دانشگاه تهران

دانشکده علوم

پایان نامه

برای دریافت درجه فوق لیسانس

(هواشناسی)

نگارش حسن اولیائی

خرداد ۱۳۴۸

۲۲۶۹

۲۲۶۹
۴۷۵

آتمسفر

دراطراف کره زمین مقداری گاز وجود دارد که آنرا آتمسفر گویند

زمین در گردش بدور خورشید این گازرا بدور خود میبرد این گازعلاوه برآنکه وسیله تنفس ما است سبب باد وباران وتغییرات درجه حرارت وفشار وجذب قسمتی ازاشعه التکترومانیتیك خورشید و تضعیف ان ونیز مانند ان تاثیرات دائم وگرفی درزندگی ما دارد ولازمست ازحدود وساختمان ان اطلاعاتی داشته باشیم .

اما این اتمسفر را بطورکلی بسه طبقه تقسیم بندی مینمایند .

۱ــ طبقه مجاور سطح زمین که هرچه بالا تر رویم درجه حرارت ان پائین می آید بنام ــ Troposphere مینامند که ارتفاع این طبقه درقطب درحدود هشت کیلومتر ودراستواء در حدود هجده کیلومتر میباشد .

۲ــ طبقه دوم را بنام Tropopause نامند که حد فاصل بین طبقه اول وسوم میباشد .

۳ــ طبقه سوم راکه بنام Stratosphere نامند مدتی چنین تصور میکنند این ناحیه تقریبا " یك ناحیه آرام میباشد وباد دران کم است ولی درحقیقت چنین نمیباشد ودرآنجا نیز بادهائی ــ نظیرآنچه راکه در Troposphere میوزد جریان دارد .

۲۲۶۹

مقدار درجه حرارت Stratosphere و همچنین ارتفاع Tropopause تابع عرض جغرافیائی

وفصل ویا بعبارت دیگر مقدار انرژی است که ازآفتاب میگیرد ونیزعوامل دیگر دران دخالت دارد

اماچون تغییرات هوا در روی سطح زمین فقط طبقه پائین جو یعنی به طبقه Troposphere

بستگی دارد بنابراین ازدوطبقه دیگر مطلبی بیان نکرده وفقط خواص این طبقه را مورد توجه

قرار میدهیم •

بطورکلی جریانات جوی در اثر اختلاف درجه حرارت بین قطب واستواء بوجود می آید

ولی اگر درجه حرارت روی کره زمین ثابت بوده واختلاف درجه حرارتی درنقاط مختلف آن

وجود نمیداشت تنها نیروی موجود برای یک زره بعارت ازاصطکاك بین زمین وجو بوده —

که پس از مدتی بین اصطکاك وچرخش زمین تعادلی برقرار میگردد ودر نتیجه جو باخود زمین

حرکت میکند وهیچ نوع جریانی دران بوجود نمی آمد اما اختلاف درجه حرارت بین

قطب واستواء این تعادل را بهم میزند وجریانی را بوجود میآورد برای کشف درك نوع این —

جریانات بایستی نیروهای موجود وهمچنین عوامل موثر دران را مورد مطالعه قرارداد •

نیروهای عمده که درایجاد این جریانات موثرند عبارتند از•

۱ــ اختلاف درجه حرارت بین قطب واستواء

۲ــ چرخش زمین درحول محورش•

۳ــ نیروی اصطکاك بین هوا وزمین

که هریك را بطور خلاصه مورد بحث قرار میدهیم .

۱ ـ اختلاف درجه حرارت بین قطب واستواء

اختلاف درجه حرارت بین قطب واستواء باعث یك جریانی بین آنها میگردد وباین ترتیب که هوا در استواء صعود کرده ودر قطب پائین می آید ودر روی سطح زمین ازقطب به استواء برمیگردد و یك چرخش دائمی بین دو نقطه ایجاد میگردد .

