام مـوارد فـوق، احـتراق نـاقص انجـام شـده، در نتیجه مواد خروجی ثانوی از طریق دودکش هوا را آلوده می‌کنند. ایـن مـواد شـامل ذرات نسـوخته کربـن، مونوکسیدکربن، خاکستر و گازهای ناشی از ناخالصی سوخت است.

در پخش آلودگی توسط دودکش‌ها دانستن جهت و سـرعت بـاد بـرای پیش‌بینـی پراکنـدگی موادآلـوده کننده اهمیت خاصی دارد. منظور از جهت باد سمتی است که از آنجا باد می‌وزد. در ادامـه بحـث آلـودگی نحوه حرکات ستون دود را بررسی می‌کنیم.

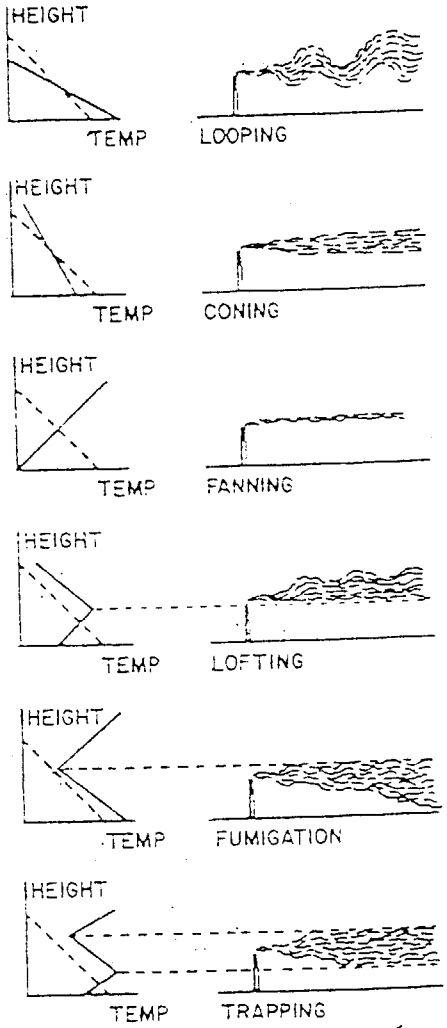
شکل(۱-۱)شش نوع حرکت را برای ستون دود نشان می‌دهد. همان گونه که در سـمت چـپ ایـن شـکل دیده می‌شود، پخش ستون دود مستقیماً به گرادیان عمودی دما، بستگی‌دارد.[۲].

۱-حرکت حلقه‌ای[1]:

حرکت حلقه‌ای موقعی اتفاق می‌افتد که گرادیان عمودی دما در حالت فوق بی‌درو و هوا خیلی متلاطم باشد.(خط‌چینها نشان‌دهنده گرادیان عمودی دما در حالت بی‌درو می‌باشد).

۲-حرکت قیفی[2]:

این حرکت زمانی به‌وجود می‌آید که گرادیان عمودی دما در حالت کمتر از بی‌درو باشد و لکن از حالت همدمائی کمتر باشد. در این حالت ستون دود به شکل یک قیف درمی‌آید و پراکندگی آهسته‌تر از حالت حلقه‌ای انجام می‌گیرد ولی فاصله‌ای که در آنجا پایین ستون دود به زمین برخورد می‌کند، بزرگ‌تر از حالت حلقه‌ای است و بیشتر در هوای ابری و یا در شبهایی‌که باد ملایم می‌وزد اتفاق می‌افتد.



شکل(۱-۱) شش نوع حرکت مختلف برای ستون دود [۲]

1-Looping 2-Coning

۳-حرکت بادبزنی[۱]:

این حرکت زمانی پیش می‌آید که گرادیان دما مثبت باشد و آن زمانی است که وارونگی دما هم در بالا و هم در پایین ستون دود وجود داشته باشد.

٤-حرکت بالا رونده[۲]:

این حرکت زمانی واقع می‌شود که تنها یک وارونگی و آن هم در قسمت پایین ستون دود وجود داشته باشد و در این صورت ستون دود به سوی زمین اختلاط پیدا نمی‌کند. این حالت ممکن است بعد از ظهرها، هنگامی که وارونگی تشعشعی زمین توسعه می‌یابد، به وقوع بپیوندد.

۵-حرکت دودی[۳]:

حرکت فوق در نتیجه شکسته شدن وارونگی دمای سطحی زمین حاصل می‌شود و در حالت طبیعی بیشتر از یک دوره سی دقیقه‌ای به طول نمی‌انجامد.

٦-وضعیت محبوس[٤]:

وضعیت محبوس در شرایطی ظاهر می‌شود که در آن ستون دود بین پایه‌های دو وارونگی دما قرار گیرد که در این صورت فقط تا ارتفاع محدودی می‌تواند پراکنده شود.

