

Juodosios skylės: nuo idėjos iki nuotraukos

Artūras
Acus

VU Teorinės fizikos ir
astronomijos institutas



Teoriniai modeliai, stebėjimai, paradoksai ir už jų slypinčios asmenybės

- Nuo ko viskas prasidėjo?



Džonas Mičelas (John Michell, 1724-1793)

Domėjosi traukos dėsniu (sukonstravo prietaisą gravitacinei konstantai matuoti, išmatuot nespėjo, darbą baigė draugas, H. Kavendišas)

Tuo metu buvo atrastos “dvigalvės” žvaigždės (dvinarės žvaigždžių sistemos). Ar šios žvaigždės tik atrodo arti viena kitos ar iš tiesų yra netoli viena kitos? Pasak Mičelo, tikimybė, kad greta išsidėsčiusios žvaigždės iš tiesų yra arti viena arti kitos yra “daug milijonų milijonų prieš vieną”.

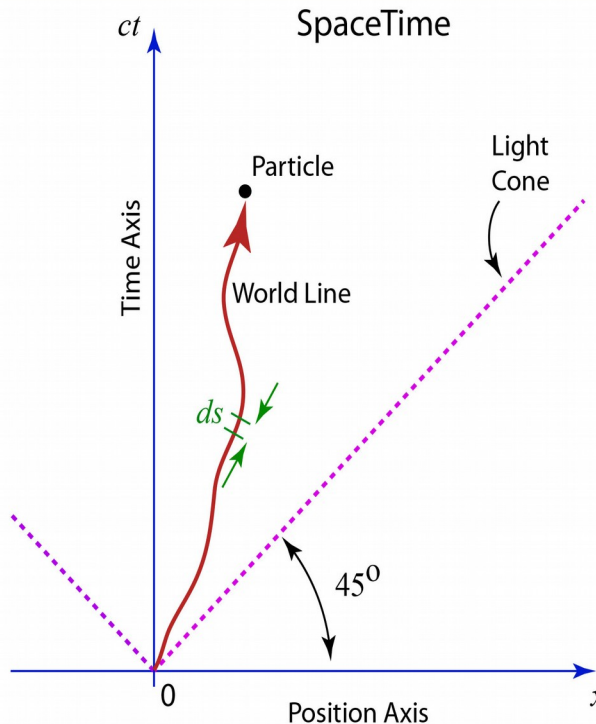
Šviesa tuo metu laikyta dalelių (korpskulių) srautu. Išmatavus tolstančių nuo žvaigždės korpskulių greitį būtų galima nustatyti žvaigždės masę. Panaši mintis kilo Laplasui 1796m, “corps obscurs”=paslėptas kūnas; (šiuolaikinis prancūziškas terminas “astres occlus”=užsivėrus žvaigždė, ir “trous noirs”:n dviprasmiškas! vėliau)

Jei žvaigždės masė būtų didelė, tai “visa [žvaigždės] šviesa ... turėtų grįžti atgal veikiamą savo pačios traukos”.

Jo apskaičiavimu tokia žvaigždė turėtų siekti maždaug Marso orbitą (500 kart didesnė už Saulę). Jei apie tokią žvaigždę suktųsi kita žvaigždė, tai ji turėtų “krypuoti”.

• Šiuolaikinė teorija

Hermann Minkowski



Invariant Line Element (quadratic form)

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$$
$$= g_{ab} dx^a dx^b$$

Minkowski Metric Tensor

$$g_{ab} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Herman Minkowski, 1864-1909, (kaunietis, 8 m išvyko į Vokietiją)

Sugalvojo 4-matį erdvėlaikį. Specialiajai Einšteino reliatyvumo teorijai suteikė geometrinį turinį. Be šio geometrinio vaizdinio “bendrosios reliatyvumo teorijos” nebūtų įmanoma sukurti.

Einšteinas: “erdvėlaikio idėjos interpretacija yra “banali” ir “pernelyg moksliška”.

Einšteinas buvo nelabai pavyzdingas Minkowskio kurso klausytojas. Kai persigalvojo ir norėjo Minkowskio atsiprašyt, šis jau buvo miręs nuo apendicito operacijos komplikacijos.

- Šiuolaikinė teorija



Džonas Vyleris (John Wheeler), 1911-2008

Bendrosios Einšteino reliatyvumo teorijos esmė:

“Erdvėlaikis medžiagai pasako kaip jai judėti;
o medžiaga erdvėlaikui – kaip jam išlinkti”.

Diagram illustrating the Einstein field equation, showing the relationship between the curvature of space and the distribution of mass/energy. The equation is enclosed in a red box:

$$G_{\alpha\beta} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\alpha\beta}$$

Labels with arrows pointing to the equation:

- Curvature of space (points to $G_{\alpha\beta}$)
- Distribution of mass/energy (points to $T_{\alpha\beta}$)
- Some constants (points to the fraction $\frac{8\pi G}{c^4}$)

O kaip išspręsti?

• Šiuolaikinė teorija



Karlas Švarcšildas (Karl Schwarzschild), 1873-1916

Tikslus sprendinys vos po mėnesio nuo galutinės Einšteino straipsnio versijos pasirodymo!

Singularumą rimčiau vertina vos keletas fizikų.

Nesisukanti juodoji skylė. Besisukanti skylė (Kerr) atrodo visai kitaip!

Saulė (696 340 km) ja virstų susitraukus į 3km spindulį, tankis neįsivaizduojamas

10^{16} Saulės masių žvaigždžių šis radiusas apie 1000 šviesmečių, tankis kaip įprastinės medžiagos

