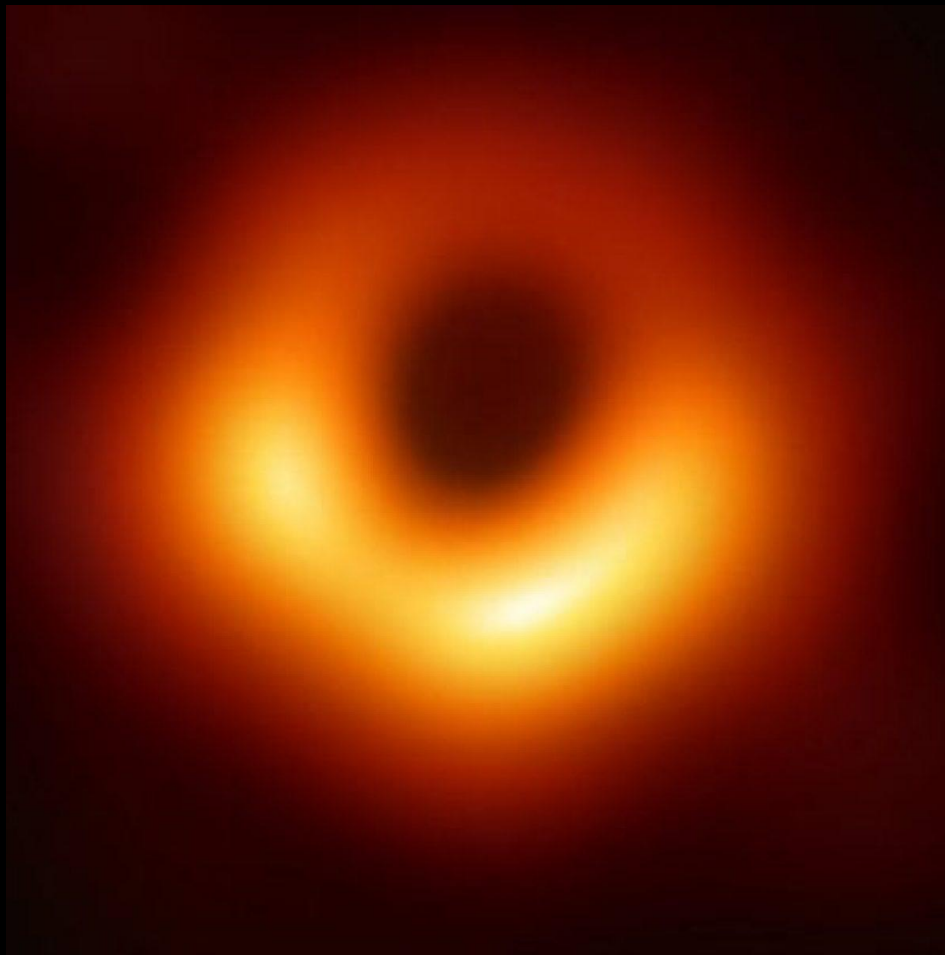


I buchi neri, il risultato estremo della gravitazione.



M87 la prima immagine di un buco nero



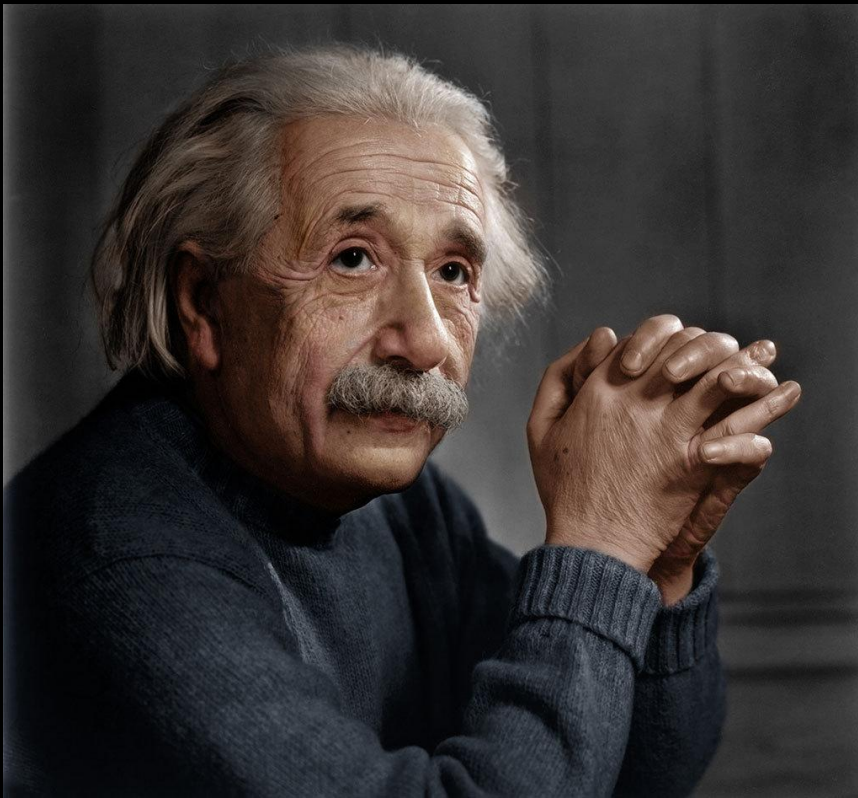
Già Isaac Newton teorizzò l'esistenza di
stelle nere con una grande forza di
gravità

