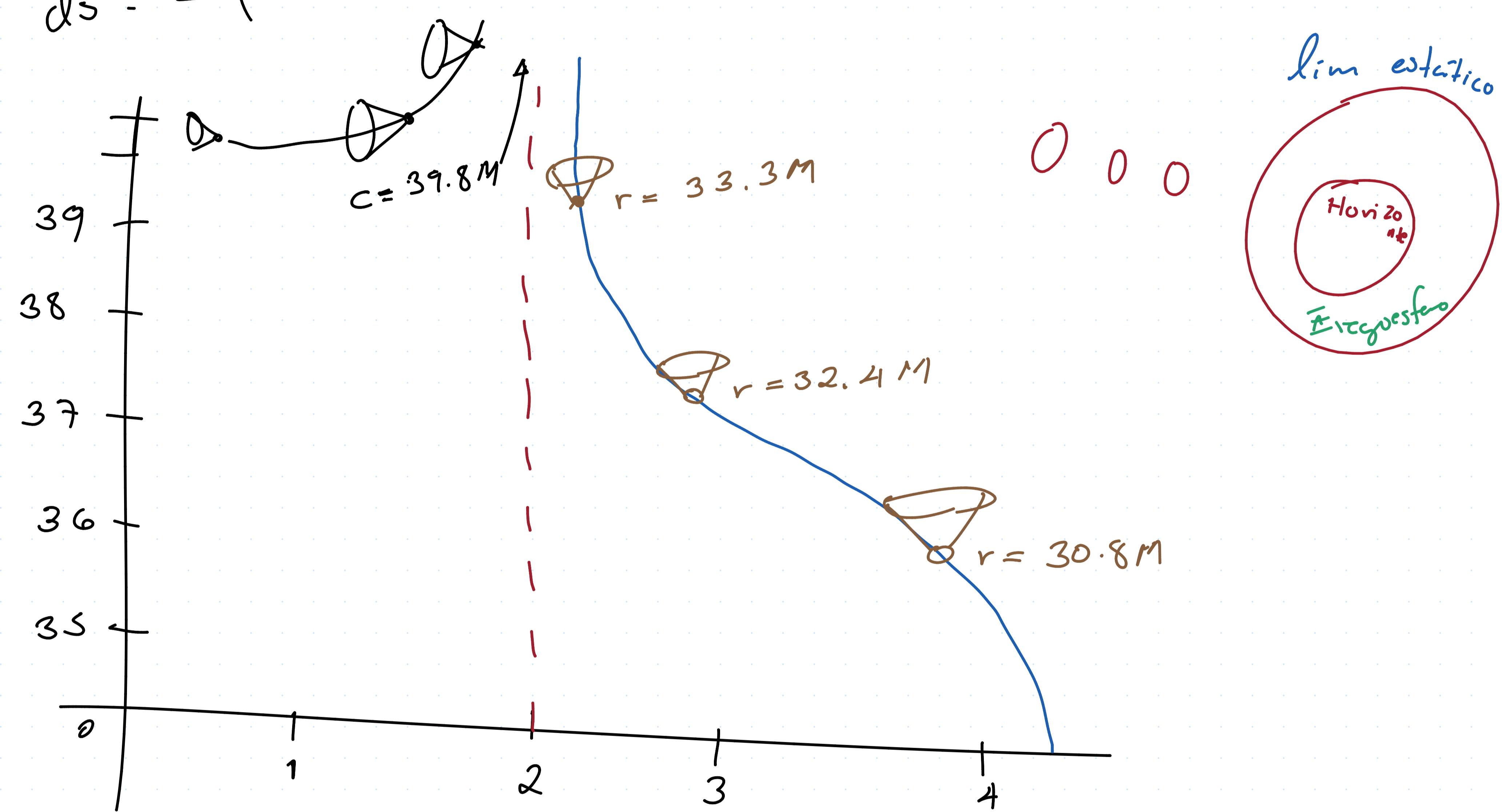


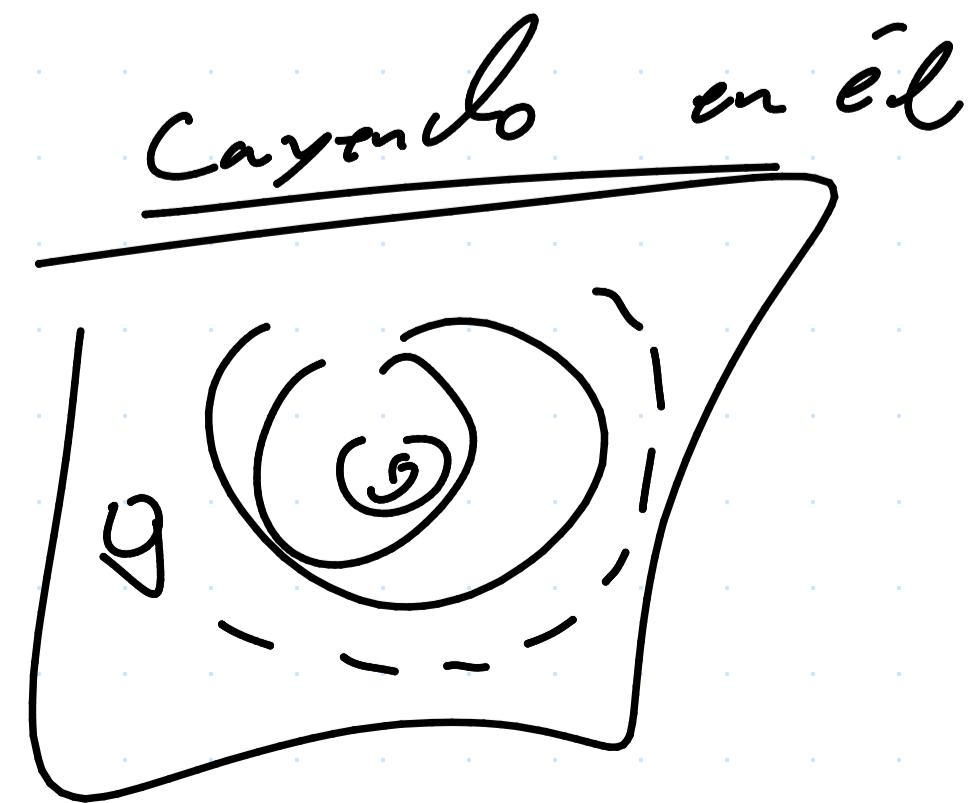
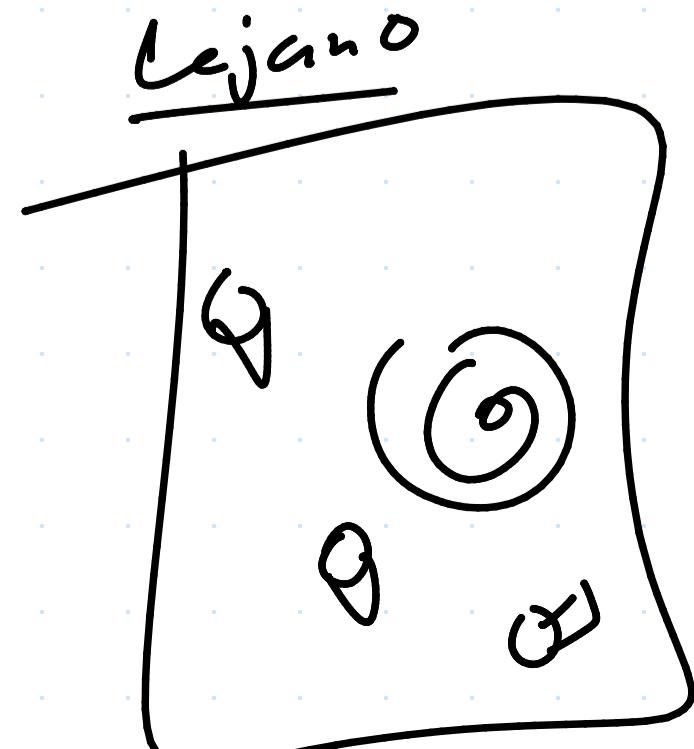
- Agujero negro de Schwarzschild?

Elementos del tensor métrico.

$$ds^2 = - \left(1 - \frac{2M}{r} \right) dt^2 + \left(1 - \frac{2M}{r} \right)^{-1} dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2)$$



El horizonte: visto por un observador lejano (izquierda) y
por uno cayendo en él (derecha)



- Diagrama distancia vs. tiempo del horizonte en un agujero negro.
- La estrella va colapsando hasta quedar dentro del horizonte, de donde ya no recibimos info.

Dentro del horizonte: : El horizonte de

Schwar. es un de facto el sistema de coordenadas. Un cambio de coordenadas puede crear una singularidad de coordenadas.

la singularidad

$$ds^2 = dx^2 + dy^2$$

Trans. de coordenadas:

$$\xi = \frac{x^3}{3}$$

Invariantes (Tensores)

$$R_{\alpha\nu\lambda\beta} R^{\alpha\nu\lambda\beta} = \frac{78M^2}{r^6}$$

• Escalar

↳ singularidad

• La singularidad es finita en $r=0$,

como nos lo indica este invariante:

En $r=0$ el invariante se hace infinito.

En 1963 R. P. Kerr obtiene una sol. de las

Ec. de Einstein que representan una masa rotante.

La métrica de ese espacio-tiempo es:

$$ds^2 = g^2 \left(\frac{dr^2}{\Delta} + d\theta^2 \right) + (r^2 + a^2) \sin^2 \theta d\phi^2 - dt^2 + \frac{2Mr}{g^2}$$

$$(a \sin^2 \theta d\phi - dt)^2, \text{ donde } g^2(r, \theta) = r^2 + a^2 \cos^2 \theta,$$

$$\Delta(r) = r^2 - 2Mr + a^2$$

• El estado final de una estrella que colapsa
está descrito por este elemento de línea.

El giro de estos agujeros negros permite
extraer energía en la vecindad del agujero negro,
mediante el proceso de Penrose.