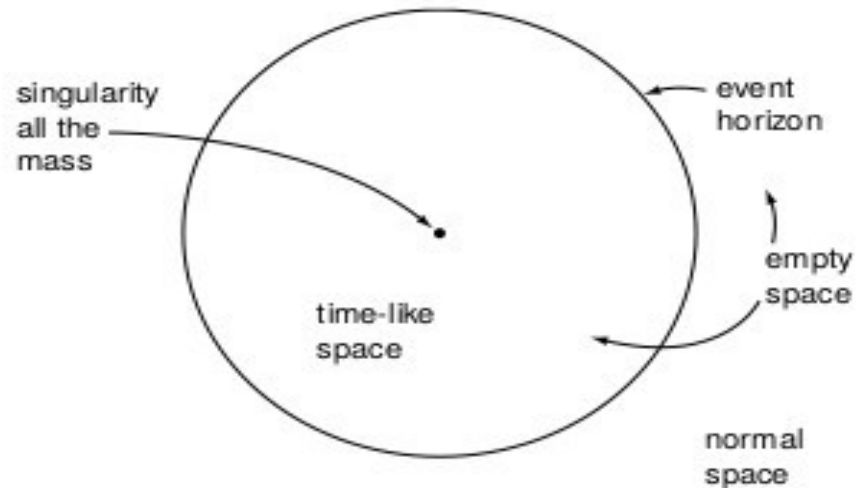
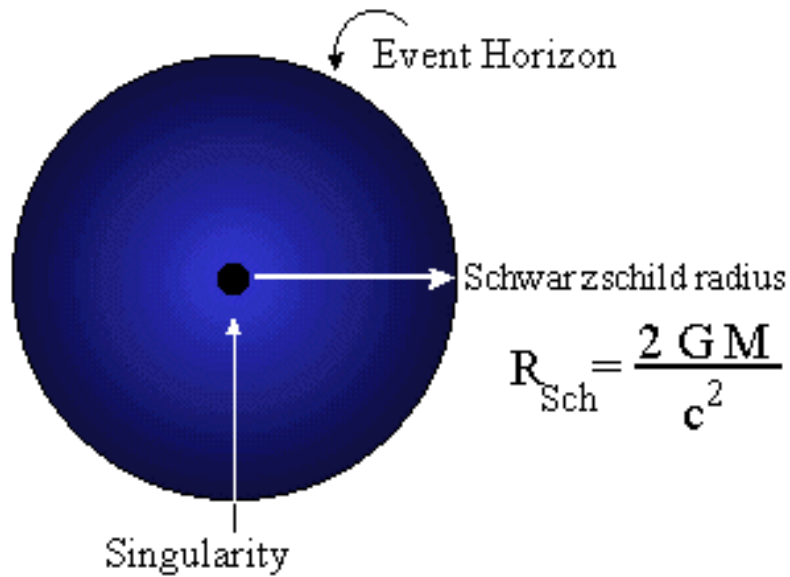


Figure 9.1 The simplest, nonrotating black hole has two basic elements – the event horizon, interior to which nothing can escape, and the singularity, where everything, including space and time, are crushed out of existence. Within the event horizon, space takes on a time-like aspect (Section).

- Šiuolaikinė teorija



Pabėgimo greitis ir Schwarzschild radiusas:

Iš gravitacijos potencinės energijos lygybės kūno kinetinei energijai galima rasti pabėgimo greitį

$$v_{\text{esc}} = \text{Sqrt}[(2 G M)/r]$$

Iš pabėgimo greičio lengvai galima rasti Schwarzschild radiusą.

- Kelias į juodųjų skylių pripažinimą



S. Čandrasekaras (Subrahmanyan Chandrasekhar, 1910-1995)

F. V. Beselis pastebi kaip Sirijus “krypuoja”.

Kaltas Sirijaus palydovas: Sirijus B
Spektrai rodo, kad ryškaus Sirijaus A paviršiaus temperatūra 10000K, tuo tarpu blyškaus Sirijaus B 25000K!

Anglas seras Arthur Eddington ir estas Ernst Opik greit supratnta, kad žvaigždė turi būti labai maža! Mažas spinduliavimo paviršius: žvaigždė vos didesnė už Žemę, o tankis 25000 kartų didesnis už Saulės tankį.

Baltoji nykštukė. Ja virs ir mūsų Saulė. Joms toliau trauktis neleidžia Paulio draudimo principas: dvi dalelės su tais pačiais kvantiniais skaičiais negali užimti tos pačios būsenos. Todėl atsiranda stūma.

Ar sustabdys Pauli draudimas didesnės masės žvaigždės susitraukimą?

- Kelias į juodųjų skylių pripažinimą



Chandra rentgeno spindulių observatorija ir jos nufotografuota juodosios skylės čiurkšlė



Plaukdamas iš Indijos į Angliją apie tai mąstė 19m Chandra.

Laive atlikęs apskaičiavimus pamatė, kad jei žvaigždės masė 1.4 Saulės masės Paulio draudimo nepakanka.

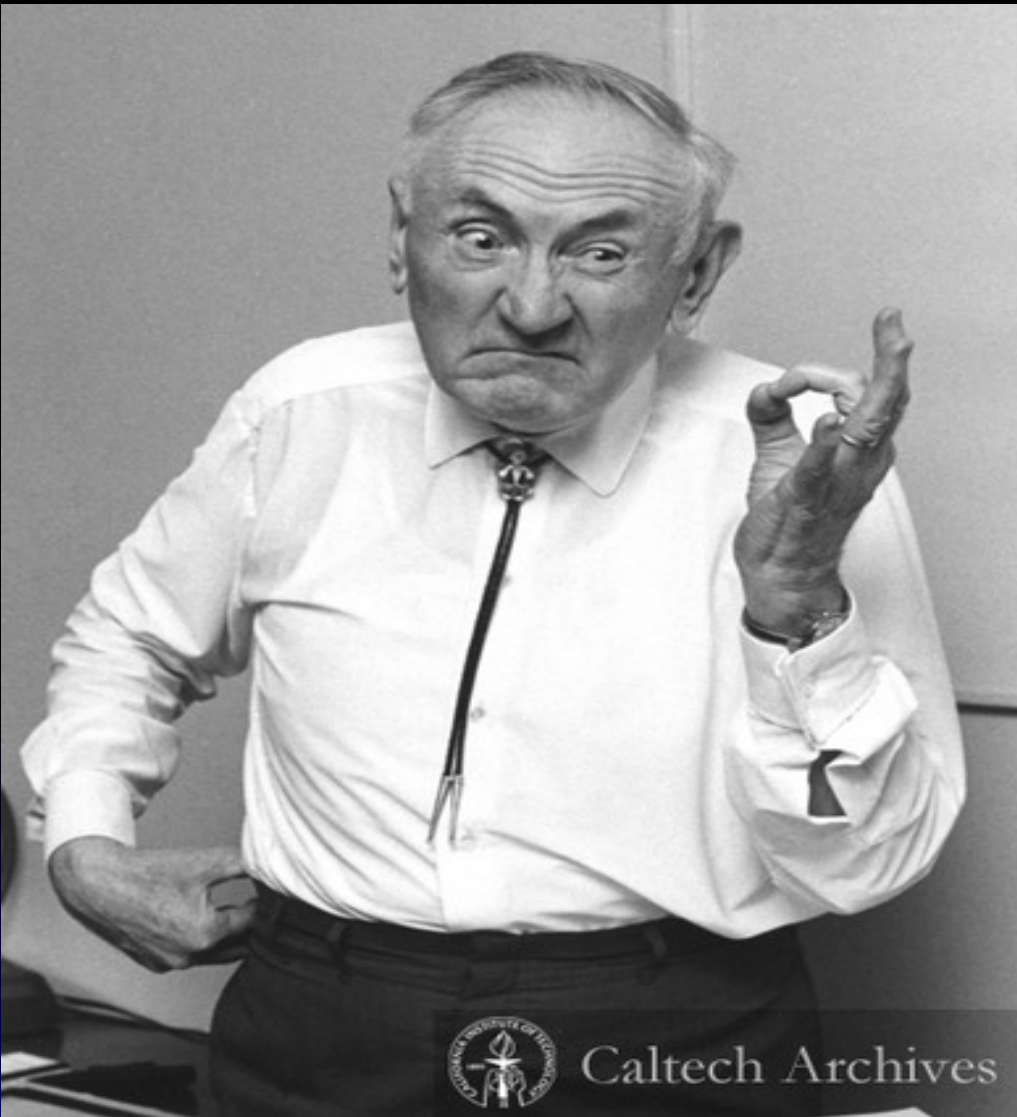
Išlipęs į krantą atiduoda apie tai straipsnį į mokslinį žurnalą. Straipsnis užstringa be jokio paaiškinimo ir atsakymo. Nusiųstas į “Astrophysical journal” vos neatmetamas.

