خلاصه فیزیک هالیدی - فصل سیزدهم :گرانش

قانون گرانش: هر ذره ای در عالم ذره های دیگر را با نیروی گرانشی جذب می کند که بزرگی آن عبارت است از:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

که در آن m_1, m_2جرمهای ذره ها (قانون گرانشی نیوتون).rفاصلهٔ بین آنها و G ثابت گرانشی است.

رفتار گرانشی پوسته های کروی یکنواخت: معادلهٔ بالا فقط برای ذره ها برقرار است.نیروی گرانشی بین جسمهای گسترده (غیر نقطه ای) را یه طور کلی باید با جمع کردن(انتگرالگیری)نیروهای مجزا که با ذره های مجزا که بر ذره های مجزای درون جسمها وارد می شودبه دست آورد اما , اگر جسم به صورت پوستهٔ کروی یکنواخت یا به صورت توپر با تقارن کروی باشد , نیروی گرانشی خالص وارد بر یک جسم خارجی را می توان محاسبه کرد در صورتی که همهٔ جرم پوسته یا جسم در مرکز آن قرار داشته باشد.

اصل بر هم نهی نیروهای گرانشی از اصل بر هم نهی پیروی می کنند,یعنی اگر n ذره بر هم کنش کنند نیروی خاص $\vec{\mathrm{F}}_{1.net}$ وارد بر ذرهٔ معین ۱ برابر جمع نیروهایی است که از طرف همهٔ ذره های دیگر بر آن وارد می شود:

$$\vec{\mathrm{F}}_{1.net} = \sum_{i=2}^{\mathrm{n}} \vec{\mathrm{F}}_{1.\mathrm{i}}$$

که در آن جمع یک جمع برداری روی نیروهای $\vec{\mathrm{F}}_{1.\mathrm{i}}$است که از طرف ذره های ۲و۳و.....و nبر ذرهٔ ۱ وارد می شود. نیروی گرانشی $\vec{\mathrm{F}}_1$ وارد بر یک ذره از طرف جسم گسترده را می توان با تقسیم جسم به اجزای دیفرانسیلی به جرم dm به دست آورد به طوری که هر جزء یک نیروی دیفرانسیلی $d\vec{F}$ را بر ذره وارد می کند و در نتیجه با انتگرالگیری می توان جمع همهٔ نیروها را پیدا کرد :

$$\vec{F}_1 = \int d\vec{F}$$

شتاب گرانشی: شتاب گرانشی $\boldsymbol{a_g}$یک ذره (به جرم **m)** فقط از نیروهای گرانشی وارد بر ذره ناشی می شود. وقتی این ذره در فاصلهٔ r از مرکز یک جسم کروی یکنواخت به جرم M قرار داشته یاشد , بزرگیF نیروی گرانشی وارد بر ذره با رابطهٔ ۱۳-۱ داده می شود.

بنابراین با استفاده از قانون دوم نیوتون:

$$F = m\boldsymbol{a_g}$$

که به دست می دهد:

$$\boldsymbol{a_g} = \frac{\boldsymbol{GM}}{\boldsymbol{r^2}}$$

شتاب سقوط آزاد و وزن: از آنجا که جرم زمین بطور یکنواخت توزیع نشده است, و چون زمین یک کرهٔ کامل نیست و به دور خود می چرخد ؛ شتاب سقوط آزاد واقعی$\vec{g}$ ذره در نزدیکی زمین اندکی با شتاب گرانشی $\vec{a}_g$فرق می کند و وزن ذره (برابر mg) با نیروی گرانشی که به ذره اثر می کند,به طوری که با معادلهٔ۱۳-۱ محاسبه کردیم,تفاوت خواهد داشت.

گرانش درون یک پوستهٔ کروی: پوستهٔ یکنواختی از ماده هیچ نیروی گرانشی خالصی به ذره ای که درون آن قرار دارد وارد نمی کند .این بدان معناست که اگر ذره ای درون کرهٔ توپر یکنواختی در فاصلهٔr از مرکز آن قرار داشته باشد . نیروی گرانشی وارد بر ذره فقط ناشی از جرم M_{ins} است که درون کره ای به شعاع r قرار دارد .این جرم با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$M_{\text{ins}} = p\frac{4}{3}\pi r^2$$

که P چکالی کره است.