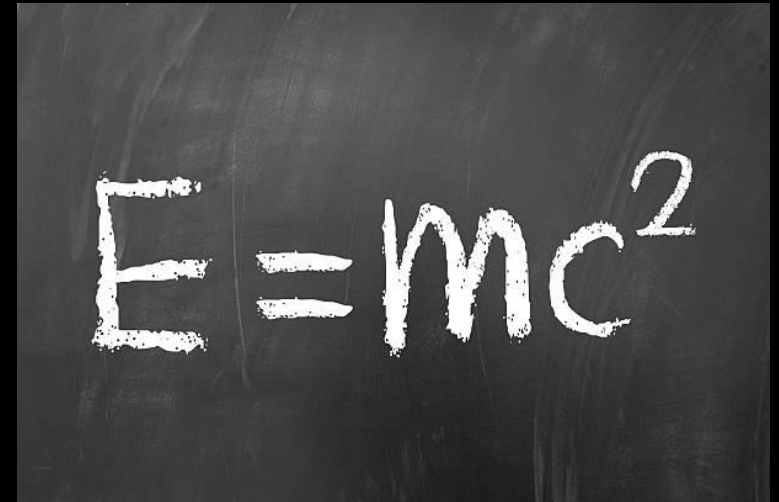


$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Il padre della relatività

Albert Einstein è il Copernico dell'era moderna. Egli ha previsto, tra l'altro, l'esistenza dei buchi neri nelle sue equazioni, oltre 100 anni fa.

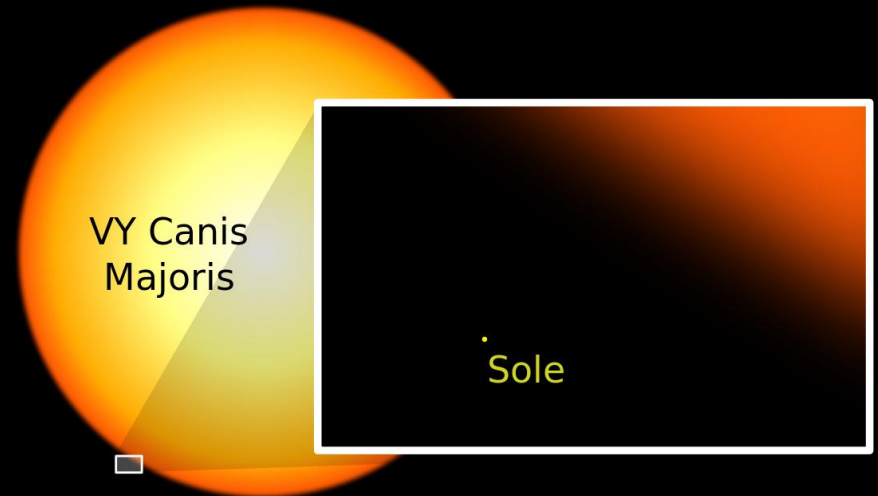
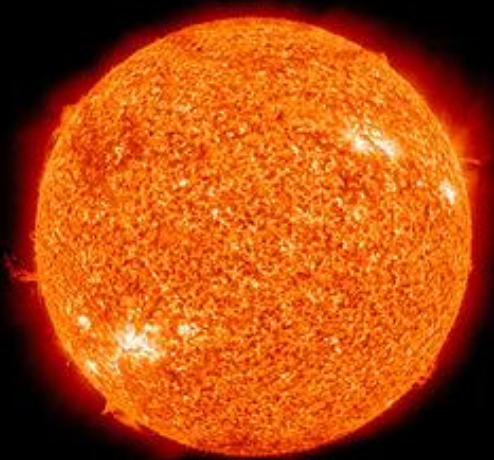


The equation $E = mc^2$ is written in white chalk on a dark, textured chalkboard. The equation is centered and clearly legible.