~ — e — o — e —

Agujeros negros rotando

Horizon of a non-spinning black hole

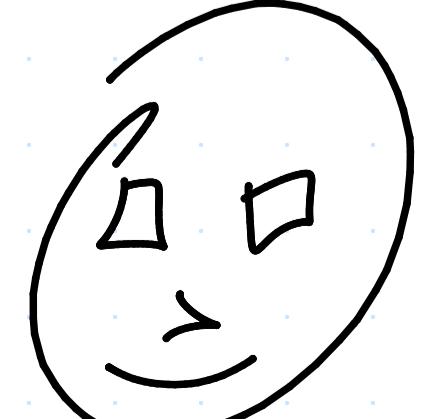


Agujero negro cuántico

Cavita XD

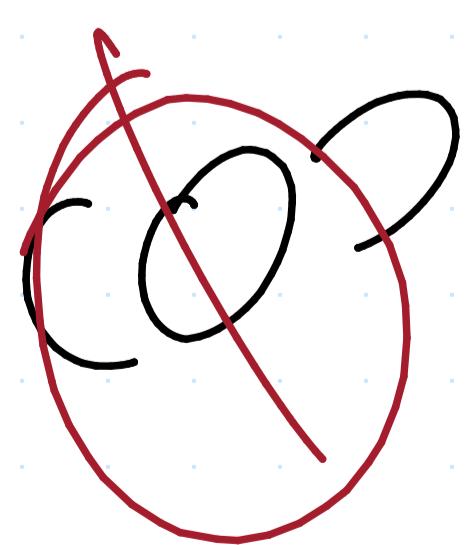
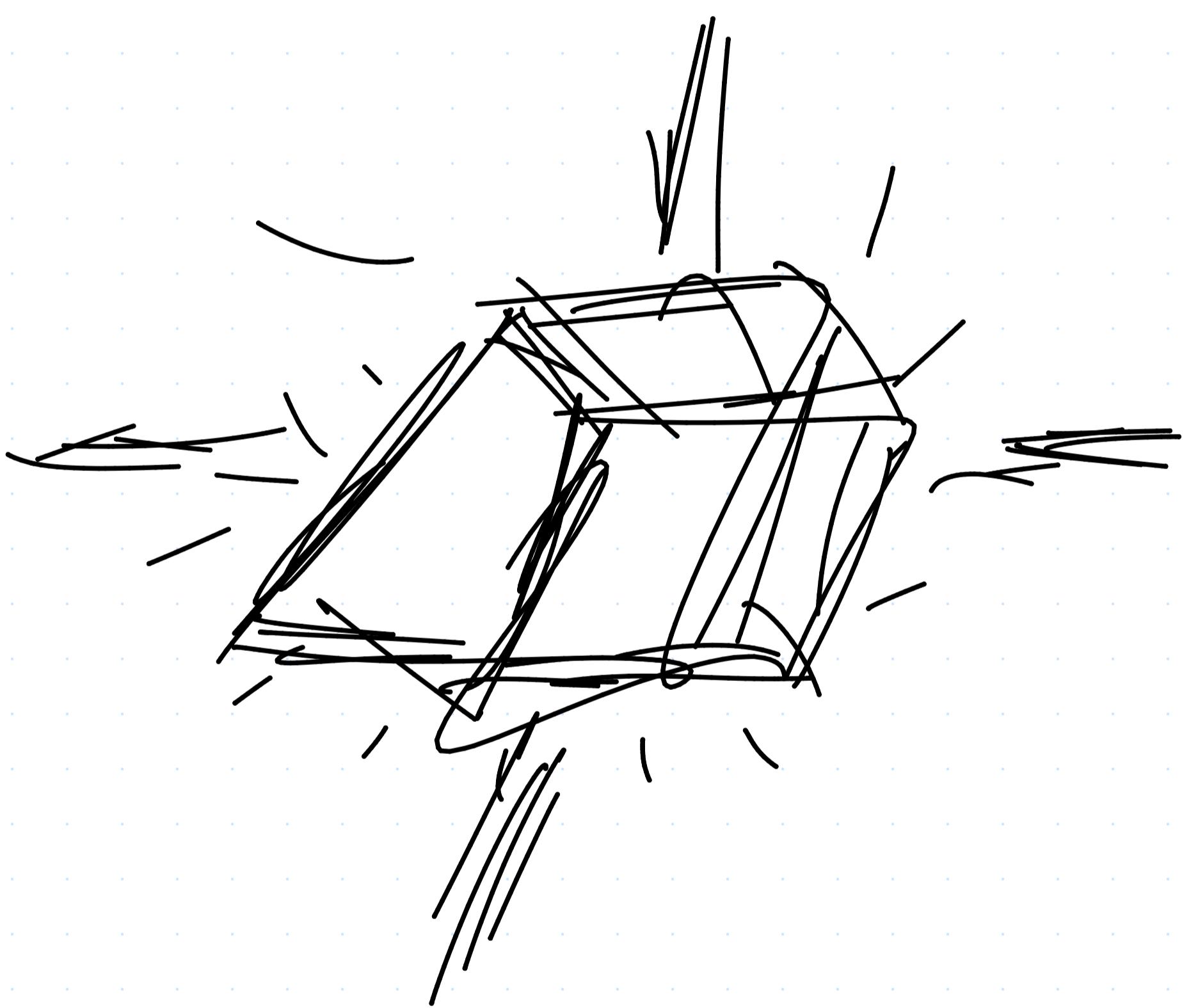
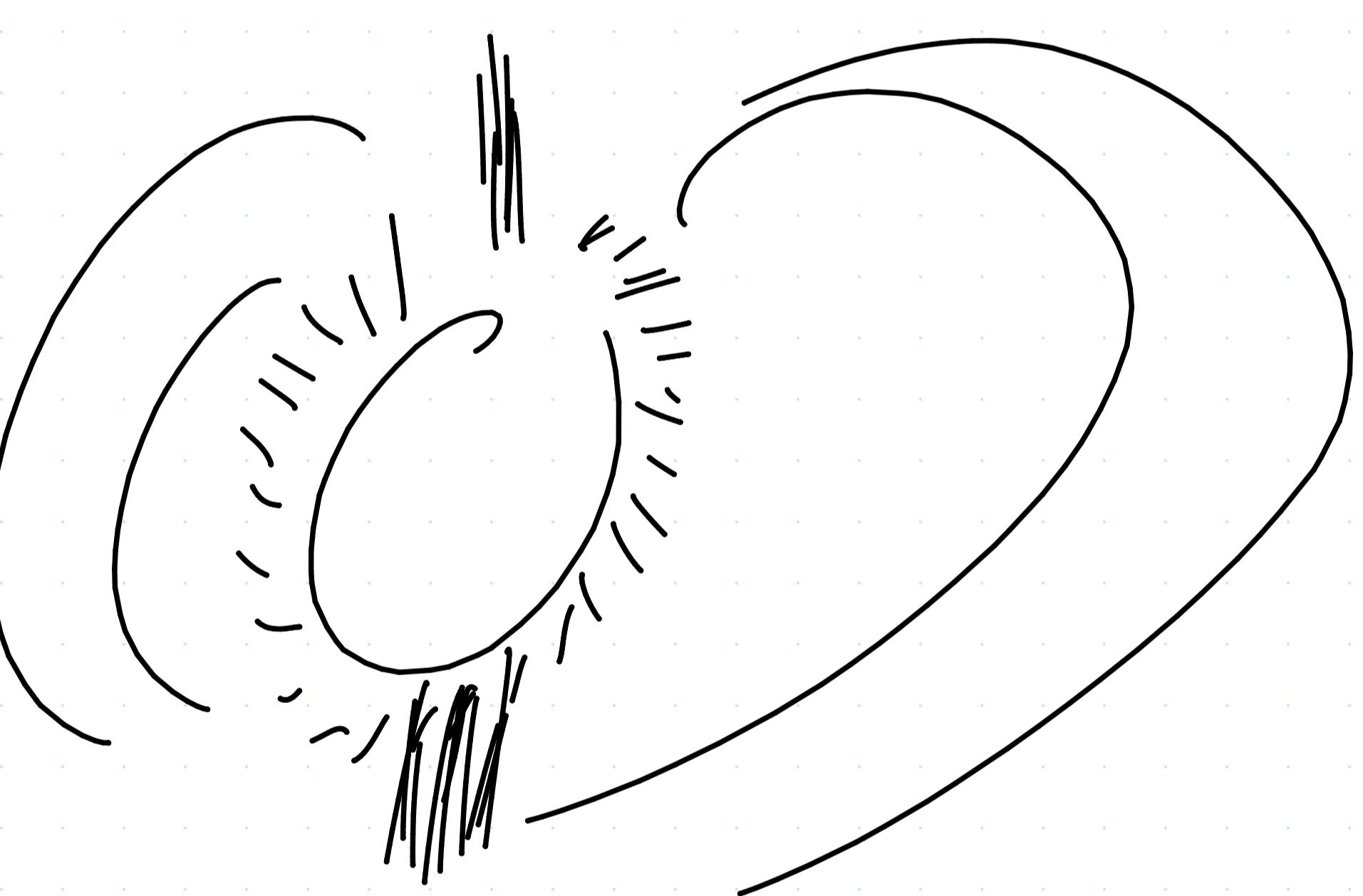