در پایان بحث آلودگی ذکر این مطلب لازم است که در این پژوهش هدف بررسی جریان حول دودکش می‌باشد اما به دلیل اهمیت مسئله آلودگی هوا، نیاز به توزیع غلظت می‌باشد و برای اینکار می‌بایست، معادله غلظت هم حل شود که در ادامه بحث مختصری راجع به انتقال غلظت(جرم)ارائه می‌شود.

۱-۳-انتقال جرم:

انتقال جرم به وسیله انتقال یک ماده به داخل یک ماده دیگر در مقیاس مولکولی مشخص می‌شود. مثلاً وقتی آب از درون یک استخر به درون جریان هوائی که بر روی سطح آب در حرکت است، برخورد کند، تبخیر می‌گردد، مولکولهای آب از میان مولکولهای هوای روی سطح به درون توده هوا نفوذکرده و ازآنجا به بیرون برده می‌شوند. در این قبیل مسائل انتقال جرم در اثر اختلاف غلظت انجام گرفته و ماده نفوذ کننده از محلی با غلظت بیشتر به محلی که دارای غلظت کمتری است، منتقل می‌شود. به طور کلی در جریانهای آرام انتقال جرم توسط حرکت مولکولها صورت می‌گیرد ولی درجریانهای متلاطم به جای مولکولها، گردابه‌ها[۵] با حرکات سریع خود به صورت نامنظم جرم را منتقل می‌کنند. بدیهی است که در درون هر گردابه انتقال از طریق نفوذ مولکولی انجام می‌پذیرد.[۳].

۱-Fanning ۲-Lofting ۳-Fumigation ٤-Trapping
۵-Eddie's

نفوذ مولکولی در سیالات:

نفوذ مولکولی در اثر حرکت مولکولهای یک جسم و به علت وجود انرژی حرارتی انجام می‌پذیرد. با مطالعه تئوری جنبشی گازها به چگونگی آن می‌توان پی‌برد و به کمک همین تئوری می‌توان پدیده‌های نفوذی را از نظر کمی مطالعه کرد. در تئوری جنبشی گازها فرض براین است که هر مولکول در مسیر مستقیم و با سرعت ثابت حرکت نموده و پس از طی مسافتی به مولکول دیگری برخورد می‌کند و لذا جهت و سرعت حرکت آن تغییر می‌کند. مقدار متوسط مسافتی که یک مولکول طی می‌کند تا به مولکول دیگری برخورد کند، مسیر آزاد متوسط مولکول نامیده می‌شود. بدیهی است که سرعت متوسط حرکت مولکول به درجه حرارت بستگی خواهد داشت. به دلیل برخوردهای متعدد، مولکول یک مسیر پر پیچ و خم را طی می‌کند. مسافت خالصی را که مولکول در زمان معین و در جهت معین طی می‌کند، شدت نفوذ آن می‌نامند. البته این مسافت فقط جزئی از کل مسیر واقعی طی شده توسط مولکول می‌باشد. بنابراین نتیجه می‌گیریم که نفوذ مولکولی پدیده بسیار کندی است. البته می‌توان با کاهش فشار که سبب کاهش تعداد برخوردها می‌شود و افزایش درجه حرارت که سرعت مولکولی را زیادتر می‌کند سرعت عمل را افزایش داد.

همانطور که قبلاً گفته شد مواد ازمحلی که دارای غلظت بالاتری است به مکانی که غلظت آن کمتر است حرکت خواهند نمود. به منظور توضیح کمی این مطلب، مقیاس مشخصی لازم است. شدت نفوذ مولکولی را می‌توان بر حسب شار مولی[۱] و یا مول بر زمان بر سطح نشان‌داد(سطح در جهت عمود بر جهت نفوذ تعیین می‌شود).

ضریب نفوذ[۲]، D_{AB} مربوط به عنصر A در مخلوط B که شاخصی از قدرت نفوذ است، بر طبق قانون اول فیک[۳]، در جهت Z چنین نوشته می‌شود.[۳].

$$j_A = -D_{AB}\frac{dc_A}{dz} = -CD_{AB}\frac{dx_A}{dz}$$

علامت منفی مشخص‌کننده آن است که نفوذ در جهتی که غلظت کاهش می‌یابد، انجام می‌شود. ضریب نفوذ، مشخصه عنصر A و محیط اطراف آن است.

