

Atmosferdə təsir edən qüvvələr

Atmosferdə təsir edən iki növ qüvvə var. **1. Həqiqi** (Yerin cazibə qüvvəsi, təzyiq, sürtünmə qüvvəsi və s.) . **2. İnersion (yalançı)** qüvvələr (Koriolis, mərkəzdənqaçma qüvvəsi).

Yerin fırlanması nəticəsində yaranan inersion qüvvələrdən biri Koriolis qüvvəsidir. 1833 cü ildə bu qüvvəni izah edən, fransız alimi Koriolisın adı ilə adlandırılıb.

$$\vec{F}_k = -2(\vec{\omega} * \vec{V}) = F_{kx}\vec{i} + F_{ky}\vec{j} + F_{kz}\vec{k}$$
$$F_{kz} = -2\omega_x v + 2\omega_y u \quad (1)$$

Digər inersion qüvvə mərkəzdənqaçma qüvvəsidir ki, enlik dairəsinin radiusu boyunca Yer oxuna doğru perpendikulyar yönəlir. Enliklərin artması ilə mərkəzdənqaçma təcilinin qiyməti azalır, ağırlıq qüvvəsinin təcili artır.

$$F_m = \omega^2 r = \omega^2 R \cos \varphi \frac{\vec{r}}{r} \quad (2)$$

hər iki tənlikdə - ω – Yer fırlanmasının bucaq sürətinin vektorudur və yer oxu istiqamətində cənubdan şimal qütbünə tərəf istiqamətlənir, r – Yer oxuna perpendikulyar olan fırlanma radiusudur, r/r - vahid vektordur, φ – enlik. Hər iki qüvvə İnersiondur. Onlar yerin fırlanması nəticəsində əlavə təcil yaradır.

Həqiqi qüvvələr isə özlüyündə kütləvi və səthi kimi ayrılır. Atmosferdə həqiqi kütləvi qüvvə Yer cazibə qüvvəsidir. Yer cazibə qüvvəsi istiqamətcə Yer mərkəzinə doğru yönəlir. O zaman cazibə qüvvəsini aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

$$\vec{F}_g = \frac{1}{m} \frac{\gamma M m}{R^2} \left(-\frac{\vec{R}}{R} \right) = -\frac{\gamma M}{R^2} \frac{\vec{R}}{R} \quad (3)$$

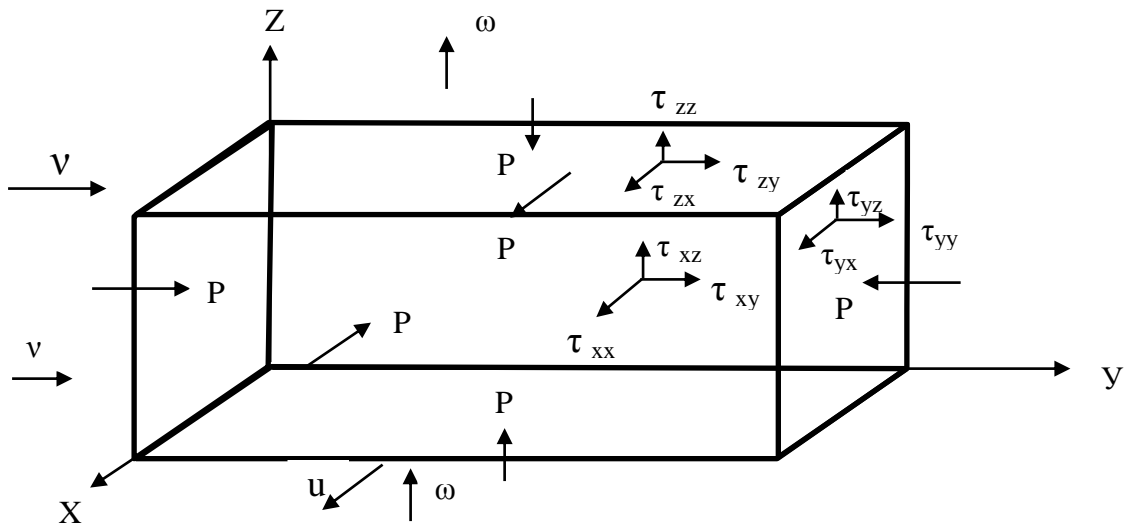
burada, M – yerin kütləsi, m - hava hissəciyin kütləsi, γ – qravitasiya sabitidir, R - hər iki kütlə arasındakı məsafədir, $-\frac{\vec{R}}{R}$ nisbəti vahid vektordur, radius boyu yerin mərkəzinə doğru yönəlmişdir.