cavita cuántica

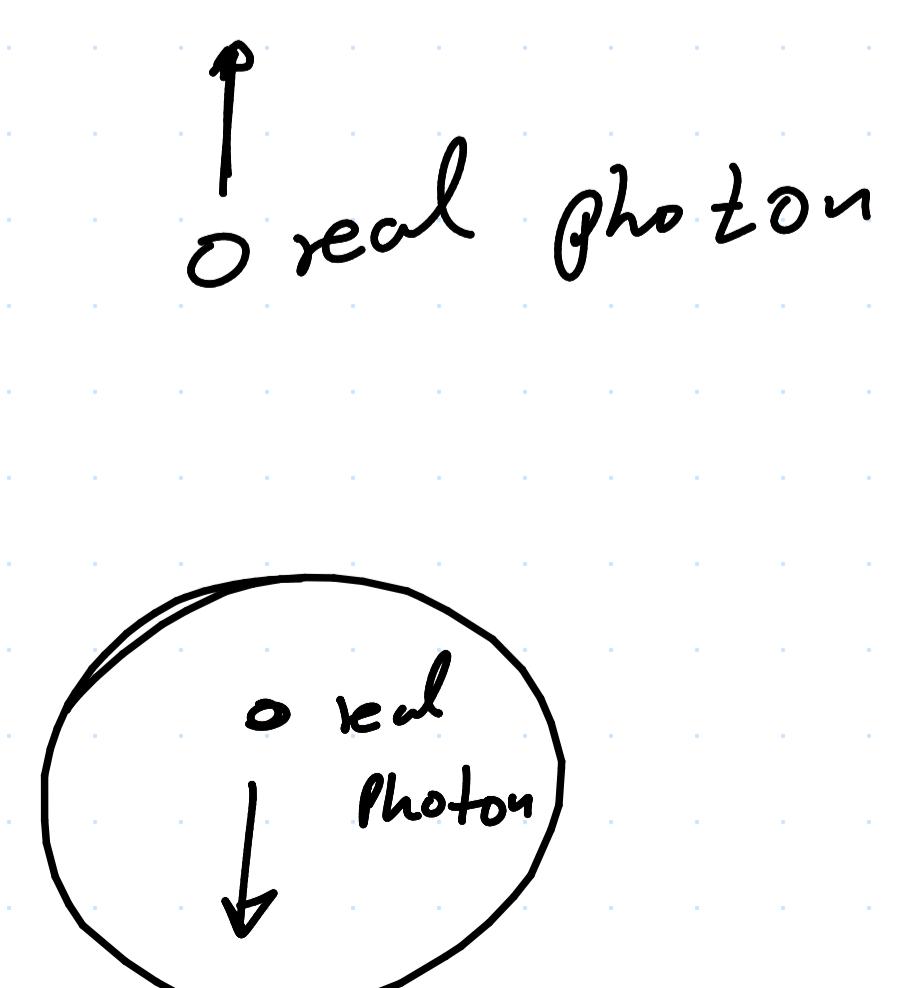
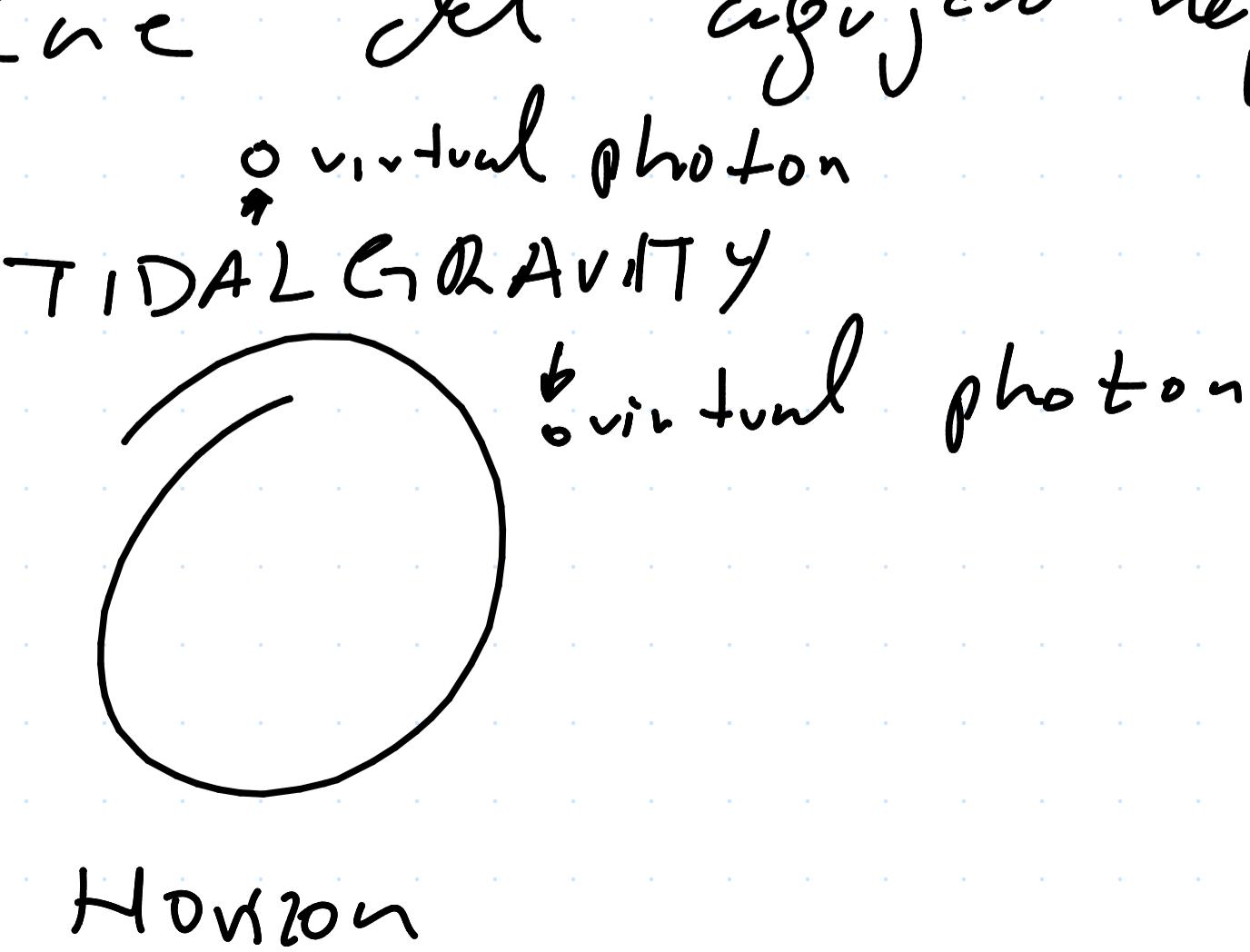