Le dimensioni delle stelle variano tantissimo

La nostra stella: il Sole, una Nana gialla

Canis Majoris si trova a circa 5000 anni luce dalla Terra ed è una ipergigante rossa con una massa 17 volte quella del Sole e un diametro di circa 1400 volte quello solare. (ca. 2 miliardi di km)



Le Supernove

- I buchi neri si formano da stelle molto grandi con masse di decine di volte la massa del Sole.
- Queste stelle molto grandi (dalla vita breve) esaurito il carburante Idrogeno per la fusione nucleare, collassano in una frazione di secondo verso il nucleo e poi esplodono in maniera fragorosa espellendo gli strati più esterni a distanze enormi (decine di anni luce)



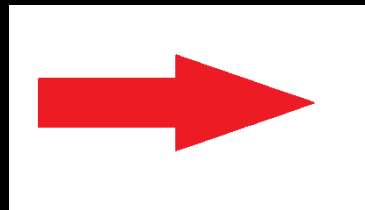
Cosa succede dopo l'esplosione di una Supernova?

- Le stelle massicce sono oggetti enormi con diametri di decine o centinaia di milioni di km; i buchi neri che ne risultano hanno diametri di poche decine di km. Tutta la materia che costituiva il nucleo e le parti più interne è collassata per effetto della gravità in un oggetto piccolissimo.
- Cosa succede alla densità?
- Aumenta enormemente, a livelli tali per cui l'attrazione gravitazionale non permette nemmeno alla luce di sfuggire! Perciò questi oggetti sono NERI!



È una questione di densità

Immaginiamo di comprimere tutta la materia della Terra in una sferetta di 1,8 cm di diametro... otterremmo un buco nero! Il Sole invece dovrebbe essere compresso in una sfera di 6 Km.



Cosa succede se ci avviciniamo
troppo ad un buco nero?



- Cosa succede vicino a un buco nero? Nessuno lo sa con precisione. Le leggi della fisica al suo interno non valgono più. Sappiamo per certo che la gravità è così forte che occorrerebbe una velocità di fuga superiore a quella della luce, velocità che non può essere superata.
- Il limite invalicabile oltre il quale tutto viene catturato dalla gravità, compresa la luce si chiama **“Orizzonte degli eventi”** (il bordo della cascata)





LO SPAZIO-TEMPO

La teoria della relatività ha demolito i concetti assoluti di spazio e di tempo, come previsto dalla fisica classica di derivazione Newtoniana. Con Einstein tutto cambia e ciò che sembrava stabile e fisso muta in continuazione: lo spazio si dilata e si contrae, il tempo rallenta o scorre più velocemente. Lo spazio e il tempo sono indissolubilmente legati tra loro.

Lo spazio-tempo è come un tappeto elastico, più la massa è grande, più questo si deforma

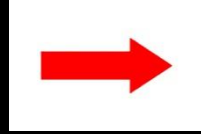


Cos'è lo spazio-tempo

- Lo spazio-tempo è formato dalle tre dimensioni classiche dello spazio più una quarta dimensione che è il tempo. Anche noi ci muoviamo nello spazio-tempo. Il tempo scorre diversamente se ci muoviamo rispetto a chi sta fermo. Per apprezzare queste differenze però dovremmo muoverci a velocità prossime a quelle della luce! Anche la gravità influisce sullo scorrere del tempo.

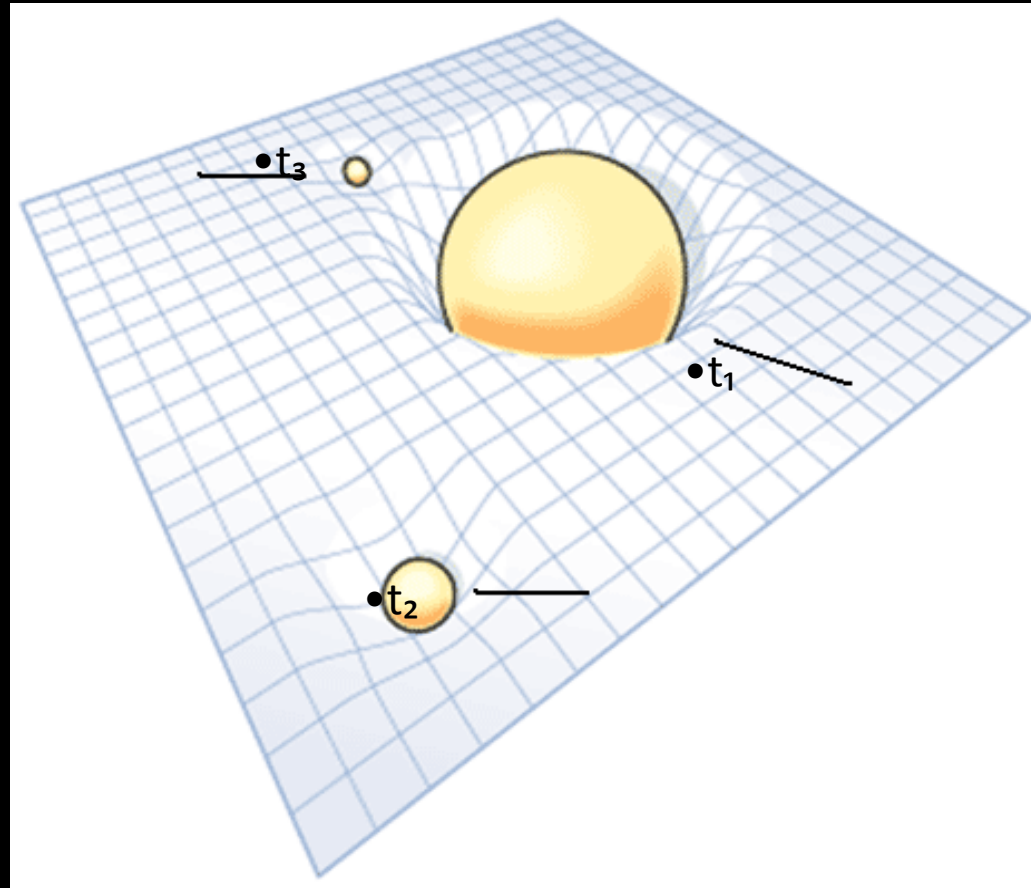
•Cosa succede? La gravità in realtà non è una forza come sosteneva Newton, bensì una curvatura dello spazio-tempo dovuta alla presenza di grandi masse.