درصورت عدم وجود دو حالت دیگر دلیل بیست وچهارساعت جریان فوق (جریان نصف الانهاری) تبدیل به بادهای (هاری کن) میگردد واین بعلت ایجاد تعادل بین قطب واستواء در اثر جریانات داخلی هوا میباشد والی ممکن بسرعت تا بینهایت برسد در اثر زاویه تابش اشعه خورشید درجنوب عرض جغرافیائی ($35^{\circ}N$) ومتصل به آن در نیم کره جنوبی شمالی ($35^{\circ}S$) مازادی ازگرما وجود دارد وبین این دو عرض وقطبین کمبودی ازگرما چون درجه حرارت متوسط نقاط مختلف سطح زمین ثابت است نتیجتا "بایستی انتقالی ازگرمای قسمتهای گرم به مناطق سرد تر انجام گیرد تاچنین تعادلی بوجود آید والی مناطق شمالی ونزدیك بقطب دائما " رو بسردی وخط استواء رو بگرمی میرود .

اثر چرخش زمین برروی جریان .

در اثر چرخش زمین مثلو لنه مداری ۷۲ ـ ۴ بوجود می آید که پس از تغییراتی بنام نیروی ـ

کریولیس درعمل داخل میشود این نیرو در نیمکره شمالی اجسام متحرک آزاد را بسمت راست خود و ودر نیمکره جنوبی بسمت چپ منحرف میسازد •

۳ـ نیروی اصطکاک بین هوا وزمین

نیروی اصطکاک موجود درروی زمین باعث تغییر جهت حرکت ذره ونیز باعث میشودکه ازسرعت ان نیز بکاهد پس بنابراین این مطالب نتیجه میشود که درمنطقه استوائی انرژی حرارتی بیش ازسایر نقاط جذب میشود ودرنتیجه توده هوا درمنطقه استوائی متراکم شده وبسمت پائین نزول میکند و برای اینکه پیوستگی توده هوا برقرار باشد ناچار درسطوح بالا جریانات بسمت قطب ودرسطح زمین جریانات بسمت استواء بایستی باشد پس بنابراین توده هوا دارای یک گردش بسته‌ای میباشد اگر این جریانات نصف النهاری بودند ودرتمام طول جغرافیائی بوقوع میپیوست سبب کاهش چرخش زمین میشد بنابراین گرادیان فشار شرقی غربی نمیتواند اثری درروی یک حلقه مداری داشته باشد باستثنای اصطکاک وگشتاور نیرو

بنابراین گشتاور سینتیکی مطلق برای واحد توده همیشه ثابت بوده

وگشتاور سینتیک برای واحد توده هوا مساویست با

$$m = (\Omega R \cos\varphi + u) R \cos\varphi$$

$$m = \Omega R^2 \cos^2\varphi + u R \cos\varphi$$

این معادله که ازمعادله دینامیك قانون دوم نیوتن نتیجه میشودکه تغییرات گشتاور جنبشی فقط دراثر گشت آور نیرو حاصل میشود واین تغییرات موقعی بوجود می آید که گرادیان فشارشرقی غربی وجود داشته باشد .

گشت آور گرادیان فشار برای واحد توده هوامساویست با

$$\left(-\alpha\frac{\partial p}{\partial x}\right)R\cos\varphi$$

وگشت آوراصطکاك درروی محور x برای واحد توده مساویست با

$$F_x R\cos\varphi$$

بنابراین تغییرات کلی گشتاورجنبشی مساویست با

$$\frac{dm}{dt}=\left(-\alpha\frac{\partial p}{\partial x}+F_x\right)R\cos\varphi$$

طرفین معادله بالارا در ρ ضرب میکنیم حاصل میشود

$$\rho\frac{dm}{dt}=\left(-\alpha\rho\frac{\partial p}{\partial x}+\rho F_x\right)R\cos\varphi$$

ولی چون $\alpha=\frac{1}{\rho}$ میباشد پس بنابراین خواهیم داشت

$$\rho\frac{dm}{dt}=\left(-\frac{\partial p}{\partial x}+\rho F_x\right)R\cos\varphi$$

قسمت اول رابطه فوق را بسط میکنیم

$$\rho\frac{dm}{dt}=\rho\frac{\partial m}{\partial t}+\rho u\frac{\partial m}{\partial x}+\rho v\frac{\partial m}{\partial y}+\rho w\frac{\partial m}{\partial z}$$

