

EAV

clase # 7

29/07/2025

Relatividad general

1. Perihelio de las órbitas de los planetas

2. Curvamiento de los rayos de la

3. Efecto Doppler gravitacional

21. XD

Comprobaciones recientes: ondas gravitacionales

y agujeros negros.

Black hole



¿Cómo se obtienen estos resultados a partir de las EC. de Einsteín?

(i) El tensor métrico $g_{\mu\nu}$ solo depende de la coordenada generalizada

$$ds^2 = -f(r)dt^2 + [f(r)]^{-1}dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2)$$

$$\boxed{\frac{d}{dr}(rf(r)) = 1}$$

Aplicamos la solución de Schwarzschild al sistema solar suponiendo que la masa de los planetas no afecta el campo gravitacional.

Ec. geodésica

$$\frac{d^2x^\mu}{dx^2} + \sum_{\mu\nu}^P \frac{dx^\mu}{dx} \frac{dx^\nu}{dx} = 0$$

Para el sistema solar

$$\frac{M_J}{M_\odot} = \underline{v}$$

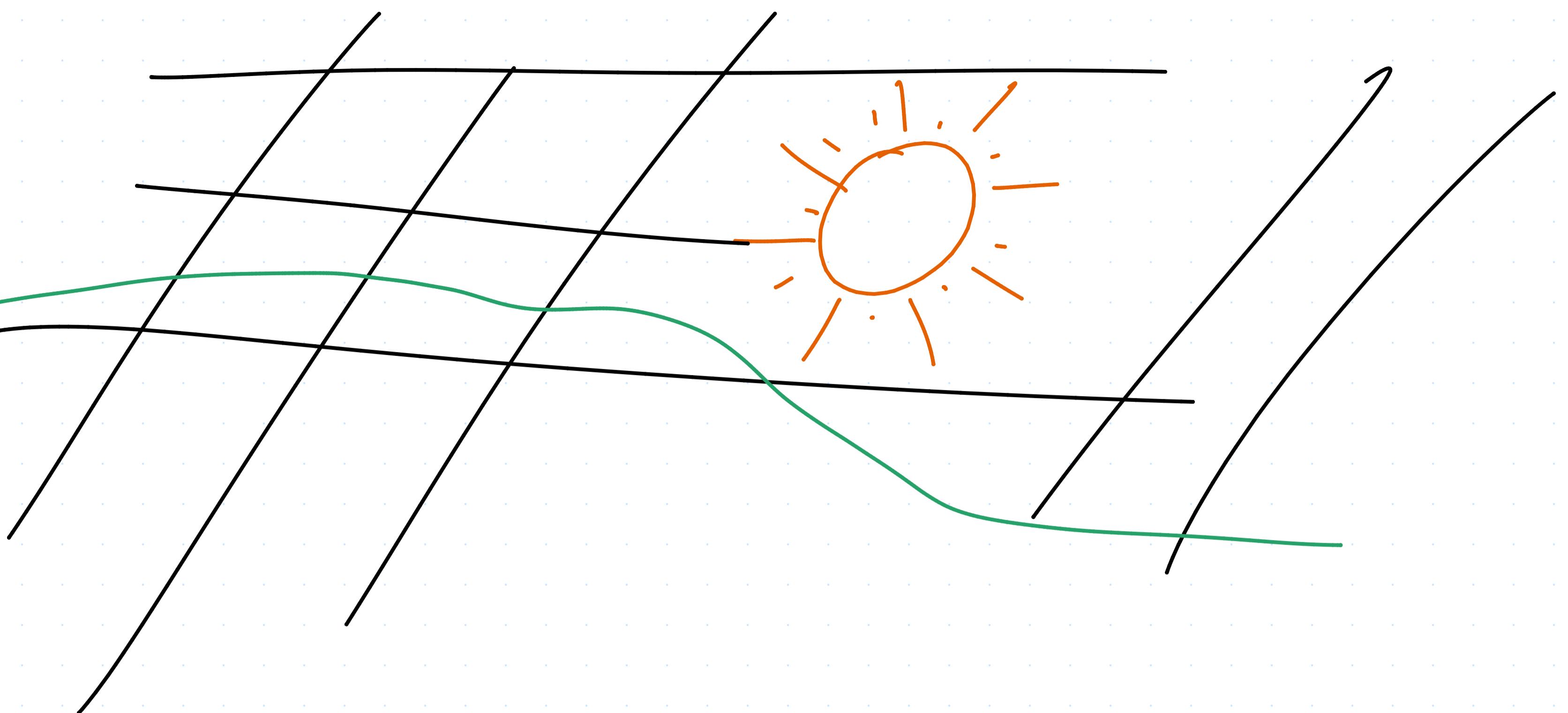
Algunas predicciones de R.G.

Órbita de Mercurio.

- La teoría de Einstein predice un avance de la órbita de mercurio de 43 segundos de π por siglo.

los rayos de la luz se curvan al pasar cerca del sol:

Curvatura de
la luz



Deflexión de la luz

- los rayos de luz se curvan con la gravedad restando ...
- En 1913 Einstein escribe a un astrónomo descubriendo el efecto de curvatura de los rayos de luz al pasar cerca de una estrella
- otro efecto gravitacional! El desvío al rojo de las ondas.

Ajos negros

- Concepto de Agujero negro: velocidad de escape y densidad.
 - 1) centro de las galaxias / núcleos activos
 - 2) imágenes IR de an en 1987 + sg 4*

- 3) Disminución en el periodo de rotación de sistemas binarios
- 4) Ondas gravitacionales provenientes de la fusión de los objetos ultracompactos.

- Agujero negro (mecánica vectorial).

$$E_c = E_p \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{mGM_T}{r}$$

$$\Rightarrow v = \left(\frac{2GM}{r} \right)^{1/2}; \quad G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$$

$$m_T = ?$$

$$R_T = 6,500 \text{ km} \rightarrow \text{velocidad de escape}$$

$$v_E = 11 \text{ km/seg}$$

• Si el radio fuera de 3250 km

"velocidad de escape 15.6 km/seg" ... $v \propto \frac{1}{r}$

Si el radio fuera de 1 cm ...

Algunos radios críticos son:

$$R_c = \frac{2GM}{c^2} ; \quad R_{c7} = 8.9m \dots$$

Teoría corpuscular de la luz propuesta por Isaac Newton.

La luz lleva a que habría cuerpos tan densos.

El misterio de Sirius A y Sirius B

El misterio de las enanas blancas (1925)

Densidad de Sirius B = $61\,000 \text{ gr/cm}^3$ (1925)

$$\text{sol} = 1.41 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Tierra} = 5.5 \text{ gr/cm}^3$$

c + c.

El equilibrio en una estrella se debe a que se compensan

la presión interna y la fuerza gravitacional hacia el centro.

Modulos del interior de objetos

compactos:

- Configuraciones en equilibrio.

1928 Sir Arthur Eddington y Subrahmanyan Chandrasekhar.

Masa de la estrella \rightarrow destino final

$M < 1.4 M_{\odot}$ \rightarrow Enana blanca

$1.4 M_{\odot} < M < 2.5 M_{\odot}$ \rightarrow Neutron o pulsar

Agujeros negros radiación de su

disco de acción.

2010 Hubble

2023 H

¿cómo se detecta un agujero negro?

Ondas de radio son producidas por electrones muy rápidos.