انرژی پتانسیل گرانشی: انرژی پتانسیل گرانشی **U(r)**دستگاهی شامل دو ذره با جرمهای **M** و**m** و فاصلهٔ جداییr برابر منفی کار انحام شده توسط نیروی گرانشی وارد از هر ذره بر ذره دیگر است, در صورتی که فاصلهٔ بین ذره ها از بینهایت(فاصله های دور)تا r نغییر کند.این انرژی برابر است با:

$$U = \frac{GMm}{r}$$

انرژی پتانسیل یک سامانه: اگر سامانه ای شامل بیش از دو ذره باشد,انرژی پتانسیل گرانشی کل آن **U**برابر است با مجموع انرژی های پتانسیل مربوط به همهٔ جفت ذره ها,به طور مثال,برای سه ذره با جرمهای m_1, m_2, m_3 داریم :

$$U = \frac{Gm_1m_2}{r_{12}} + \frac{Gm_1m_3}{r_{13}} + \frac{Gm_2m_3}{r_{23}}$$

تندی **فرار:** یک شیء وقتی می تواند از تاثیر نیروی جاذبهٔ یک جسم نجومی به جرم M و شعاع **R** فرار کند(یعنی به فاصلهٔ بینهایت برسد.) که تندی آن در نزدیکی سطح جسم ,دست کم برابر تندی فرار داده شده با رابطهٔ زیر باشد:

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

قانون های کپلر: جاذبهٔ گرانشی باعث نگهداشتن اجزای منظومهٔ شمسی به یکدیگر می شود و امکان می دهد که ماهواره ها چه طبیعی و چه مصنوعی به دور زمین بگردند .چنین حرکتهایی بر اساس سه قانون کپلر برای حرکت سیاره ای رفتار می کنند,که تمام اینها نتیجه های مستقیمی از قانونهای حرکت گرانش نیوتون هستند:

۱) قانون مدارها : همهٔ سیاره ها در مدارهای بیضی شکل حرکت می کنند که خورشید در یکی از کانون های آن قرار دارد.

۲)قانون مساحت ها: خط وصل کنندهٔ بین هر سیاره و خورشید در بازه های زمانی یکسان مساحت های یکسانی را جارو می کند (این عبارت همان پایستگی اندازه حرکت زاویه ای را بیان می کند.)

۳)قانون دوره های تناوب: توان دوم دورهٔ تناوب **T** هر سیاره به دور خورشید متناسب باتوان سوم نیم قطر بزرگ مدار آن α است.برای مدارهای دایره ای با شعاع r

$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$ (قانون دوره های تناوب)

که M جرم جسم جذب کننده است که در حالت منظومهٔ شمسی همان خورشید است. برای سیاره ها یی که مدارهای بیضوی دارند به جای rباید نیم قطر بزرگ α قرار داده شود.

انرژی در حرکت سیاره ای: وقتی سیاره یا ماهواره ای به جرم **m**در مداری دایره ای به شعاع **r** حرکت کند, انرژی پتانسیل Uو انرژی جنبشی K با رابطه های زیر داده می شوند:

$$U = -\frac{GMm}{r} \text{و} K = \frac{GMm}{2r}$$

در این صورت انرژی مکانیکی E=K+U برابر است با:

$$E = -\frac{GMm}{2r}$$

برای یک مدار بیضوی با نیم قطر بزرگ α ,این انرژی برابر است با:

$$E = -\frac{GMm}{2\alpha}$$

دیدگاه انشتین دربارۀ گرانش: اینشتین نشان داد که گرانش و شتاب هم ارزند .این اصل هم ارزی باعث شد تا او به نظریۀ گرانش (نظریۀ نسبیت عام)برسد,نظریه ای که اثرهای گرانشی را بر حسب خمیدگی فضا توضیح می دهد.