وبامیتوان رابطه بالا راچنین نوشت

$$\rho\frac{dm}{dt}=\frac{\partial(\rho m)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u m)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v m)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho w m)}{\partial z}$$

$$-m\left[\frac{\partial\rho}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho w)}{\partial z}\right]$$

ولی چنانکه میدانیم مقدار اختلاف کروشه برابر صفر است زیرا از معادله پیوستگی نتیجه میشود که

تغییرات جرم نسبت بمکان وزمان بایستی صفرشود برای محاسبه تغییرات جرم بطورکلی بایستی

ازفرمولهای زیر استفاده شود •

$$\Delta m_x = -\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} dv\,dt$$

$$\Delta m_y = -\frac{\partial(\rho v)}{\partial y} dv\,dt$$

$$\Delta m_z = -\frac{\partial(\rho w)}{\partial z} dv\,dt$$

حال اگر طرفین رابطه بالارا برزمان وحجم $dv\,dt$ تقسیم کنیم تا تغییرات رابرای واحد

حجم وواحد زمان بدست آوریم یعنی

$$\Delta m = -\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho w)}{\partial z}$$

ولی میدانیم که تغییرات کلی جرم نسبت به مکان مساویست باتغییرات جرم نسبت بزمان

$$\Delta m = \frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho w)}{\partial z}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

و یا

ویا — در نتیجه رابطه ما بدینصورت درمیآید

$$\rho \frac{dm}{dt} = \frac{\partial(\rho m)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u m)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v m)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w m)}{\partial z}$$

$$\frac{\partial(\rho m)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u m)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v m)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w m)}{\partial z} = \left(-\frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho F_x\right) R\cos\varphi$$

$$\frac{\partial(\rho m)}{\partial t} = -\left[\frac{\partial(\rho u m)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v m)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w m)}{\partial z}\right] + \left(-\frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho F_x\right) R\cos\varphi$$

$$\frac{\partial(\rho m)}{\partial t} = -\left[\frac{\partial(\rho u m)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v m)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w m)}{\partial z}\right] + \rho F_x R\cos\varphi - \frac{\partial \rho}{\partial x} R\cos\varphi$$

معادل فوق میزان تغییرات محل گشتاور جنبشی مطابق برای واحد توده رانشان میدهد .

درایستگاه های هواشناسی طبق یک قرارداد بین‌المللی درروی ساعتهای معین نسبت به ساعت گرینویچ اندازه گیریهائی بعمل می آید که مهمترین این اندازه گیریها عبارتند از

فشار — درجه حرارت — سرعت باد — سمت باد — رطوبت .....

که این اندازه گیریها گذشته ازاینکه درروی سطح زمین انجام میگیرد بوسیله رادیو سند های موجود درایستگاههای هواشناسی درساعات معین مثلا " 12 00 Z ، 00 00 Z از سطوح بالای جو اندازه گیریهائی مینمایند البته سطوح بالارا طبق یک قرارداد بین‌المللی به سطوح های ۸۵۰ — ۷۰۰ — ۶۰۰ — ۵۰۰ — ۴۰۰ — ۳۰۰ — ۲۰۰ — ۱۰۰ — ۷۰ میلی باری تقسیم بندی نموده اند که دراین سطوح نیز عوامل گفته شده اندازه گیری میگردد .

بطورکلی درهواشناسی برای اندازه گیری فشار ازواحد میلی بار استفاده مینمایند که عبارتست ازیکهزارم بار میباشد درسیستم C G S واحد فشار دین برسانتیمترمربع میباشد امااین واحد برای مقاصد هواشناسی بسیار کوچك است ازاین‌رو واحد بزرگتری را که میلی بارنام دارد وبرابر با هزاردین بر سانتیمتر مربع میباشد استفاده می نمائیم .