Yer cazibə qüvvəsi həmişə mərkəzdənqaçma qüvvəsi ilə birləşir. Bərabər təsir edən hər iki qüvvənin vektor cəmi aşağıdakı kimidir.

$$\vec{g} = -\frac{\gamma M}{R^2} \frac{\vec{R}}{R} + \omega^2 R \cos \varphi \frac{\vec{r}}{r} = g \vec{k} \quad (4)$$

\vec{g} - vahid kütləyə düşən ağırlıq qüvvəsi və ya sərbəstdüşmə təcili adlanır. Orta qiyməti $g=9.8 \text{ m/san}^2$.

Atmosferdə təsir edən digər qüvvələrdən biri də, hava hissəciyini təcilləndirən qüvvədir. Hava hissəciyini təcilləndirən qüvvə dedikdə, elementar paralepiped həddində təsir edən bütün səthi qüvvələr nəzərdə tutulur (şəkil 1).



Şəkil 1. Təzyiq gücünün istiqaməti- p və sürtünmə gərginliyi -τ

Buna əsasən vahid kütləyə düşən barik qradient qüvvəsini ala bilərik. $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – fərdi vektorlardır.

$$\vec{F}_p = F_{px} \vec{i} + F_{py} \vec{j} + F_{pz} \vec{k} \quad (5)$$

Harda ki, \vec{F}_p - proyeksiyası x oxu üzrə aşağıdakı tənliyə bərabərdir.

$$F_{px} = -\frac{1}{\rho dx dy dz} [\rho(x+dx) - \rho(x)] dy dz = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} \quad (6)$$

Analoji olaraq y və z oxları üçün də həmin tənliyi almaq olar. Beləliklə,

$$F_{px} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \quad F_{py} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \quad F_{pz} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \quad (7)$$

Vektor formada isə (vektor yəni – müəyyən bir şərti kəsikdi onun sonu və başlanğıcı mövcuddur).

$$\vec{F}_p = -\frac{1}{\rho} \text{grad} p = -\frac{1}{\rho} \nabla p \quad (8)$$

Burada mənfi işarəsi qüvvənin riyazi təzyiq qradientinin əksinə yönəldiyini göstərir, yəni yüksək təzyiqdən alçaq təzyiqə doğru. (Qradient – artan mənasında işlədilir, hər hansı bir φ kəmiyyətinin skalyar sahədə artmasını göstərən vektordur. Standart şəkildə $\text{grad} \varphi$ kimi yazılır).

Bir çox mürəkkəb hesablamalar nəticəsində molekulyar sürtünmə qüvvələri üçün aşağıdakıları almaq olar. (Sürtünmə qüvvəsi-bir cismin digər cisim üzərində hərəkəti zamanı toxunma səthində meydana çıxan, hərəkətə mane olan və hərəkətin əksinə yönələn qüvvəyə deyilir. 3 növü mövcuddur. 1. Sürüşmə sürtünmə qüvvəsi (bir cismin digər cisim üzərində sürüşməsindən yaranır. Cismin hərəkət sürətinin əksinə yönəlir. $F_{sq} = \mu N$, μ - sürtünmə qüvvəsinin əmsalındır, $\mu < 1$. Onun qiyməti səthin növündən asılıdır. 2. Diyirlənmə sürtünmə qüvvəsi – Cismin səth üzərində diyirlənməsindən yaranır. Məsələn, maşın təkərlərinin yolda diyirlənməsi. 3. Sükunət sürtünmə qüvvəsi – Cismi hərəkətə gətirmək istəyən anda yaranır və cisim hərəkət gəldiyi zaman avtomatik olaraq sürüşmə və ya diyirlənmə sürtünmə qüvvəsinə çevrilir).

$$\vec{F}_{\mu\tau} = F_{\mu x} \vec{i} + F_{\mu y} \vec{j} + F_{\mu z} \vec{k} \quad (9)$$

burada

$$F_{\mu x} = v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right), \quad (10)$$

$$F_{\mu y} = v \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right),$$

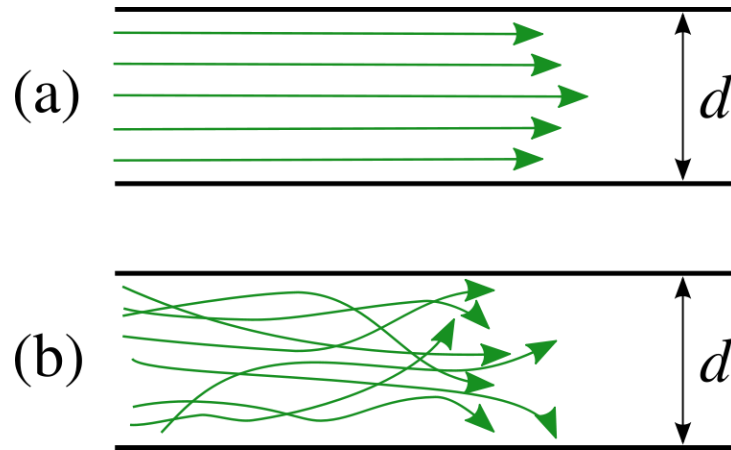
$$F_{\mu\tau} = \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right),$$

Burada, ν – havanın kinematik özlülüğüdür. (Özlülük – daxili sürtünmədir. Maye və qazların onların bir hissəsinin digərinə nəzərən yerdəyişməsinə göstərdiyi müqavimətdir. Əmsalı η -dir. Kinematik özlülük əmsalı isə adi özlülük əmsalının cismin sıxlığına olan nisbətidir. ν ilə işarə olunur $\nu = \frac{\eta}{\rho}$).