De acuerdo con las Ec. de Einstein, el agujero negro clásico no tiene polo. Esto quiere decir que el resultado del colapso de una estrella no depende de su forma ni composición anteriores. Es decir

"no hairy theorem"



- En 1975 S. Hawking demuestra que, para un campo cuántico hay una emisión desde el horizonte; estos partículas "extraen" energía del agujero negro, si ésta es suficiente se agota y entonces se dice que los agujeros negros se evaporan.
- En el vacío cuántico hay fluctuaciones en la energía y existe la...
- El análogo ocurre para el ~~Kerr~~ campo gravitacional cerca del agujero negro. Uno de los fotones virtuales (creados por fluctuaciones de energía) que del agujero negro mantiene el otro escapa.



- El agujero negro emite radiación: esto es el resultado de aplicar la mecánica cuántica a un espacio curvo.

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \langle 0 | T_{\mu\nu} | 0 \rangle$$

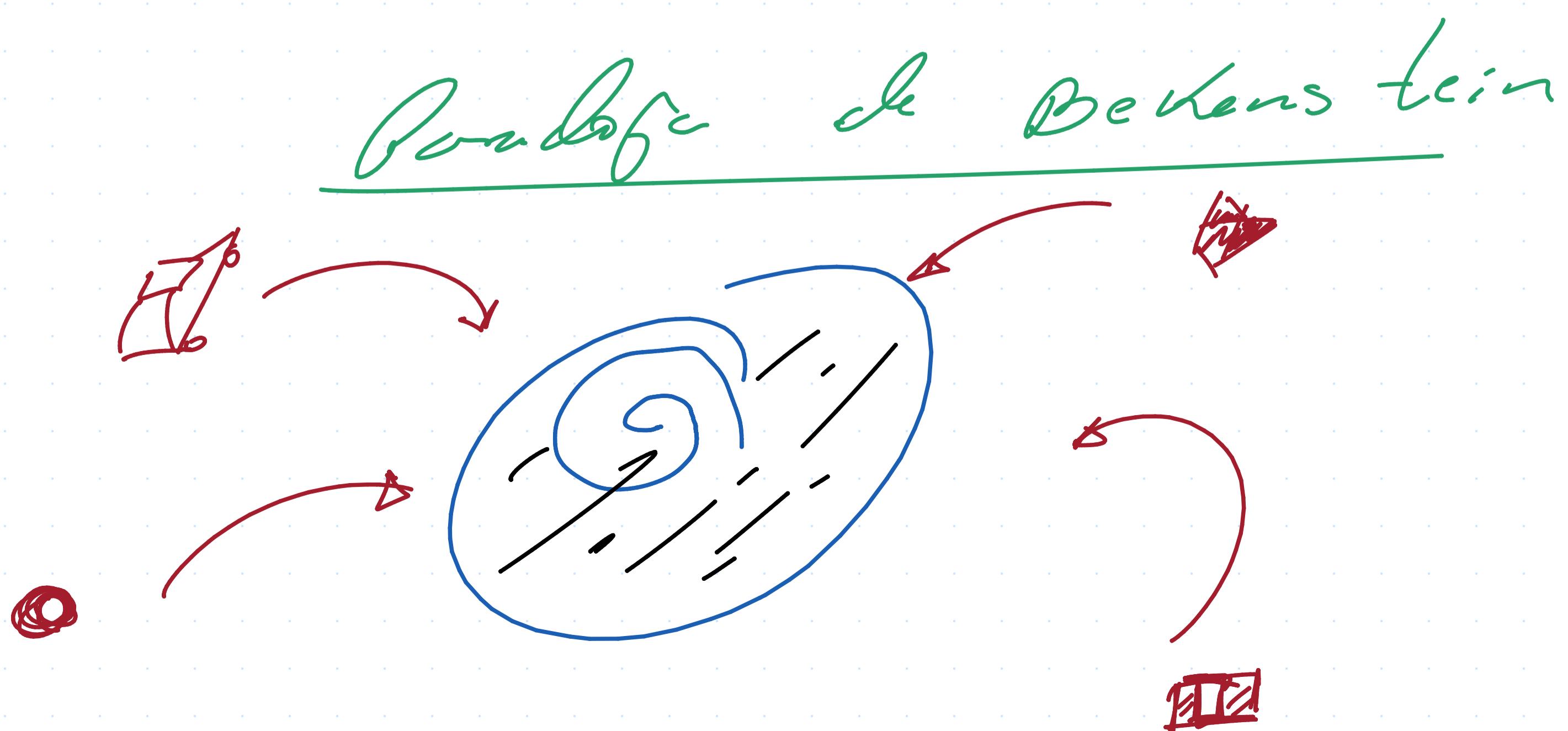
clásicamente hay agujeros negros que $x=0$. Al no dejar escapar nada, el agujero negro tiene $T=0$.