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



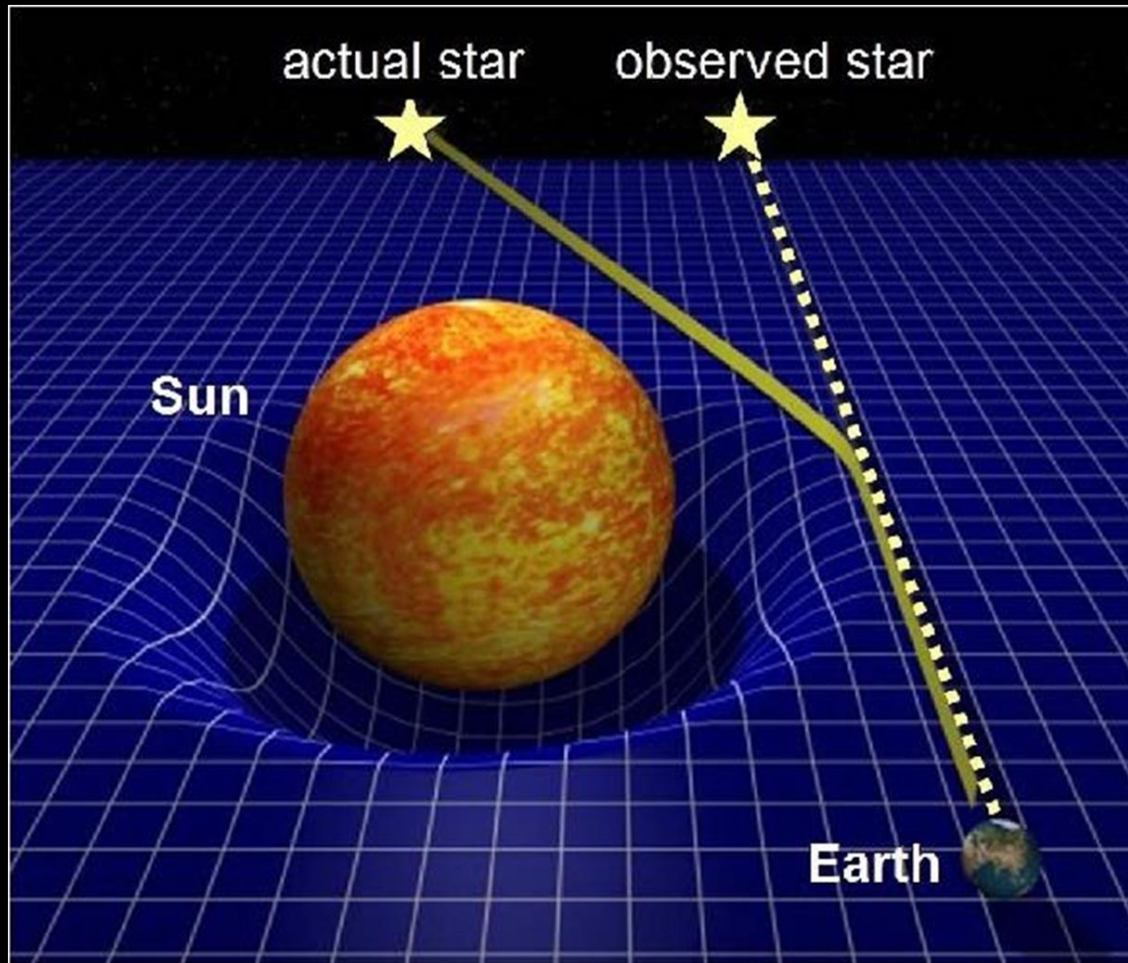
•Le masse degli oggetti deformano lo spazio-tempo. Così grandi masse come un pianeta, una stella o un buco nero deformano questo tessuto in ragione della loro massa. In queste deformazioni anche la luce, che viaggia in linea retta, viene curvata.

