۱۲۰۶

"دانشگاه تهران"

دانشکده علوم

پایان‌نامه

برای دریافت درجه‌فوق لیسانس فیزیک
(هواشناسی)

موضوع

MOMENTUM TRANSPORT

ومحاسبه مقدار آن برای تهران در ماه

ژانویه سال ۱۹۶۴

نگارش

فیروز بابازاده

سال تحصیلی ۴۷-۱۳۴۸

مرکز مدارک علمی
بانک اطلاعاتی
۱۳۴۷

۱۲۰۶

تقـــدیم به :

استادان گرام و داوران محترم

۱۲۰۶

فهرست مطالب

۱ ـ قسمت اول ـ انتقال مهان درجوزمین :

۱ـ مقدمه

۲ـ تعیین رابطه اساسی انتقال

۳ـ تعیین رابطه انتقال مهان

٤ـ طرزمحاسبه مقدارانتقال مهان

٥ـ محاسبه مقدارانتقال موان برای تهران درماه ژانویه‌سال ۱۹٦٤

٦ـ جدول ونمودارها

۷ـ نتیجه گیری

قسمت دوم ـ مقدارانرژی کل جسو

۱ـتعیین معادله انرژی

۲ـ طرزمحاسبه مقدارانرژی

۳ـ جداول مربوط به مقدارانرژی برای تهران درماه ژانویه‌سال ٦٤

٤ـ نتیجه‌گیری

"" قسمت اول ""

(انتقـــال همـــان)

مقـدمه :

میدانیم مناطق حاره کره زمین دراثرجذب بیشتر انرژی تابشی خورشید منبـــع انرژی حرارتی وگشت آوراست ودراین مناطق یك سلول ساده مداری میتواندحـرارت وگشت آور را به عرضهای بالاتر زمین منتقل نماید • قدیمترین واساسی ترین فرضیه‌ای که درباره تئوری شکلهـــای گردشرعمومی جوزمین تاکنون تشریح شده ازسال ۱۹۳۵ شروع وبعدهاتوسط دانشمندان دیگر مورد بررسی قرارگرفته‌است•

درنظریه های اولیه امکان اغتشاشات طولی درروی گردشرعمومی جومورد توجه قرارمیگرفت که امروزه کاملا این نظریه مردود شناخته شده‌است و بیشترتوجه برتغییرات مداری شده است•

گفتیم که درمنطقه استوائی انرژی حرارتی بیشتری نسبت به سایرمناطق زمیـــن جذب میشود • لذا توده هوادرمنطقه استوادر اثرازدیاد درجه حرارت و انبســاط آن به سمت عرضهای بالا صعودنموده ودر قطب که حداقل درجه حرارت راشامـــل است وتوده هوادرآنجامتراکم میشود بسمت پائین نزول میکند درنتیجه برای اینکـــه پیوستگی توده برقرار باشد بناچار درسطح بالا جریانات بسمت قطب ودر سطح

پائین بسمت استوا خواهد بود و بدین ترتیب توده هوا دارای یك گردش بسته ای خواهد داشت. حال اگر این جریانات نصف النهاری بود و در تمام طول جغرافیائی انجام میگرفت سبب کاهش سرعت چرخش زمین میگردید. بنابراین گرادیان فشار شرقی غربی نمیتواند اثری در روی یك حلقه مداری داشته باشد و تنها نیروی اصطکاك وگشت آور میتواند در روی یك حلقه مداری مؤثر باشد.

در اثر تغییر المانهای جو مانند تغییر سرعت باد و تور بالانس جو ملکول های هوا از یك نقطه بنقطه دیگر دائما در حرکت هستند و این حرکت به دو صورت انجام میگیرد حرکت استریم لاین و حرکت تور بالانس.

در حرکت استریم لاین مسیر تقریبا مستقیم است ولی در حرکت تور بالانس مسیر بصورت منحنی زیگزاگ میباشد. تاکنون برای حرکت تور بالانس تعریف دقیقی نشده است ولی میتوان آنرا بحرکات نامنظم و نامرتب مسیر ذرات جو تعبیر کرد و ازلحاظ بیان ریاضی حرکت تور بالانس حرکتی است مانند حرکت متوسط یا MeanMotion تمام ذرات جو زمین.