برای اندازه گیری درجه حرارت ازدرجه سانتیگراد استفاده می نمایند وسرعت باد رابرحسب ثانیه وسمت باد رابرحسب درجه ازروی سیصد وشصت درجه پیرامون دایره که بصورت شمال

وجنوب وشرق وغرب تقسیم بندی شده است اندازه گیری مینمایند •

تعریف ===== Turbulence

حرکات نامنظم ونامرتب جوا Turbulence می‌نامند ومیتوان انرا بدینصورت نشان داد

واگر یک ذره ازهوا مسیرش بصورت خط مستقیم باشد دراینصورت آنرا Streamlence مینما مند

اگر در دهانه ورودی لوله ای که فشار ابتدای ان P_1 وفشار انتهای ان P_2 باشد اگراختلاف فشار بین ابتداء وانتها کم باشد دراینصورت یک Streamlence خواهیم داشت واگر اختلاف فشار زیاد باشد دراینصورت یک Turbulence خواهیم داشت•

حرکت متوسط تمام ذرات را Mean Motion می نامند وممکن است سرعت بعضی از ذرات بیشتر ویاکمتر از Mean Motion باشد دراینصورت یک انحراف بوجود می آید که سبب یک Turbulence میشود

توسط Turbulence عوامل زیرانجام میگردد •

۱ــ Momentum مقدار حرکت یاچندی حرکت •

۲ــ Heat گرما

۳ــ Matters که عبارتست از بخارآب ذرات گرد وخاك ودود ومواد رادیواکتیوته •

تئوری سینتیک گازها

گازها ملکولهائی هستند که دائما در حرکتند فشارگاز یعنی انکه هرگاز اطراف ظرف خود را بمباران میکند که آنرا فشارگازمینامند ونیزملکولها باسرعت زیاد درحال حرکت هستند که به ملکولهای مجاور یا دیواره ظرف برخورد میکنند دراینصورت فشار بوجود می آید .

درجه حرارت گازیعنی انرژی جنشیی گاز - وقتی ترمومتری راداخل ظرف قرار میدهیم - ملکولها جدار ترموقر رابمباران میکنند بطوریکه هرچه سرعت مولکولها بیشتر باشد حرارت ان نیز زیاد ترمیشود .

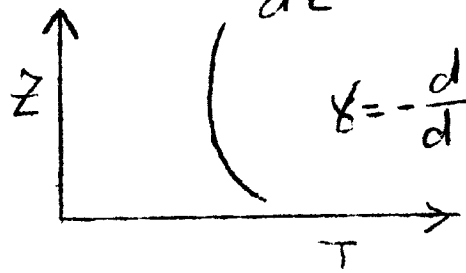
اگریک لوله‌ای را که دران مقداری فشار دارد در نظر بگیریم میدانیم که سرعت در وسط لوله بیشتر ازسرعت درجدارآن میباشد اینعامل بعلت وجود اصطکاک میباشد اگر ظرف آبی را درنظر بگیریم مقدار غلظت بخارآب در نزدیکی سطح ان بیشتر از غلظت در طبقات بالای آن خواهد بود دراینصورت یک گرادیان غلظت خواهیم داشت ومقدار تبخیرآب متناسب باگرادیان غلظت میباشد .

تعریف Eddy

اگریک بسته هوارا که دارای حرکت نامنظم بوده بطوریکه پس ازمدتی حرکت بدون آنکه با هوای مجاورخود مخلوط شود انرا Eddy مینامند پس چندی حرکت درجو بوسیله Eddy

انجام میشود • چندی حرکت Eddy در پائین کم و در بالا زیاد میباشد که آنرا Eddy Vis-Cosity می نامند حرکات Eddy تقریبا "هزار برابر موثرتر از حرکات ملکولی است

اگر در روی یکدستگاه محورهای مختصات در روی محور افقی T و در روی محور قائم مقدار Z را ببریم و مقدار $\gamma = -\frac{dT}{dZ}$ و مقدار افت بار



$\gamma = -\frac{dT}{dZ}$ در نظر بگیریم $\Gamma = 9.8\ ^{\circ}C/Km$

میتوان ثابت کرد که اگر $\gamma < \Gamma$ باشد در اینصورت Eddy ها گرما را از پائین به بالا میدهند و هوا پایدار میباشد و اگر $\gamma > \Gamma$ باشد در اینصورت Eddy ها گرما را از بالا بسمت پائین منتقل مینمایند و هوا ناپایدار میباشد و اگر $\gamma = \Gamma$ باشد در اینصورت انتقال گرما برابر صفر است