Arthur Eddington parūpina specialų skaičiuotuvą: nori įsitikinti ar rezultatas nėra aproksimacijos pasekmė.

Rezultatai nesikeičia. Garsioji Eddingtono frazė: “Gamtoje turi egzistuoti dėsnis, draudžiantis žvaigždėms taip absurdiškai elgtis”

Nobelio premija po 20 metų už “Čandrasekaro ribą”: didžiausią galima baltosios nykštukės masę.

- Kelias į juodųjų skylių pripažinimą



Fricas Cvikis (Fritz Zwitcky, 1898-1974)

1932 atrandamas neutronas (James Chadwick, 1891-1974).

Po metų Cvikis, kurio mėgstamiausia frazė kalbant apie kolegas buvo "aš dar paradysiu tiems šunsnukiams", iškelia hipotezę, kad kai žvaigždės branduolys virsta geležiniu, spinduliavimas jau negali pasipriešinti gravitacinei traukai ir žvaigždė per mažiau nei sekundę iš maždaug Mėnulio dydžio į 20 km skersmens kūną. Elektronai įspaudžiami į protonus = neutronai.

Neutroninė žvaigždė (didžiulis "atomo" branduolys, didžiausias kalnas tik dalys milimetro, temperatūra 600000K).

Procesas žinomas kaip "supernovos sproginimas". Supernovos svarbios sunkesnių už geležį elementų susidarymui. Neutrinų srautai, stebėta SN 1987a.

Neutroninės žvaigždės atrastos 1967m. Jų masė irgi turi viršutinę ribą (teorija: Tolman-Oppenheimer-Volkoff riba 2.1, didžiausia stebėta 2.08±0.07).

• Kelias į juodųjų skylių pripažinimą



Pirmas kvazaras 3C48 atrastas 1960m, 5 m Polomaro (Heilo) teleskopu. Stiprūs radio šaltiniai (dauguma galaktikos). Spektras neįprastas. Pradžioje neatpažįstama nė vieno cheminio elemento linija. Tik 1963 3C273 M. Šmidtas (doktorantas) pamato kažką panašaus į vandenilio spektrą. Bet visai ne toje srityje. Tolimo greitis 48 000 km/s. Šviesis smarkiai ir sparčiai keičiasi. Greiti pokyčiai reiškia, kad objektas spinduliuoja iš mažos erdvės srities.

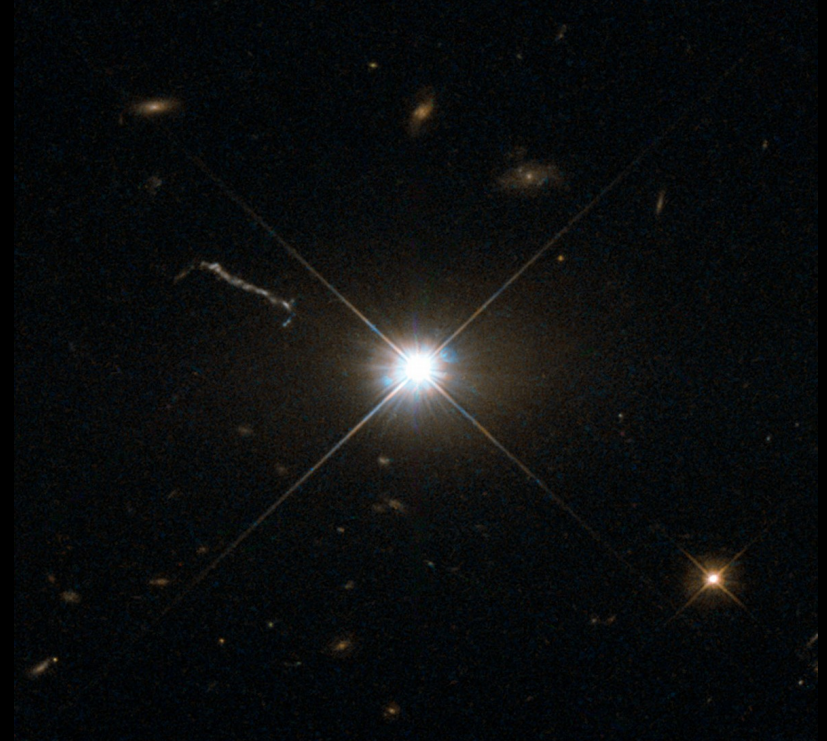
Kvazarai spinduliuoja dėl į besisukančią juodąją skylę krįtančios akrecinio disko medžiagos. Procesas neaiškus.

Rojus Keras (Roy Patric Kerr, 1934-)

1963 pateikia pirmą besisukančios juodosios skylės modelį (žr kita skaidrė).