۱-٤-معرفی مسئله:

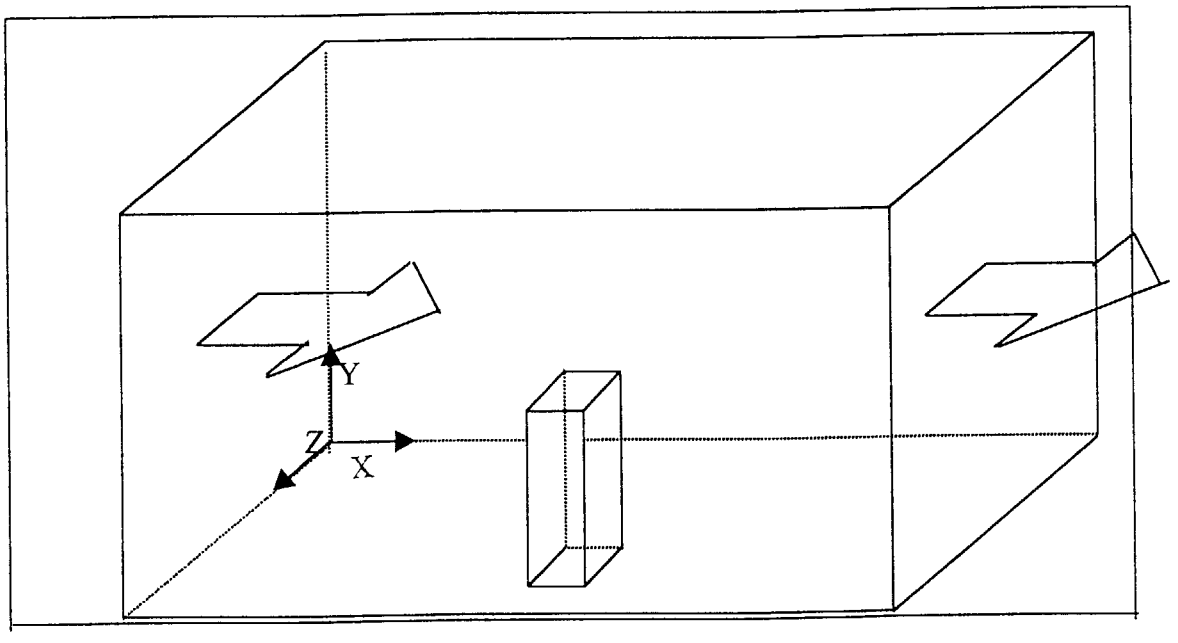
جریان بررسی شده در تحقیق حاضر، از نوع جریان خارجی است.شکل(۱-۲)مسئله مورد بررسی را نشان می‌دهد. مانع مکعب مستطیل با ابعاد دلخواه (متناسب با حوزه حل)در مکانی مناسب، داخل میدان حل قرار داده می‌شود. این مانع مکعب مستطیل در واقع دودکش می‌باشد که هدف بررسی جریان در اطراف آن

۱-Flux-Mole ۲-Diffusivity,Diffusion Coefficient ۳-Fick

می‌باشد. ابعاد دودکش و حوزه حل و همچنین تعداد نقاط شبکه مورد نیاز در حل عددی مسئله، می‌بایست به نحوی انتخاب شود که بتوان بر محدودیتهای ناشی از ظرفیت رایانه‌های شخصی در دسترس، غلبه کرد. درباره این محدودیتها در ادامه فصل بحث می‌شود.

در بررسی جریانهای خارجی، مانعی با ابعاد دلخواه در مکان مناسبی در یک میدان جریان آزاد، در معرض جریان یکنواخت سیال با سرعت، دما و غلظت یکنواخت Vel_∞ و T_∞ و C_∞ قرار می‌گیرد.

علت انتخاب جریان آزاد این است که بتوان در مرزهای(شرقی،شمالی،بالایی و پایینی)حوزه حل، شرایط جریان توسعه یافته را اعمال نمود.(وجود مانع در مقابل جریان، باعث ایجاد گردابه در پشت مانع می‌شود که با فاصله گرفتن از مانع،گردابه از بین می‌رود) مختصات دکارتی X و Y و Z مطابق شکل(۱-۲)تعریف شده‌اند. محورX موازی افق و جهت آن از سمت چپ به راست مثبت می‌باشد، محورYدر جهت قائم و از پایین به بالا مثبت فرض می‌شود و محور Z در جهت عمود بر صفحه و از روی صفحه به خارج مثبت می‌باشد.



شکل(۱-۲)

سیال مورد بررسی(هوا)نیوتنی و تراکم ناپذیر فرض می‌شود و از تغییرات خواص سیال تحت شرایط مسئله به جزء تغییرات کمیتهای نوسانی موجود در جریان آشفته مانند ویسکوزیته مغشوش، صرف‌نظر می‌شود.

سطوح موجود در شبکه صاف و صیقلی فرض می‌شود. می‌دانیم که در گستره اعداد رینولدز $Re>10^4$ برای جریان خارجی و $Re>2000$ برای جریان داخلی، جریان آشفته است و در نتیجه چون رینولدز بالا بوده و جریان آشفته است، برای تعیین میدان جریان از معادلات حاکم بر جریان آشفته استفاده می‌شود. برای تعیین