EFFECTOS CUÁNTICOS

creación de partículas

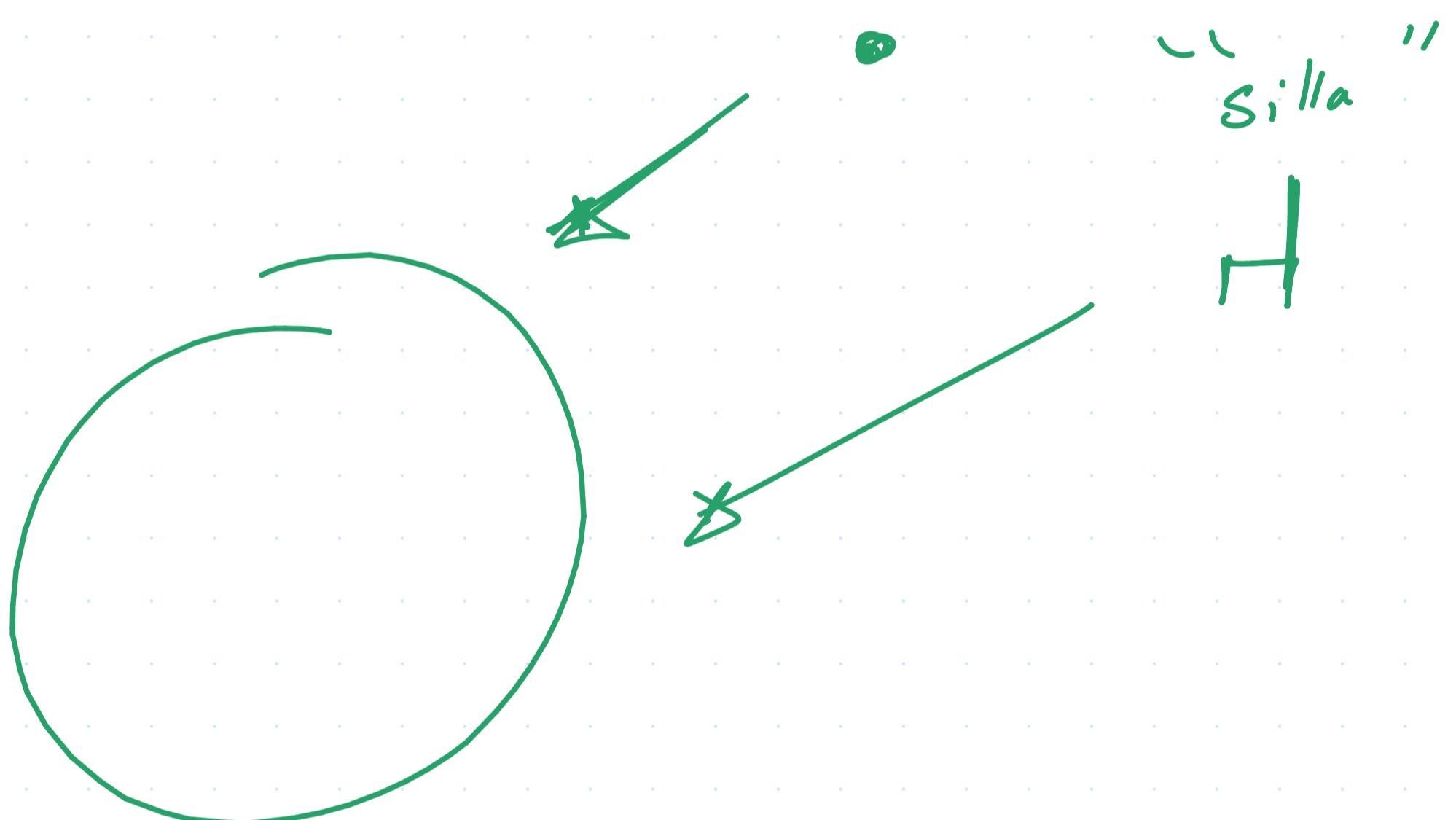
2d donch → Agujero negro rotante 1971 - 1972