Per karą susidomėjimas bendrąja reliatyvumo teorija nuslopęs. Einšteinas skundžiasi "Princetone tuomet jie visi laikė mane senu kvailiu". Domėtis vėl atgyja apie 1955m. Konferencija Dalase, šalia vietos kur prieš 3 savaites nušautas Dž. Kenedis, vos neatšaukta, skirta kvazarų problemai.

Kvazi: tarsi žvaigždė, panaši į žvaigždę



• Kelias į juodųjų skylių pripažinimą

Cross-sectional view of rotating Kerr black hole

In future

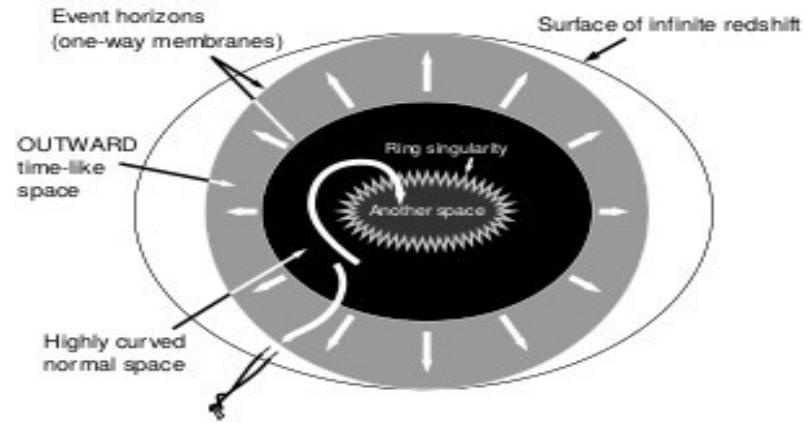
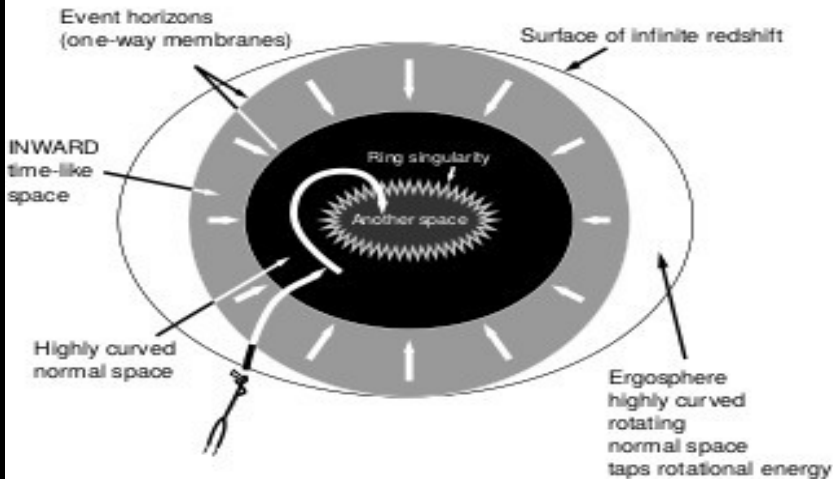


Figure 9.7 (Left) Schematic cutaway view of a rotating Kerr black hole illustrating the complex structure of the geometry. In this geometry one could, in principle, fly through the ingoing time-like space between the event horizons and survive in the highly curved, but “normal,” space within that surrounds the ring singularity or the different space one would find by passing through the ring. (Right) In the future of the left-hand diagram is a portion of the geometry that would, again in principle, allow one to fly out through outgoing time-like space into a normal, low gravity space, but in another universe than the one from which one entered.

Matematinis besisukančios judosios skylės modelis (Kerr juodoji skylė). Tikslus BRT sprendinys gautas laikantis prielaidos, kad visa masė yra singularume.

Vietoj vieno įvykių horizonto du (fiktyvūs) paviršiai: negrįžimo membrana ir begalinio raudonojo poslinkio paviršius (“frozen star” + paaiškinimas). Abu susiliečia ašigaliuose.

Reiškiniai: ergosfera (dalelė gali išlėkti pasinaudojusi skylės sukimosi energija), “superradiance”, singularumo žiedas, kitos Visatos (ir su antigravitacija), savybės dingsta sutrikdžius...

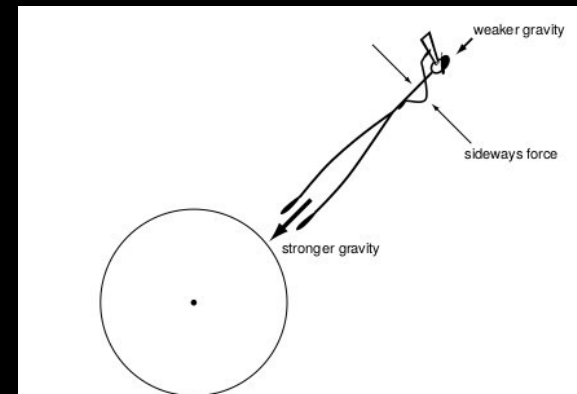
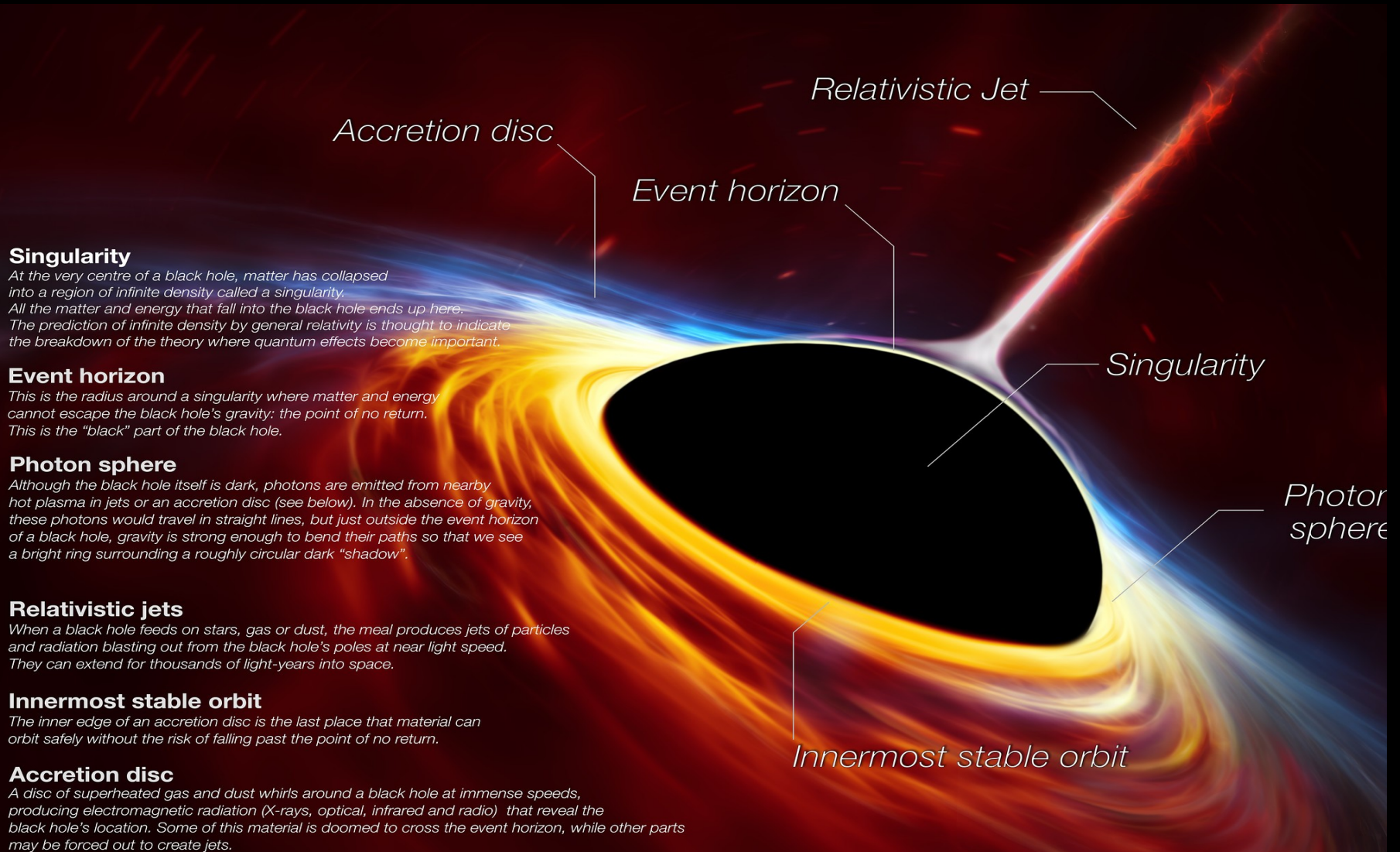