• Non esiste una forza che attrae i pianeti nell'orbita del Sole, è la curvatura creata dalla grande massa della stella che fa ruotare i pianeti intorno ad essa.



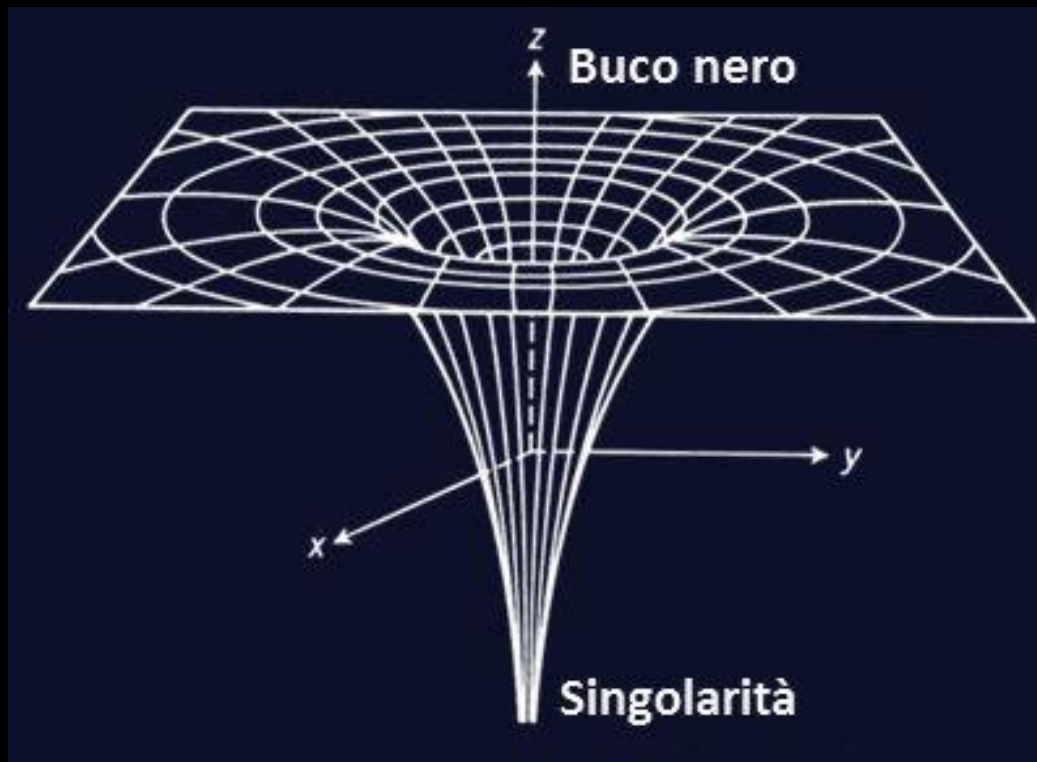
LALENTE GRAVITAZIONALE

Come la luce viene deviata da una grande massa
L'effetto lente gravitazionale ci permette di osservare
galassie lontanissime

