## Лекция 6_ Екі айналмалы дене есебіндегі орбиталды тұрақтылық

Бүгін біз өте өзекті тақырып - ЖСТ екі айналмалы дене жағдайындағы орбиталық тұрақтылық туралы баяндаймыз. Орбиталық тұрақтылық көптеген астрономиялық жүйелерді, соның ішінде қос жұлдыздарды, планеталарды және тіпті қара құрдымдарды зерттеуге және түсінуге арналған негізгі ұғымдардың бірі болып табылады. Бұл тақырып Ғаламдағы физикалық процестерді түсіну үшін ғана емес, сонымен қатар ғарыштық миссиялар мен технологияларды дамыту үшін де үлкен маңызға ие. Бұл лекцияда біз Альберт Эйнштейн жасаған ЖСТ бағынатын екі айналмалы дене жағдайына тоқталамыз. Бұл тұрғыда бізде екі негізгі компонент бар - гравитация және айналу. Бұл екі аспект әртүрлі орбиталық шешімдерге әкелетін күрделі динамикалық жүйелерді құру үшін біріктіріледі. Кеңістік-уақыттың қисаюын ескере отырып, ЖСТ дағы денелердің бір-бірінің айналасындағы қозғалысын қалай сипаттайтынын және денелердің айналуы орбиталардың құрылымына және олардың тұрақтылығына қалай әсер ететінін қарастырамыз. Біз сондай-ақ гравитациялық толқындар түсінігін және олардың осы контексте рөлін қарастырамыз. Біз бұл жүйелерді талдау мен модельдеудің жалпы принциптерін де, арнайы математикалық әдістерін де қарастырамыз. Ол үшін ілгерілемелі қозғалыс теңдеулерін жазайық.

$$\dot{\vec{M}} = \frac{1}{2c^2}\left(\vec{S}\vec{v}\right)\left[\vec{\omega}\vec{v}\right] + \frac{2\gamma}{r^3c^2}\left[\vec{S}_0\vec{M}\right] + \frac{3\gamma m_0}{2mr^3c^2}\left[\vec{S}\vec{M}\right] - \frac{3\gamma}{r^5c^2}\left(\vec{S}^*\vec{r}\right)\left[\vec{r}\vec{S}_0\right] - \frac{3\gamma}{r^5c^2}\left(\vec{S}_0\vec{r}\right)\left[\vec{r}\vec{S}^*\right], \tag{1}$$

$$\dot{\vec{A}} = \left[4E + 6mU + \left(\frac{m}{m_0}\xi_0 + \xi\right) + \left(\frac{2}{3}\varepsilon + 3T\right)\right]\frac{\left[\vec{\nabla}U\vec{M}\right]}{mc^2} + \frac{1}{2c^2}\left(\vec{S}\vec{v}\right)\left[\vec{v}\left[\vec{\omega}\vec{v}\right]\right] + \frac{1}{2c^2}\left(\vec{S}\vec{v}\right)\left[\vec{\nabla}U\left[\vec{\omega}\vec{r}\right]\right] +$$
$$+ \frac{2\gamma}{r^3c^2}\left[\vec{S}_0\vec{A}\right] + \frac{3\gamma m_0}{2mr^3c^2}\left[\vec{S}\vec{A}\right] + \frac{6\gamma}{mr^5c^2}\left(\vec{S}_0\vec{M}\right)\left[\vec{r}\vec{M}\right] + \frac{9\gamma m_0}{2m^2r^5c^2}\left(\vec{S}\vec{M}\right)\left[\vec{r}\vec{M}\right] -$$
$$- \frac{3\gamma}{mr^5c^2}\left\{\left(\vec{S}^*\vec{S}_0\right)\left[\vec{r}\vec{M}\right] - \frac{5}{r^2}\left(\vec{S}^*\vec{r}\right)\left(\vec{S}_0\vec{r}\right)\left[\vec{r}\vec{M}\right] + \left(\vec{S}^*\vec{r}\right)\left[\vec{S}_0\vec{M}\right] + \left(\vec{S}_0\vec{r}\right)\left[\vec{S}^*\vec{M}\right] +\right.$$
$$\left. + \left(\vec{S}^*\vec{r}\right)\left[\vec{p}\left[\vec{r}\vec{S}_0\right]\right] + \left(\vec{S}_0\vec{r}\right)\left[\vec{p}\left[\vec{r}\vec{S}^*\right]\right]\right\}. \tag{2}$$

$$\frac{d\vec{M}}{dt} = \left[\vec{\Omega}\vec{M}\right], \qquad \frac{d\vec{A}}{dt} = \left[\vec{\Omega}\vec{A}\right], \tag{3}$$