حال ممان را تعریف می نمائیم •

ممان خطی بصورت MV نشان میدهیم

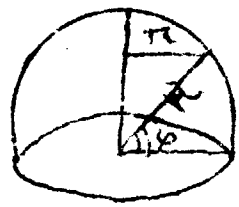
ممان زاویه‌ای سرعت زاویه‌ای در یک حرکت متشابه برابر است با شعاع دوران در سرعت زاویه‌ای یعنی

$$V = r\Omega$$

طبق این تعریف ممان زاویه‌ای برابر $M V r$ میباشد

حال اگر در رابطه $AM = MVr$ بجای V مساوی آنرا قرار دهیم

خواهیم داشت که



$$AM = MVr^2\Omega$$

ونیز داریم که $r = R\cos\varphi$

بجای r مساوی آنرا قرار میدهیم $AM = MVR^2\Omega\cos^2\varphi$

(ممان از جنس انرژی میباشد)

مما

ممان کل برابر است با مکان جسم بعلاوه ممان زمین مقدار جرم را واحد فرض میکنیم

$$M = u R\cos\varphi + R^2\Omega\cos^2\varphi$$

$$M = R\cos\varphi\,(u + \Omega R\cos\varphi)$$

در حول یک مدار از صفر تا 2π انتگرال گرفته و بار دیگر از $z = -\infty$ تا $z = \infty$ انتگرال میگیریم

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

ونیز داریم که $dx = R\cos\varphi\,d\lambda$ پس بنابراین داریم که

$$M = \int_0^{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}(u + R\Omega\cos\varphi)\,R^2\cos^2\varphi\,\rho\,dz\,d\lambda$$

پس از محاسبه خواهد شد

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

حال در این رابطه بجای dz مساوی آنرا از رابطه $dP = -\rho g\,dz$ قرار میدهیم

خواهیم داشت $$M = 2\pi R^2 \cos^2\varphi \int_{P.}^{0} (u + R\Omega\cos\varphi)\frac{dP}{g}$$

ویا $$M = \frac{2\pi R^2 \cos^2\varphi}{g} \int_{0}^{P.} (u + R\Omega\cos\varphi)\, dP \qquad (1)$$

حال فرض میکنیم که

$$u = \overline{u} + u'$$

$$v = \overline{v} + v'$$

که در این رابطه v سرعت در یک لحظه معین و $\overline{v}$ متوسط سرعت و v' انحراف از سرعت متوسط است بایستی متوجه بود که در نوع سرعت متوسط وجود دارد یکی سرعت متوسط زمانی دیگری سرعت متوسط زمانی مکانی

سرعت متوسط زمانی — اگر در یک ایستگاه سرعت را در هر ثانیه بدست آوریم و در ثانیه های دیده بانی شده ضرب کنیم و با هم جمع کنیم و حاصل را بر کل ساعات دیده بانی شده تقسیم نمائیم سرعت متوسط زمانی بدست می آید .

سرعت متوسط مکانی — هرگاه در یک لحظه معین مثلا "در ساعت 2 ۵ ۵ ۵ در چندین ایستگاه سرعت باد را از روی سرعت باد نما که خوانده میشود و این سرعتها را با هم جمع کنیم و تقسیم بر کل تعداد ایستگاه های دیده بانی شده نمائیم سرعت متوسط بدست می آید

حال در رابطه فوق را در یکدیگر ضرب مینمائیم در اینصورت خواهیم داشت که

$$uv = \overline{u}\,\overline{v} + u'\overline{v} + u'v' + \overline{u}\,v'$$

حال این رابطه را برای یک ماه بدست می آوریم یعنی حاصل جمع بدست می آوریم داریم

$$\Sigma uv = \Sigma \bar{u}\bar{v} + \Sigma u'\bar{v} + \Sigma \bar{u}v' + \Sigma u'v'$$