معمولا سرعت های متوسط را با مؤلفه‌های $\overline{U}$ و $\overline{V}$ و $\overline{W}$ و سرعت های لحظه ای را U و V و W و انحرافات از سرعت متوسط را با U' و V' و W' نشان

میدهند • انحرافات ازسرعت متوسط حرکت توربالانس‌را بوجود میآورند و این یك فرض است وهنوز تئوری مشخصی دراین باره بیان نشده است•

در طبیعت بیشتر انتقالات ازطریق حرکات توربالانس صورت میگیرد • و بطورکلی سه نوع انتقال درجو صورت میگیرد وعبارتنداز انتقال گرمائی انتقال مادی (مانند ذرات گرد وخاك ریخارآب و مواد رادیواکتیو) انتقال ممان یاچندی حرکت •

درتئوری سینتیك گازها که مبنای حرکات توربالانس است ملکولها عامل انتقال اندولی درجرادی ها نقش ملکولهای گاز برای انتقالات فوق دارند • واختلاف ادی باملکول دراینست که ادی ها مخلوط میشوند ولی ملکولها نمیشوند • بنابراین ادی های جو ذرات موجود درجو وهمچنین گرما و چندی حرکت راازیك محل بمحل دیگرمنتقل میکند •

دراین کتاب در قسمت اول ابتداء راجع به چگونگی انتقال ممان بحث شده سپس مقدار این انتقال را برای ایستگاه مهرآباد تهران برای دووقت صفر و دوازده گرینویچ برابر ۳/۵ شب و (روزتهران میباشد محاسبه گردیده است•

در قسمت دوم بعداز بدست آوردن رابطه انرژی کل مقدارآن برای ایستگاه تهران درهمان دووقت در لایه‌های مختلف استاندارد فشار تعیین شده است.

انتقال ممان

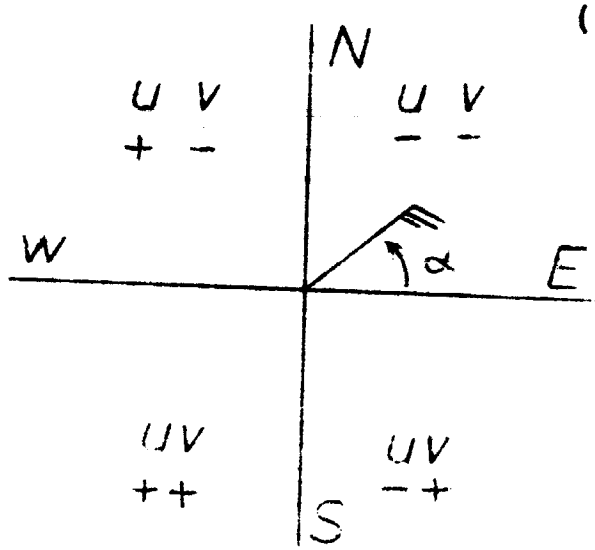
Momentum Trasport

در ایستگاههای جو بالا با استفاده از رادیوسوند درجه حرارت ـ فشار رطوبت ـ سمت وسرعت باد در لایه‌های مختلف جو اندازه گیری میشود. این لایه های فشار استاندارد شده به ترتیب فشارشان عبارتند از ۸۵۰ـ۷۰۰ـ۱۰۰۰ـ ۵۰۰ـ۴۰۰ـ۳۰۰ـ۲۰۰ـ۱۵۰ـ۱۰۰ـ۷۰ـ۵۰ وغیره... میلی بار

پارامتری که رل مهم ومؤثری را درانتقال ممان وانتقال انرژی دارد مؤلفه جنوبی و شمالی باد میباشد بدانجهت سرعت باد را روی دومؤلفه که عبارتند از مؤلفه غربی شرقی ودیگری مؤلفه جنوبی شمالی است تصویرمیکنیم. اگر مؤلفه ها را به ترتیب با U و V نشان دهیم اندازه این مؤلفه‌ها طبق رابطه زیرتعریف میشود :

$$U = -V \sin \alpha$$
$$V = -V \cos \alpha \qquad (1.1)$$

دراین روابط V عبارتست از سرعت باد و α عبارتست اززاویه بین سمت باد وجهت شرق (شکل ۱۰۱)



شکل ۱۰۱

بادی که بادنمانشان میدهد دراعتداد یک خط نیست بلکه همیشه درحال نوسان است وخط افقی نشانه سرعت متوسط میباشد وانحرافات آن ازاین خط افقی بوسیله ارتفاع مشخص میشود وانحراف ازسرعت متوسط گاهی منفی وگاهی مثبت است ومساحت های مثبت بایستی بامساحتهای منفی مساوی باشد بنابراین مجموع انحرافات مساوی باصفرمیشود ودریک لحظه مؤلفه‌های سرعت باد مساوی خواهد بود با :

$$U = \overline{U} + \acute{U}$$
$$V = \overline{V} + \acute{V} \qquad (۱۰۲)$$

در دورابطه (۱۰۲) بطوریکه درمقدمه ذکر شده‌است بترتیب U و V مؤلفه های سرعت دریک لحظه معین و $\overline{U}$ و $\overline{V}$ متوسط مؤلفه‌های سرعت و $\acute{U}$ و $\acute{V}$ انحراف