Hawking, Stephen → " " " estático . . . X D



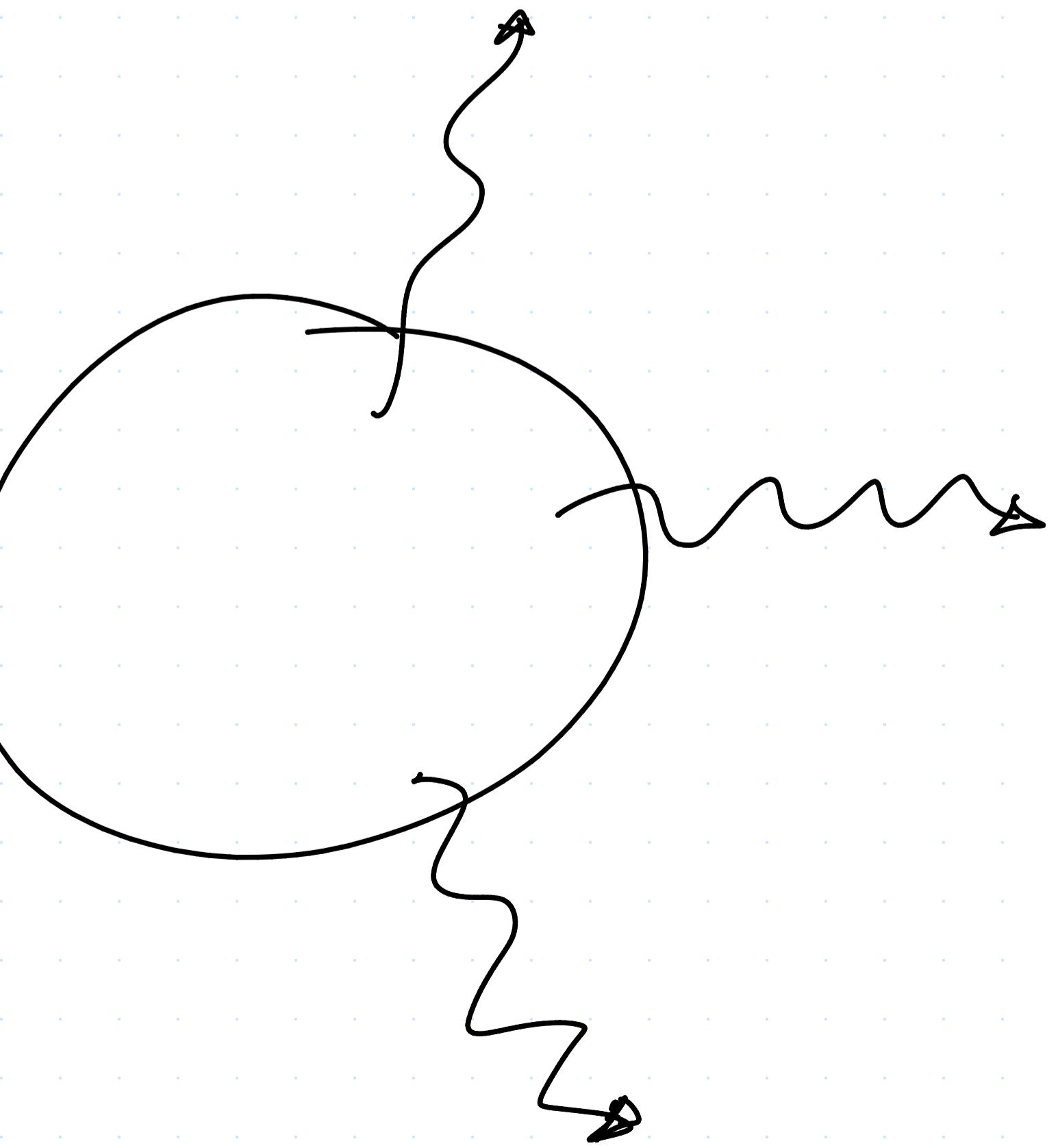
El agujero negro viola la 2^a ley de la termo. ya que al "ingresar" diversos objetos, hay una disminución en la entropía (S) del universo.

Pero si se considera que la entropía es proporcional a la superficie del "black hole".



- La entropía del universo decrece.

Pero el aumento
de ...



Evaporación de a.u.
 $\Delta A < 0$

$$\Delta A \rightarrow \Delta A < 0$$

$$(\delta M = \chi \delta A + \dots)$$

- violación Ley del área

Res. ASSO por las partículas " " .

/ Ecuaciones similares a las de Termodinámica

a.n.! constancia de la temperatura,

conservación de la energía y arranque de la entropía.

Termodinámica

Agujeros negros

$$x = \text{cte. sobre } / c$$

$$\delta M = \frac{1}{8\pi} \times \delta A + \varrho \delta J \rightarrow \delta U = T \delta S + \delta W$$

a mitad sobre las a.n.

se convierte el sol en un a.n.?

$\varrho = N_0$, límite de Chandrasekhar.

¿Un agujero negro es una aspiración del universo?

$$\varrho = N_0$$

• ¿Los agujeros negros conectan con otro universo?

R = Formalmente sí; pero no siempre

Possible. (Agujeros de Gbons),

→ No podríamos atravesarlo.

Materia exótica.

• Deshacernos de la basura y obtener energía del agujero negro?