امامیدانیم که مقدار $\Sigma u' = 0$, $\Sigma v' = 0$ میباشد زیرا مجموع انحرافها باشبت منفی صفراست

پس بنابراین داریم که

$$\Sigma uv = \Sigma \bar{u}\bar{v} + \Sigma u'v'$$

حال طرفین این رابطه را به N تقسیم مینمایم در اینصورت خواهیم داشت که

$$\frac{\Sigma uv}{N} = \frac{\Sigma \bar{u}\bar{v}}{N} + \frac{\Sigma u'v'}{N}$$

پس

$$\overline{uv} = \bar{u}\bar{v} + \overline{u'v'}$$

حال از فرمول (۱) بجای u بفرض اینکه مقدار انتگرال مساوی M باشد خواهیم داشت که

$$M v = \frac{2\pi R^2 \cos^2\varphi}{g} \int_{P_0}^{P} (uv + Rv\Omega\cos\varphi)\, dP$$

$$\overline{Mv} = \frac{2\pi R^2 \cos^2\varphi}{g} \int_{P_0}^{P} (\bar{u}\bar{v} + \bar{v}R\Omega\cos\varphi + \overline{u'v'})\, dP$$

$$\overline{Mv} = \frac{2\pi R^2 \cos^2\varphi}{g} \left[\int_{P_0}^{P} \bar{u}\bar{v}\, dP + \int_{P_0}^{P} \overline{u'v'}\, dP + \int_{P_0}^{P} \bar{v}R\Omega\cos\varphi\, dP \right] \quad (۲)$$

بنابراین گشت آور حشنبی بسه جمله تقسیم میشود که هرکدام دارای اسم بخصوصی است سه عامل فوق باعث اختلاف انتقال گشت آور سینتیک از یک عرض بحرس دیگر میشود .

جمله اول انتگرال فوق را گشت آور Drift می نامند

جمله دوم انتگرال گشت آور Eddy stress همان سینتیک جریانهای بادی می نامند

جمله سوم را گشت آور Ω می گویند

حال هریك ازجملات بالارا تعریف مینمائیم •

١ـ گشت آور $-\Omega-$ اگرچنانچه ذره‌ای ازهوا درروی خط استواء باشد وبسمت شمال حرکت کند پس‌ازمدتی مسیرحرکت ذره بطرف شمال شرق خواهد شد این‌انحراف درجهت حرکت دراثر گشت‌آور سینیتیك بوجود می آید این گشت آور دراثر نتیجه سرعت نصف النهاری ـ یعنی v حاصل‌میشود ونیز میدانیم که v عامل‌انتقال‌استوباعث آن میشود که بادرا ـ ازاستواء بطرف قطب میبرد ولی مقدار این‌انتگرال $\int_{0}^{p} \overline{v} R \Omega \cos\varphi \, dp$ برابر صفرمیباشد زیرا R و Ω و $\cos\varphi$ مقادیر ثابتی هستند پس بنابراین‌نتیجه میشود ازاینکه باید مقدار فشار درقطب مرتبا "افزایش‌یافته وبالعکس‌مقدار فشار دراستواء کم گردد درصورتیکه چنین چیزی نیست •

٢ـ گشت آور $Drift$ این‌حرکت مشابه باحرکت جسمی است‌که درروی آب انداخته شود وبوسیله امواج‌آب آرامی منتقل‌گردد واگر درروی یك مدار یك جریان با مؤلفه مقداری u ونصف‌النهاری v داشته باشیم سرعت u ذره رابه دور مدار و v این‌ذره رابسمت عرضهای بالاتر منتقل‌مینماید درنتیجه گشت آور جنبشی رابسمت عرضهای بالاترانتقال‌میدهد

پس‌بطورکلی ازرابطه(٢)حاصل‌خواهد شدکه

$$\overline{Mv} = \frac{2\pi R^2 \cos^2\varphi}{g} \left[\int_{1000}^{p_0} \overline{u}\,\overline{v}\, dP + \int_{0}^{p_0} \overline{u'v'}\, dP \right]$$