мұндағы

$$\vec{\Omega}=\frac{\partial \overline{H}}{\partial \vec{M}}=\frac{3m\alpha^4}{M^3M_0^3c^2}\vec{M}+\frac{m^2\alpha^4}{m_0M^3M_0^3c^2}\left\{2\vec{S}_0-\frac{3m(\vec{M}\vec{S}_0)}{7m_0M^2}\vec{S}_0+\frac{6m(\vec{M}\vec{S}_0)^2}{7m_0M^4}\vec{M}\right\}-$$
$$-\frac{3m^2\alpha^4\vec{M}}{m_0M^5M_0^3c^2}\left\{2(\vec{M}\vec{S}_0)+\frac{m}{7m_0}S_0^2-\frac{3m}{7m_0M^2}(\vec{S}_0\vec{M})^2\right\}$$

(4)

$M_0=\dfrac{M}{\sqrt{1-\dfrac{A^2}{\alpha^2}}}$ - жүйенің инварианты.

(3) және (4) түрдегі эволюциялық қозғалыс теңдеуін жазамыз

$$\frac{d\vec{M}}{dt}=-\frac{MS_1\omega_2\left(1-\sqrt{1-e^2}\right)}{2apm^2c^2\left(1+\sqrt{1-e^2}\right)}\vec{M}+\left[\vec{\Omega}\vec{M}\right], \quad (5)$$

$$\frac{d\vec{A}}{dt}=\frac{MS_2\omega_1}{2a^2m^2c^2\left(1+\sqrt{1-e^2}\right)^2}\vec{A}+\left[\vec{\Omega}\vec{A}\right]. \quad (6)$$

Енді екі айналмалы дене есебіндегі $M$ және $A$ элементтерге қатысты орнықтылық мәселесін қарастырайық, басқаша айтқанда, біз $\vec{M}$ және $\vec{A}$ векторлық элементтердің абсолютті мәндеріне қатысты тұрақтылық мәселесін қарастырамыз және бұл екі айналмалы дене есебіндегі орбиталық орнықтылықты білдіреді. Бұл теңдеулерден көрініп тұрғандай, жалпы жағдайда $\vec{M}$ және $\vec{A}$ сақталмайды. Абсолютті мәндерге қатысты орнықты орбиталардың векторлық элементтерін анықтау үшін келесі шарттарды қою керек

$$M=\text{const},\quad A=\text{const} \quad (7)$$

Бұл шарттар былай орындалады

1. Егер $\vec{M}=0$ болса, яғни орбита центр арқылы өтетін түзу сызықтарға айналғанда.

2. Егер $\vec{S}=0$, болса, яғни есеп Лензе-Тирринг есебіне айналғанда, немесе осьтік симметриялы өрістегі сынақ денесінің қозғалысы мәселесіне

3. Егер $\vec{A}=0$, дөңгелек орбиталар үшін.

4. Егер $\vec{S}\uparrow\uparrow\vec{M}$ немесе $\vec{S}\uparrow\downarrow\vec{M}$.

Қолданылған әдебиет

[1]. Эйнштейн А. Сущность теории относительности. М., 1955, 159 с.

[1]. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. М., 1961, 563 с.

[3]. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М., 1973, 400 с.

[4]. Эйнштейн А., Инфельд Л., Гоффман Б. Гравитационные уравнения и проблема движения // Эйнштейн А. Собр. научн. трудов. М., 1966. Т.2. с. 450-513.

[5]. Инфельд Л., Плебанский Е. Движение и релятивизм. М., 1962, 204 с.

[6]. Фок В.А. О движении конечных масс в общей теории относительности// ЖЭТФ, 1939, Т.9. с. 375-410.

[7]. Schwarzschild, Sitzungsber. d. */Akad.d.Wissensch., S.189,1916.

[8]. Kerr R.P., Phys. Rev. Letters, 11,237(1963).

[9]. De Donder. La gravifique einsteinienne. Paris, 1921.

[10]. K.Lanczos. Phys.ZS. 23, 537, 1923.

[11]. Абдильдин М.М. Механика теории гравитации Эйнштейна. Алма-Ата. 1988, 198 с.