Figure 9.2 Any material body falling into a black hole will have its bottom pulled from its top and its sides crushed together in a tidal “noodling” effect.

• Kelias į juodųjų skylių pripažinimą



Ar galima pamatyti singularumą? K. Thorne ir S. Hawking lažybos. Hawkingas sumokėjo po to kai Matt Choptuik kompiuterinis medeliavimas parodė, kad singularumą iš principo pamatyti įmanoma. Nestebėta. Kosminis cenzoriaus problema. Eddingtono šviesio riba.

- Kelias į juodųjų skylių pripažinimą

Juodųjų skylių tipai

Sutariama, kad egzistuoja:

Supermasyvios (keli milijonai ar net milijardai Saulės masių): kvazarai, skylės galaktikų centre, Paukščių tako centre 4 300 000 Saulės masių (SM), aptarsim detaliau.

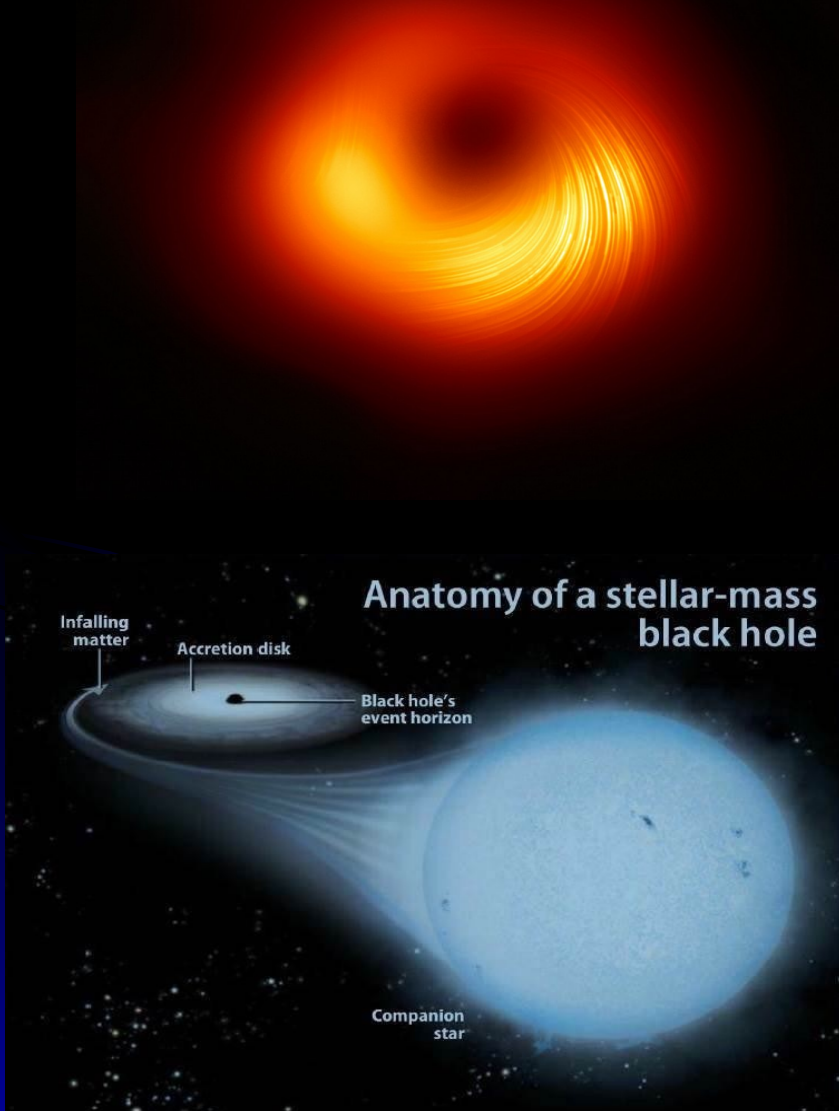
“Žvaigždių dydžio” juodosios skylės, aptarsim detaliau.