ازسرعت متوسط است. بایستی متذکر بود که دونوع سرعت متوسط وجود دارد یکی سرعت متوسط زمانی ودیگری سرعت متوسط مکانی که بصورت زیرتعریف میشوند :

سرعت متوسط زمانی : ــ اگر دریک ایستگاه سرعت رادرهر ثانیه بدست آوریم وضرب کنیم در ثانیه‌های دیده بانی شده وباهم جمع کنیم وحاصل رابرکل ساعات دیده بانی تقسیم نمائیم سرعت متوسط زمانی بدست میآید .

سرعت متوسط مکانی : ــ هرگاه دریک لحظه معین مثلا درساعت ۱۲ ــ در چندین ایستگاه سرعت باد را از بادنماها خوانده واین سرعتها را باهم جمع کنیم و تقسیم برکل تعداد ایستگاههای دیده بانی شده نمائیم سرعت متوسط مکانی بدست میآید .

حال برای تعیین مقدارمتوسط زمانی سرعت بدین ترتیب عمل میکنیم ابتدا مقادیر U و V لایه های استاندارد رادر هر روز و در ساعت معین محاسبه کرده وباهم جمع میکنیم سپس این مجموع‌را برتعداد دیده بانی ها در ساعت معین یاتعداد روزهای که سمت وسرعت باد را دریک وقت معین اندازه گیری کرده‌ایم تقسیم میکنیم.

این عملیات توسط دو رابطه (۱۰۳) بسهولت انجام میگیرد .

$$\bar{U} = \frac{\sum U}{N} \qquad \bar{V} = \frac{\sum V}{N} \qquad (۱۰۳)$$

مقدار متوسط حاصلضرب سرعتها عبارتست از حاصل جمع حاصلضربهای سرعت مـداری

در سرعت نصف النهاری تقسیم بر تعداد کل آنها •

$$\overline{UV}=\frac{\Sigma UV}{N} \qquad (۱۰۴)$$

اکنون دو رابطه شماره(۱۰۲) را در یکدیگر ضرب کرده بصورت زیر عمل میکنیم:

$$UV=(\bar{U}+\acute{U})(\bar{V}+\acute{V})$$

$$UV=\bar{U}\bar{V}+\bar{U}\acute{V}+\acute{U}\bar{V}+\acute{U}\acute{V}$$

تعداد N لایه های استاندارد را در یک وقت معین برای هر روز تعیین کرده بعـد

برای N روز مجموع آنرا تعیین میکنیم•

$$\Sigma UV=\Sigma\bar{U}\bar{V}+\Sigma\bar{U}\acute{V}+\Sigma\acute{U}\bar{V}+\Sigma\acute{U}\acute{V}$$

$$\Sigma UV=N\bar{U}\bar{V}+\bar{U}\Sigma\acute{V}+\bar{V}\Sigma\acute{U}+\Sigma\acute{U}\acute{V}$$

چون مجموع انحرافات از سرعت متوسط صفراست درحالیکه مجموع حاصلضرب وانحرافـات

در یکدیگر صفرنیست خواهیم داشت :

$$\Sigma\acute{U}=0 \qquad \Sigma\acute{V}=0$$

وازآنجا

$$\Sigma UV=N\bar{U}\bar{V}+\Sigma\acute{U}\acute{V}$$

برای محاسبه متوسط UV به ترتیب شماره(۱۰۴) عمل میکنیم

$$\frac{\Sigma UV}{N}=\frac{N\bar{U}\bar{V}}{N}+\frac{\Sigma\acute{U}\acute{V}}{N}$$

$$\overline{UV}=\bar{U}\bar{V}+\overline{\acute{U}\acute{V}} \qquad (۱۰۵)$$

رابطه(۱۰۵) را بنام رابطه انتقال ممان یا Momentum Transport نامند

وجملات آنرا بدینگونه تعبیرکرده اند :

جمله $\overline{U\,V}$ متوسط انتقال کلی یا

The avarage total transport

جمله $\overline{U}\,\overline{V}$ انتقـــال متوسط یا

The adective transport by the avarage wind

جمله $\overline{U'V'}$ متوسط انتقال انحراف ازمتوسط یا

The avarage addy transport

فورم رابطه (۱۰۵) برای تمام انتقالات ثابت است مثلا برای انتقال درجه حرارت میتوان

رابطه زیر رانوشت که شبیه رابطه (۱۰۵) است.

$$C_p\overline{VT} = C_p\overline{V}\,\overline{T} + C_p\overline{V'T'}$$

رابطه اخیرانتقال درجه حرارت را دریک لایه فشار توسط مؤلفه نصف النهـــاری

باه بدست میدهد و C_p همان گرمای ویژه گاز در فشار ثابت است.