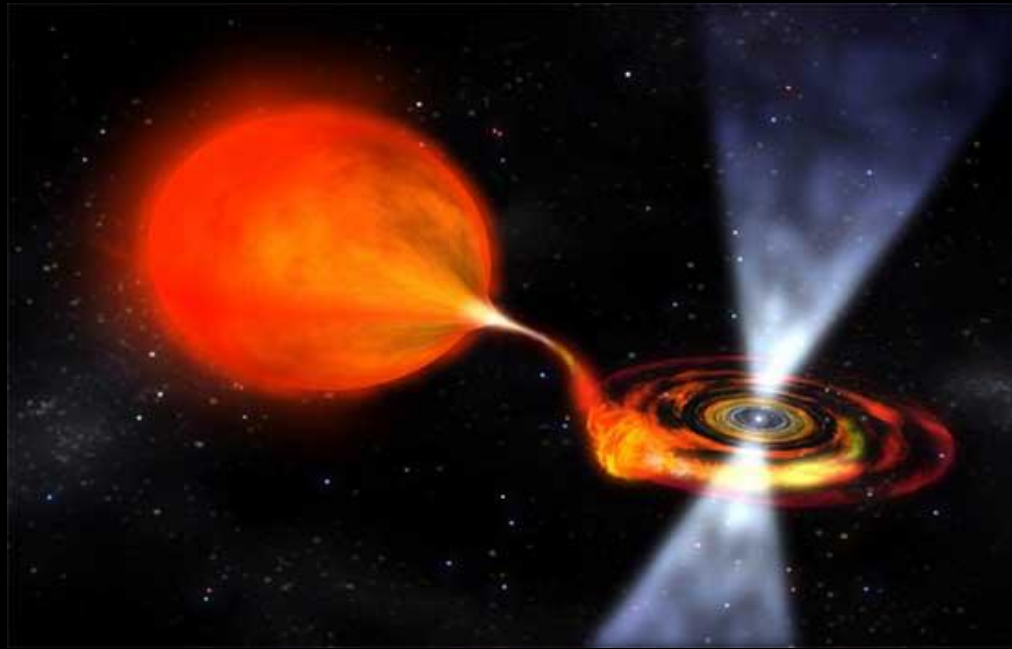


Il pozzo gravitazionale

La curvatura dello spazio-tempo è massima sull'orizzonte degli eventi di un buco nero dove il tempo di fatto si ferma e la luce viene intrappolata.



Al centro di ogni galassia esistono buchi neri enormi, i buchi neri super massicci, che hanno masse milioni o anche miliardi di volte quella del Sole. Sono talmente grandi e attrattivi che condizionano la formazione delle stelle nel centro di una galassia. Intorno a loro si forma il cosiddetto **disco di accrescimento** formato da materiale stellare, gas e particelle.



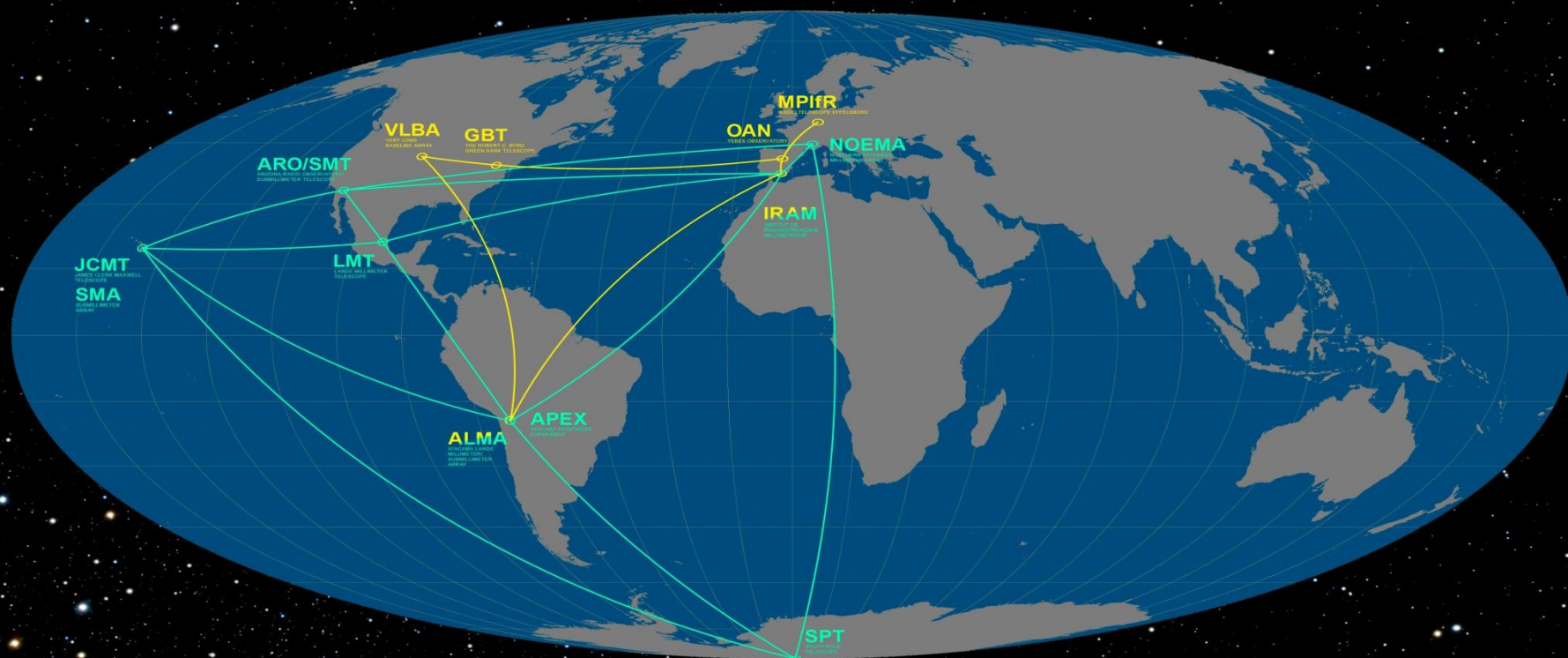
I gas strappati ad una stella ruotano vorticosamente attorno al buco nero massiccio a velocità prossime a quella della luce, generando per gli attriti temperature di miliardi di gradi, fino a quando spariranno all'interno del buco nero.