Lakin, molekulyar sürtünmə qüvvəsi atmosferdə cüzi miqdarda olduğundan o qədər də böyük əhəmiyyət kəsb etmir. Hal-hazırda əldə etdiyimiz tənliklərdən tam sürtünmə qüvvəsini aşağıdakı kimi yazı bilərik.

$$\vec{F}_\tau = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} + F_z \vec{k} \quad (11)$$

burada, \vec{F}_τ - laminar hərəkətlərdə molekulyar sürtünmə qüvvəsini və ya turbulent axımlarda turbulent və molekulyar sürtünmə qüvvələrinin cəmini ifadə edir. (Bildiyimiz kimi axımın iki rejimi var. Laminar və turbulent. Laminar hərəkətlər yəni axım laylar üzrə baş verir, qarışmaya məruz qalmır (a), turbulent hərəkətlərdə isə düzxətli axım pozulur qarışma baş verir (b). Axımın laminar və ya turbulent olmasını isə Reynolds ədədi ilə müəyyən edirlər. Reynolds ədədinin kritik qiyməti mövcuddur, $Re=2300$, bu qiymətə kimi axım laminar, 2300-dən yuxarı isə turbulentdir <http://www.youtube.com/watch?v=9iS3o2ri3IQ>).



Atmosfer hərəkətlərinin interpretasiyası ilə bağlı bir məsələyə də baxaq. Hava hissəciyinin individual hərəkəti bizi az maraqlandırır (Laqranj təsviri). Daha vacibi müəyyən edilmiş nöqtədə meteoroloji kəmiyyətlər sahəsinin təyin edilməsidir (Eyler təsviri). Bu iki tənlik arasındakı əlaqəyə baxaq. t_0 zamanında, x,y,z koordinatlarına malik A nöqtəsində olan hava hissəciyi, dt zamanı ərzində $x+dx, y+dy, z+dz$ koordinatlarına malik B nöqtəsinə doğru hərəkət edərsə, o zaman A nöqtəsindəki hava hissəciyi özünün bütün xüsusiyyətlərini B nöqtəsinə daşımış olar. Beləliklə, hava hissəciyi ilə birlikdə yerini dəyişən istənilən substansiyanın (f) dəyişməsi, B və A nöqtəsində t_0+dt və t_0 zamanında bu substansiyanın kəmiyyətlərinin fərqinə bərabərdir, müvafiq olaraq,

$$df = \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial z} dz + \frac{\partial f}{\partial t} dt \quad (12)$$

Tənliyin sağ tərəfinin ilk üç həddi, t_0 başlanğıc anında $f(B)$ və $f(A)$ arasındakı fərqi, sonuncu hədd isə dt zaman ərzində (f)-in dəyişməsini göstərir. Bu tənliyi dt -yə bölsək və nəzərə alsaq ki, $\frac{dx}{dt} = u, \frac{dy}{dt} = v, \frac{dz}{dt} = w$, onda

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial f}{\partial t} + u \frac{\partial f}{\partial x} + v \frac{\partial f}{\partial y} + w \frac{\partial f}{\partial z} \quad (13)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, f – istənilən hava kütləsinin daşıya biləcəyi substansiyadır. Xüsusilə, onun xüsusi sürətləri olan u, v, w -ni.

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} &= \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z}, \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z}, \\ \frac{dw}{dt} &= \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z}, \end{aligned} \quad (14)$$

burada, $\frac{du}{dt}, \frac{dv}{dt}, \frac{dw}{dt}$ - zamana görə tam və xüsusi törəmələrdir.

Bütün əldə etdiyimiz tənliklərdən, x,y,z oxunda Nyutonun ikinci qanunun proyeksiyalarını yaza bilərik.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - 2\omega_y w + 2\omega_z v + F_x,$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - 2\omega_z u + 2\omega_x w + F_y, \quad (15)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - 2\omega_x v + 2\omega_y u + F_z,$$

Bu tənlikləri çox vaxt Nave-Stoks və ya hərəkət tənlikləri adlandırırlar. Bu tənliklər Nyutonun ikinci qanununa oxşayırlar lakin onun birbaşa nəticələridir.