انتقال ممان

Momentum transport

ممان جنبشی از ترکیب دوممان زیربوجود میآید :

۱ــ ممان خطی یانسبی که دراثرحرکت مداری متوسط هوانسبت بسطح زمین

ایجاد میشود و با رابطه $U\cos\phi$ یا U بیان میشود که درآن $r = R\cos\phi$

فاصله ازمحورزمین است.

۲ــ ممان زاویه‌ای که دراثرگردش زمین ایجاد میشود واین ممان عبارتســـت از

حاصلضرب سرعت زاویه ای زمین در گشتاور ماند جسم ΩI که خودگشتاور ماند

جسم مساویست با حاصلضرب جرم در مجذور فاصله تا محور زمین و با رابطه

$$I = mr_1 r^2$$

بیان میشود .

بنابراین مقدار گشتاور جنبشی برای واحد توده مرا مساویست با :

$$(\Omega R\cos\varphi + U) R\cos\varphi \qquad (۱۰۶)$$

که در آن φ و R و U و Ω به ترتیب عبارتند از عرض جغرافیائی وشعاع زمین ومؤلفه

مداری با دو سرعت زاویه‌ای زمین .

اکنون برای تعیین مقدار گشتاور جنبشی برای سطح مدار دورکره زمین به

عرض یک سانتیمتر وارتفاع ازسطح زمین تا انتهای جو میتوان با استفاده از رابطه (۱۰۶)

چنین عمل کرد :

$$M = \int_0^{2\pi}\int_{\beta=0}^{\beta=\infty} (U + \Omega R\cos\varphi) R\cos\varphi \, dS \, \rho \, d\beta$$

که در آن dS المان طول مدار دورکره و $d\beta$ المان ارتفاع ازسطح زمین و ρ چگالی

جو است با ملحوظ مقدار $dS = r\cos\varphi \, d\lambda$ که مقدار المان طول مدار را برحسب فاصله آن از

محور زمین وطول جغرافیائی معلوم میکند ومقدار $r = R\cos\varphi$ است از انتگرال فوق

خواهیم داشت :

$$M = \int_0^{2\pi}\int_0^{\infty} (U + \Omega R\cos\varphi) R^2\cos^2\varphi \, d\lambda \, \rho \, d\beta$$

$$M = 2\pi R^2 \cos^2\varphi \int_0^{\infty} (U + \Omega R \cos\varphi)\rho\, dz$$

با استفاده از معادله هیدرستاتیک $dp = -\rho g\, dz$

وقتی z از صفر تا بی نهایت تغییر میکند مقدار فشار از p_0 فشار محل تا صفر تغییر خواهد کرد. بنابراین انتگرال فوق بصورت زیر درمیآید.

$$M = \frac{2\pi R^2 \cos^2\varphi}{g} \int_0^{p_0} (U + \Omega R \cos\varphi)\, dp$$

برای سهولت محاسبه مقدار ضریب انتگرال با علامت K نشان میدهیم

$$K = \frac{2\pi R^2 \cos^2\varphi}{g} \qquad (۱۰۷)$$

$$M = K \int_0^{p_0} (U + \Omega R \cos\varphi)\, dp$$

و در این صورت خواهیم داشت :

حال برای تعیین مقدار انتقال ممان سینتیک وقتی نیاز در کره زمین در جهت جنوب بشمال منتقل میشود چون میدانیم که مؤلفه جنوب شمال با در این انتقال را انجام میدهد چنین عمل میکنیم :

$$V.M = K \int_0^{p_0} (VU + V\Omega R \cos\varphi)\, dp$$

چنانکه میدانیم مؤلفه‌های سرعت دائما متغیرند پس بایستی برای یک مدت معین در یک مکان معین این سرعت را متوسط گرفت در نتیجه رابطه بالا بشکل زیر درمیآید