Hipotezės:

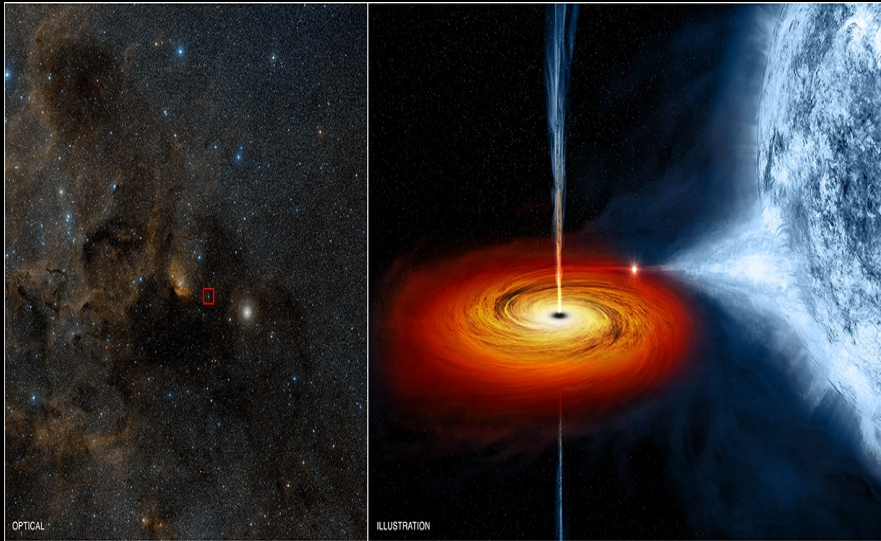
Vidutinės masės. Kandidatai yra ypač šviesūs rentgeno šaltiniai (ULX: ultra luminous sources), apie 100 SM: tikėtina

Skylės kamuolinių žvaigždžių spiečiuose (masė, pavyzdžiui, M15 spiečiuje, turėtų būti apie 4000 SM, G1 kamuoliniame spiečiuje Andromedos galaktikoje, apie 20 000 SM, tikėtina.

Mikroskopinės/mini juodosios skylės, tik teorija, mažai tikėtina.



• Kelias į juodųjų skylių pripažinimą



“Žvaigždžių dydžio” juodosios skylės:
kandidatai/tipai: bent 3. Pirmas (vienintelis)

Pirmas rengeno šaltinis Sco X-1 aptiktas per Appolo programą (tyimai ir biurokratija/istorija, Aerobee raketa, 1962m, 225km, R. Džiakonis)

Cygnus X-1, 1970m. Šviesio pokytis 0.001 s (300 km objektas; gali būti neutroninė žvaigždė bet ne baltoji nykštukė. Žvaigždės masė 30 SM, nematomos palydovės 10 SM. Juodoji skylė susidarė kolapsavo 30-35 SM žvaigždei.

Tikimybė susidaryti tokiai porai galaktikoje ypač maža (viena). Labai retas objektas. Šviesios žvaigždės spinduliuose gali slėptis 1 SM neutroninė žvaigždė ir 9 SM normali žvaigždė.

Penrouzo ir Hawking lažybos. Hawkingas statė už tai, kad Cygnus X-1 sistemoje esantis objektas nėra juodoji skylė, ir pralošė.

This was a form of insurance policy for me. I have done a lot of work on black holes, and it would all be wasted if it turned out that black holes do not exist. But in that case, I would have the consolation of winning my bet, which would win me four years of the magazine **Private Eye**. If black holes do exist, Kip will get one year of **Penthouse**. When we made the bet in 1975, we were 80% certain that Cygnus X-1 was a black hole. By now, I would say that we are about 95% certain, but the bet has yet to be settled.

— Stephen Hawking, A Brief History of Time (1988)

Chandra nuotrauka rentgeno spinduliuose

• Kelias į juodųjų skylių pripažinimą

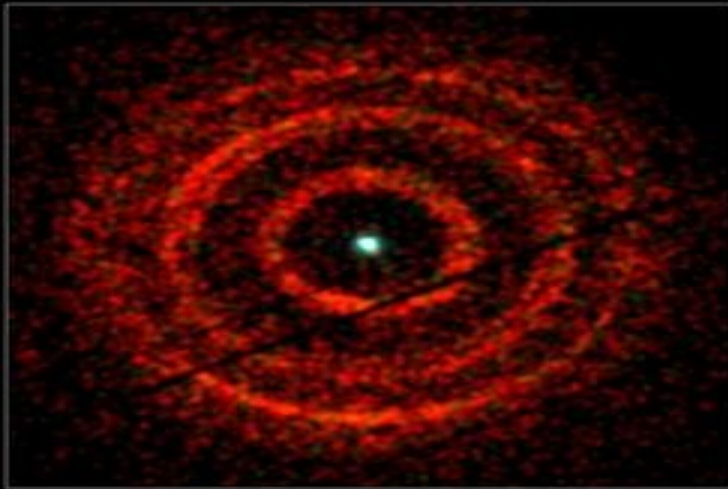


AO 620-00

“Žvaigždžių dydžio” juodosios skylės:
Antras tipas (dešimtys kandidatų).

Objektas LMC X-3 (Large Magellanic Cloud, trečias aptiktas šaltinis). Juodoji skylė 10 SM, palydovė irgi apie 10 SM (beveik nėra kur pasislėpti natūraliems objektams).

Mūsų galaktikoje objektas AO 620-00. 5 SM juodoji skylė ir aplink ją besisukanti $\frac{1}{2}$ SM normali žvaigždė (neutroninėms žvaigždėms visai nėra kur pasislėpti).

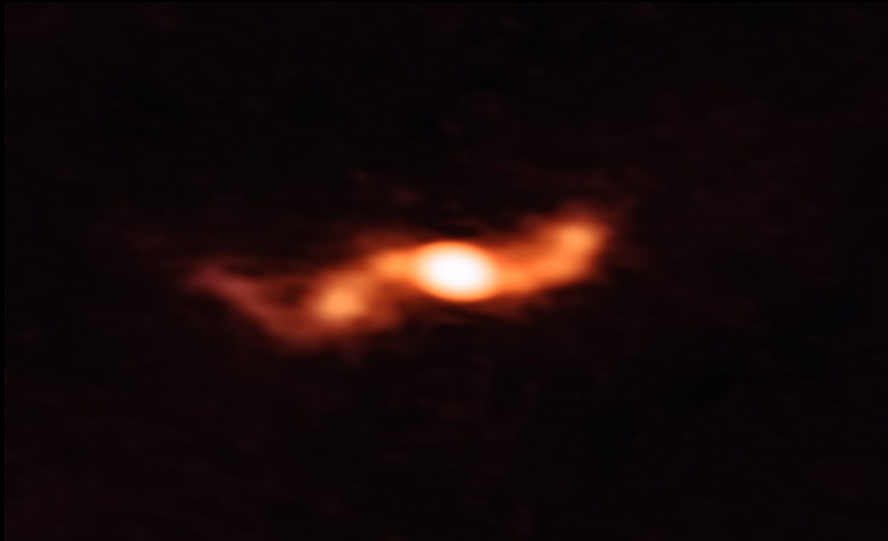


2015 birželio 15 V404 “atšvaitai”

V404, nematomas objektas 9-12 SM ir K klasės žvaigždės 1 SM binarinė sistema.