10 Aprile 2019 - M87

Event Horizon Telescope E.H.T.

Prima del 10 aprile non era mai stata vista un'immagine reale di un buco nero; questi oggetti erano individuati dai movimenti delle stelle e dei gas attorno a loro che vengono attirati dall'enorme gravità nell'orbita del buco nero. M87 è la sigla di una enorme galassia al cui centro si trova appunto questo buco nero supermassiccio. Questo oggetto si trova a 55 milioni di anni luce da noi. Per fotografarlo sarebbe servito un telescopio con un diametro di 10.000 km! Del tutto impossibile da costruire.

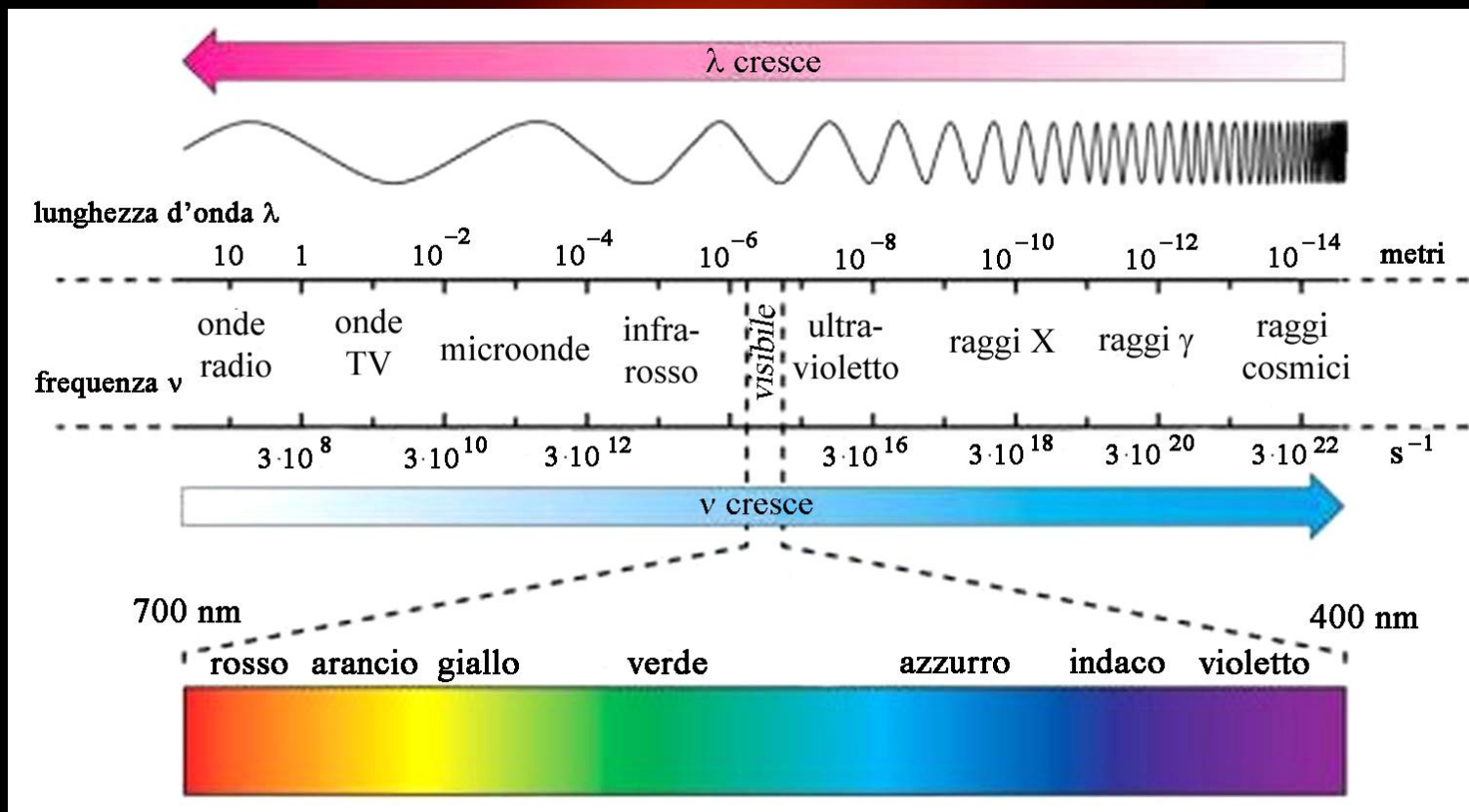
E' stata utilizzata, allora, una rete di telescopi sulle frequenze delle onde radio (radiotelescopi) collocati a grandi distanze tra loro, sulla superficie terrestre, rete denominata "Event Horizon Telescope" di fatto un enorme telescopio virtuale con la capacità di risolvere l'immagine di una moneta da 2 euro posta sulla superficie lunare!



