Para órbitas planetarias

$$r(\phi) = \frac{b_1}{1 + b_2 \cos[b_3(\phi - \phi_i)]}$$

corresponde a una cónica (elipse) que puede ~~tener~~ una precesión.

Históricamente, se presentan varios problemas (juntos con muchos aciertos) con la órbita de algunos planetas.

Le Verrier descubre Neptuno únicamente perturbando la teoría Newtoniana. (Ver problema de tarea), de manera que pudo predecir su posición para que los astrónomos pudieran observarlo.

Sin embargo, este método falla cuando se aplica a Mercurio y su anomalía en la precesión.

Otro intento: P. Gerber propone que la gravedad necesita propagarse de manera similar al campo electromagnético. Modifica el potencial y encuentra esta velocidad

$$c = 305500 \ \frac{km}{s}$$

El gran problema (actual) con la gravedad Newtoniana tiene que ver con la luz.

* La luz no es afectada por un campo gravitacional.

⇒ se observan lentes gravitacionales

⇒ Se observa redshift gravitacional.

La teoría presenta problemas ~~[illegible]~~ incurables. En este contexto se introduce la relatividad (especial y general).

El punto de partida son las ecuaciones de Einstein para el campo gravitacional:

$$\underbrace{G_{\mu\nu}}_{\text{Representa geometría}} = \frac{8\pi G}{c^4} \underbrace{T_{\mu\nu}}_{\text{Representa masa-energía}}$$

Tensor de energía-momentum

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \underbrace{\Lambda g_{\mu\nu}}_{\text{Término invariante}}$$

cte cosmológica

Tensor de Einstein

Cl 4 (3)

$R_{\mu\nu}$: Tensor de curvatura de Ricci

R : Escalar de ~~R~~curvatura de Ricci

$g_{\mu\nu}$: Tensor métrico $(\mu,\nu = \underbrace{0}_{\text{Tiempo}},\underbrace{1,2,3}_{\text{espacio}})$

contiene la información de cómo vamos a medir distancia y tiempo.

En relatividad especial:

$$\eta_{\mu\nu} \equiv g_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad \mathrm{sig}(\eta) = -2$$

ó bien

$$\eta_{\mu\nu} \equiv g_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \mathrm{sig}(\eta) = 2$$

Elemento de línea : $(\mathrm{sig}(\eta) = +2)$

$$ds^2 = -c^2 dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2$$

$\mathrm{sig}(\eta) = -2$

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$