Birželio 15, 2015 NASA's Swift palydovas pastebėjo V404 šviesio pokyčius. Pasaulinis stebėjimo turas, 17 birželio ESA's INTEGRAL Gamma-ray observatorija registruoja "pasikartojančius ryškius blyksnius, trumpesnius nei valandą: labai retas reiškinys stebint kitas binarines juodųjų skylių sistemas." Šių blyksnių metu V404 Cygni tapdavo ryškiausiu rentgeno šaltiniu danguje, apie 50 kartų šviesesniu nei šviesiausias pastovus rentgeno šaltinis “Krabo ūkas” (Crab Nebula).

- Kelias į juodųjų skylių pripažinimą



SS 433 Alma (milimetrinių bangų gardelė, Atakama)

“Žvaigždžių dydžio” juodosios skylės:
Trečias tipas.

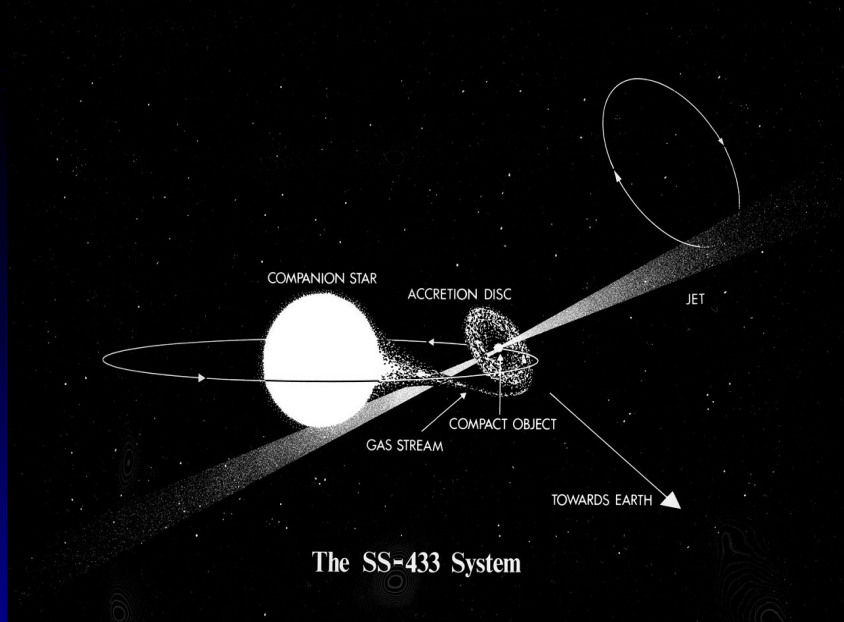
Mikrokvazaras

Objektas SS 433 (Stephenson & Sanduleak objektų su stipriomis emisijų linijomis katalogas)

Stiprios emisijos linijos (paprastai stebim sugerties linijas). Jų Doplerio poslinkiai rodo, kad objektas vienu metu ir artėja ir tolsta. Čiurkšlių greitis 80% švieso greičio! Objektą supa sichotroninių radio bangų šaltinis. Čiurkšlės nėra karštos! Objekto apsisukimo laikas 13.6 dienos.

Ekzotinis objektas.

Daug neaiškumų, bet manoma, kad tai juodosios skylės ir A tipo žvaigždės (kaip Vega) sistema.

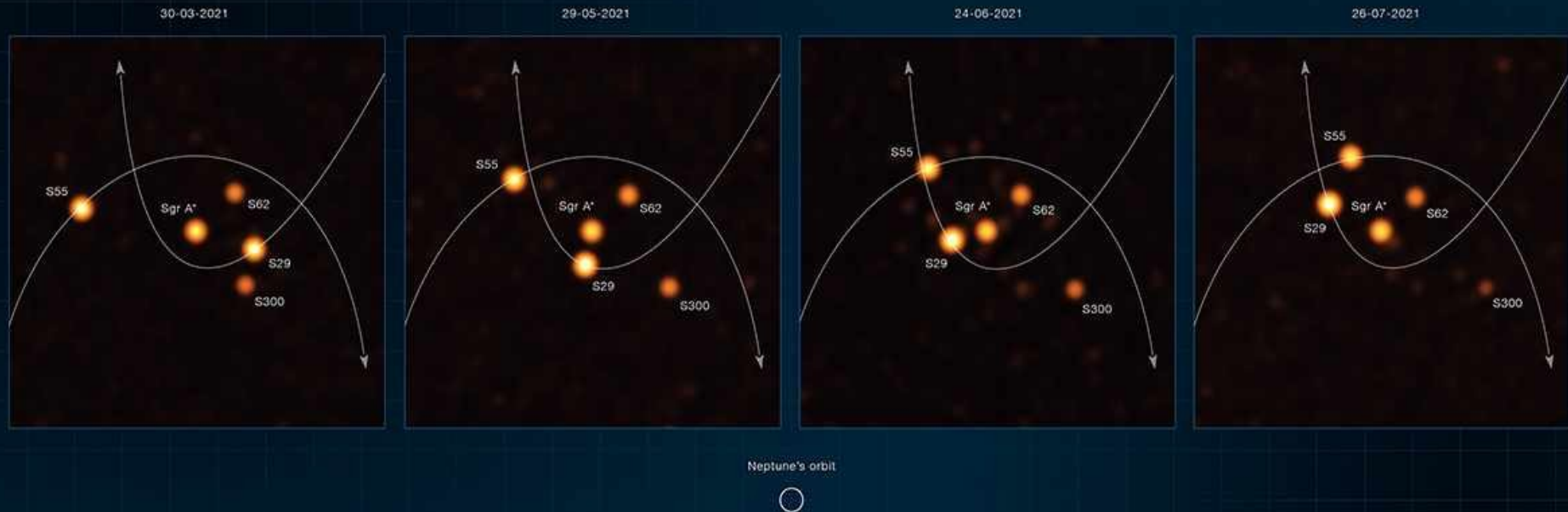


• Kelias į juodųjų skylių pripažinimą

Galaktikų tipo juodosios skylės: žvaigždžių judėjimas Paukščių tako centre.