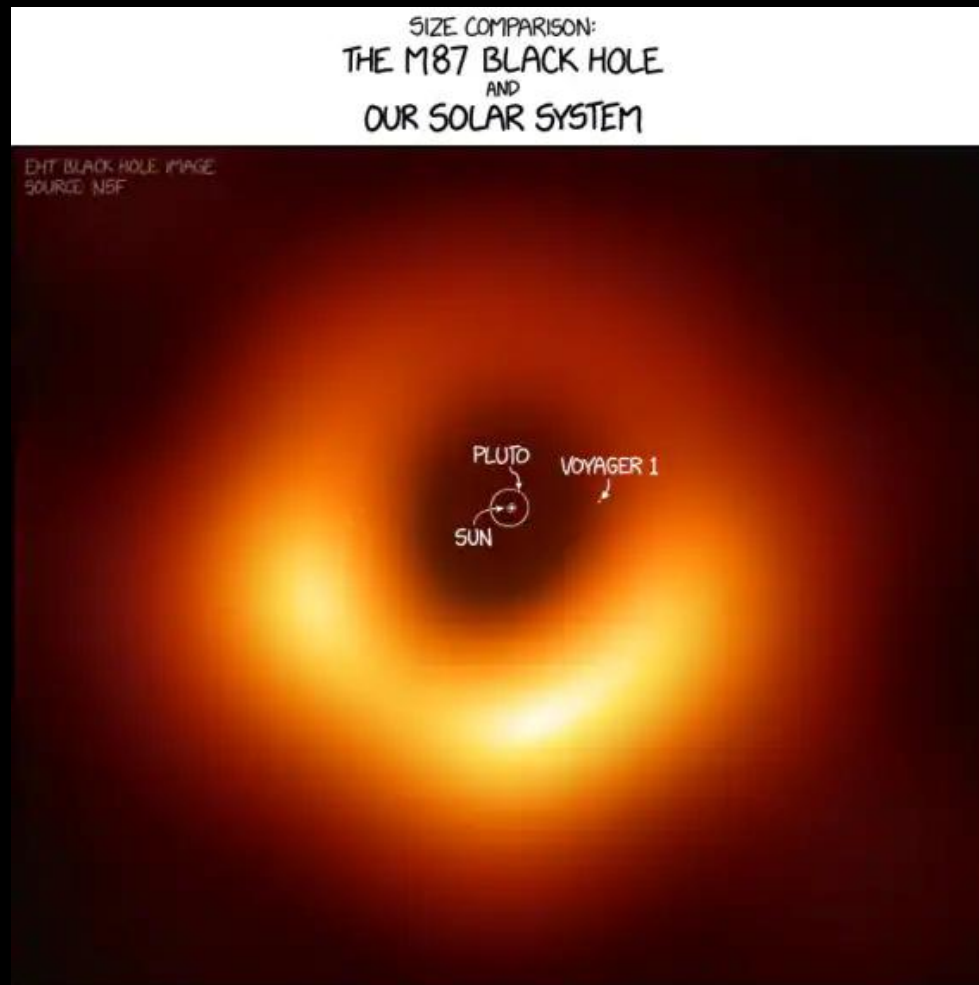
Riuscire vedere dalla Terra una moneta da 2 € sulla
superficie lunare!



Ma cosa significa “immagine ottenuta sulle frequenze delle onde radio”?
Quando parliamo di luce pensiamo alla luce visibile che ci permette di vedere il mondo intorno a noi. In realtà la luce visibile è una piccola parte di quello che si chiama Spettro Elettromagnetico. La luce è un’onda che si propaga nel vuoto, nell’aria e nell’acqua. A seconda di quanto è stirata o compressa quest’onda abbiamo le differenti lunghezze d’onda della luce (onde radio, microonde raggi x, etc...)



L'immagine che vediamo rappresenta al centro la zona scura l'ombra del buco nero vero e proprio e l'orizzonte degli eventi, il limite oltre il quale tutto viene inghiottito compresa la luce. La parte sotto più luminosa è tutta la materia che gli ruota intorno (disco di accrescimento) a velocità enormi (da 150.000 km/s fino quasi alla velocità della luce) Il diametro dell'orizzonte degli eventi è di 20 miliardi di km oltre il triplo della distanza di Plutone dal Sole. La sua massa è circa 6,5 miliardi di volte la massa del Sole.



- Prossimo obiettivo “fotografare” Sagittarius A*
- Il buco nero al centro della Via Lattea