از طرف دیگر میدانیم که سرعت در هر لحظه مساوی با سرعت متوسط بعلاوه انحراف

سرعت متوسط است پس

$$\overline{V.M} = K \int_{\beta_1}^{\beta_2} (\bar{U}\bar{V} + \bar{V}\Omega R(\cos\varphi))\, d\rho$$

و با استفاده از رابطه (۱۰۵)

$$\overline{VM} = K \int_{\beta_1}^{\beta_2} (\bar{U}\bar{V} + \overline{U'V'} + \bar{V}\Omega R\cos\varphi)\, d\rho$$

$$\overline{V.M} = K \int_{\beta_1}^{\beta_2} (\bar{U}\bar{V} + \overline{U'V'})\, d\rho + K\Omega R\cos\varphi \int_{\beta_1}^{\beta_2} \bar{V}\, d\rho$$

بطورکلی انتقال جرم در یک قوچک مساوی با $\bar{V}\,d\rho$ سطح و انتقال در تمام سطح جو مساوی

خواهد بود با $\int_{\beta_1}^{\beta_2} \bar{V}\, d\rho$ واین انتگرال بایستی صفر شود زیرا اگر مقدار انتگرال

فوق مثبت باشد انتقال بسمت جنوب انجام گرفته واگرمنفی باشد انتقال بسمت شمال

انجام میگیرد بنابراین در یک منطقه ازسطح زمین ایجاد خلاء میشود که این خود

مخالف با اصل پیوستگی است. در اینصورت رابطه بالا بصورت زیر درمیآید :

$$\int_{\beta_1}^{\beta_2} \bar{V}\, d\rho = 0 \qquad (۱۰۸)$$

$$\overline{V.M} = K \int_{\beta_1}^{\beta_2} (\bar{U}\bar{V} + \overline{U'V'})\, d\rho \qquad (۱۰۹)$$

طرزمحاسبه مقدارانتقال مان سینتیک یاگشت آورجنبشی

برای محاسبه مقدارانتقال مان سینتیک در یک وقت ومحل معین ابتدا

مؤلفه‌های U و V باد را برای لایه‌های استاندارد فشارحساب کرده ومقدارمیانگین

آنها رابامنظورتعداد آنهاحساب میکنیم وبرهم ضرب میکنیم. همچنین مقدارمیانگین

حاصلضرب مقدارانحرافات باد از مقدارمتوسط بدست میآوریم. سپس مقدارانتگرال

را در رابطه (۱۰۹) بصورت ندوهای معین لایه به لایه حساب میکنیم.

$$\overline{VM} = K \sum_{p}^{p} (\bar{U}\bar{V} + \overline{U'V'}) \Delta P \qquad (۱۰۱۰)$$

در رابطه (۱۰۱۰) ΔP اختلاف فشار بین دو لایه متوالی جواست ومقادیر

$$\ldots\ldots \quad ۳۰ _ ۵۰ _ ۱۰۰ _ ۱۵۰$$

رامیپذیرد ودر موقع محاسبه درمقدار متوسط $\bar{U}\bar{V}$ و $\overline{U'V'}$ دولایه متوالی نظیرخود ضرب میشود . بالاخره ازضرب مقدار انتگرال درمقدار ضریب K که برای محلهای مختلف مقدارش فرق میکند مقدار انتقال ممان سینتیک درمحل بدست میآید . همانطوریکه رابطه(۱۰۷) نشان میدهد مقدار K بستگی دارد به عرض جغرافیائی محل ومقدار شتاب ثقل درآن محل.

محاسبه مقدار انتقال ممان سینتیک یاکشتاورجنبشی درایستگاه مهرآباد تهران برای ساعات صفرو ۱۲ گرینویچ برابر با ۳-½ شب در روز ماه ژانویه سال ۱۹٦٤

بااستفاده ازنشریه اداره جو بالای اداره کل هواشناسی که شامل آمارهای سالهای ۱۹٦٤ و۱۹٦۵ و۱۹٦٦ بوده وجاری سمت وسرعت باد ودرجه حرارت ورطوبت است وبوسیله رادیو سوند بدست آمده اند وبرای سطوح استاندارد ۸۵۰ــ ۷۰۰ــ ٦۰۰ ۵۰۰ــ ۴۰۰ــ ۳۰۰ــ ۲۰۰ــ ۱۵۰ــ ۱۰۰ــ ۷۰ــ ۵۰ــ ۳۰ــ ۲۰ــ ۱۰ میلی بارثبت گردیده اند برای ماه ژانویه‌سال ۱۹٦٤ مقدار انتقال ممان سینتیک برای ساعات صفر