Europos Pietų pusrutulio (The European Southern Observatory) Labai Dideliu Teleskopu interferometru (Very Large Telescope Interferometer, ESO's VLTi, 4 teleskopai kiekvienas 8.2 m veidrodžiu) gavo geriausią Paukščių tako kurioje yra supermasyvi juodoji skylė (Sagittarius A* : Šaulio A*) centrinės dalies nuotrauką. Pagal ją įvertinta tiksliausia juodosios skylės masė yra 4 300 000 SM. Pačios juodosios skylės kampinis "radiusas" vertinamas kaip 53 mikrosėkundės, 10^{-6} s.

Empirinis universalus dėsnis. Galaktikų centinio žvaigždžių telkinio masė (galactic bulge) maždaug 800 kartų viršija jos centre slypinčios juodosios skylės masę. Paaiškinimo kol kas nėra.



- M87 (Mergelės žvaigždynas) nuotrauka

Atstumas 55 mln šviesmečių, (2000 kartų toliau nei Sgr A*). Skylės masė $6.5 \cdot 10^9$ SM (1500 kartų sunkesnė nei Sgr A*). M87 vienu metu matoma ir iš šiaurės ir iš pietų pusrutulių (svarbu interferencijai). M87 dydis: radiusas 4 kartus didesnis už Neptūno orbitos spindulį. Astronomams svarbiausia kampinis atstumas. Jis M87 yra 42 ± 3 μ as (microarcseconds) [Apelsinas Mėnulyje] (palyginimui Sgr A* kampinis atstumas 53 μ as).



M87 čiorškė



M87 šelėlis

• M87 „fotografavimas“

Teleskopo skiriamosios gebos formulė: $(\text{bangos ilgis})/(\text{teleskopo dydis})$. Geriausia imti mažiausią galimą bangos ilgį ir didžiausią įmanomą teleskopą. Čia skiriama geba apie 20 μs (palyginimui Hablo, su 2.4 m veidrodžiu 0.05 as). Naudotos milimetrinės bangos 1.3 mm (mažesnes kaip 1 mm stipriai sugeria atmosfera [vandens garai], o ilgesnes kaip 30 m ji gerai atspindi). Ruošiasi 10 metų, matuota nuo 5 iki 11 balandžio, 2017m. Per dieną 350 terabaitų duomenų. Suskraidinti, apdorojo 4 komandos. Daug tuščių vietų, kurios dirbtinai užpildytos, visų komandų rezultatai panašūs.

Dirbo 200 astronomų iš 60 šalių,
Projekto “Event horizon” kaina 290 milijonų dolerių.



Interferometro teleskopai

• Bendros juodųjų skylių savybės

Fizikos požiūriu juodąją skylę charakterizuoja tik trys dydžiai:

- 1) masė
- 2) judėjimo kiekio momentas (sukimosi “stiprumo” matas)
- 3) elektrinis krūvis (paprastai matematiniuose modeliuose laikoma, kad jis nulis ar artimas jam, nes manoma, kad įkrentanti medžiaga turėtų būti neutrali)

Nėra barioninio/leptoninio krūvio, etc., nes jie charakterizuoja trumpaveikes sąveikas

The Black Hole Entropy Formula

$$S = \frac{Ac^3}{4\hbar G}$$

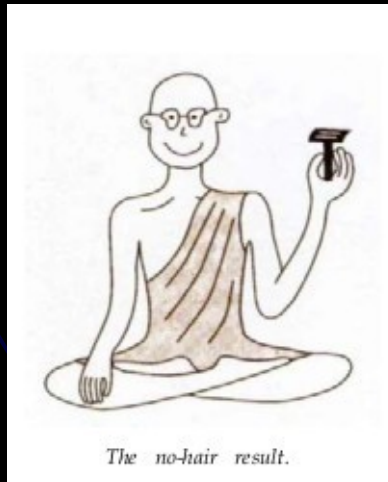
c = speed of light

G = Newton's constant of Gravitation

$\hbar$ = Planck's constant

Bekenšteino-Hawkingo entropija.

Entropija S proporcinga paviršiaus (įvykių horizonto) plotui. Susiliejančioms skylėms gaunama nauja skylė, kurios paviršiaus plotas lygus susiliejusių skylių paviršių plotų sumai. Visa informacija apie į skylę įkritusią medžiagą yra prarandama. Entropija gali tik didėti!



Nesisukančios ir elektriškai neutralios juodosios skylės skiriasi vien tik paviršiaus plotu = entropija.

John Wheeler teorema/posakis:
Juodosios skylės neturi plaukų.

Ar tikrai žmonės skiriasi tik plaukais?

• Bendros juodųjų skylių savybės

Juodųjų skylių termodinamika: galima užrašyti tuos pačius dėsnius.

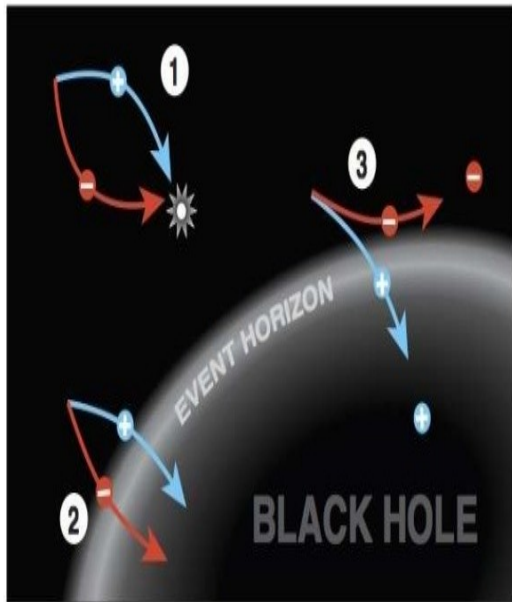
Problema. Nenulinė entropija atitinka nenulinę temperatūrą. Nenulinė temperatūra reiškia, kad kūno paviršius privalo spinduliuoti. Juodosios skylės spinduliuoti negali.

Bekenšteinas nemoka paaiškinti. Juo niekas netiki, Hawkingas juokiasi iš Bekenšteino.

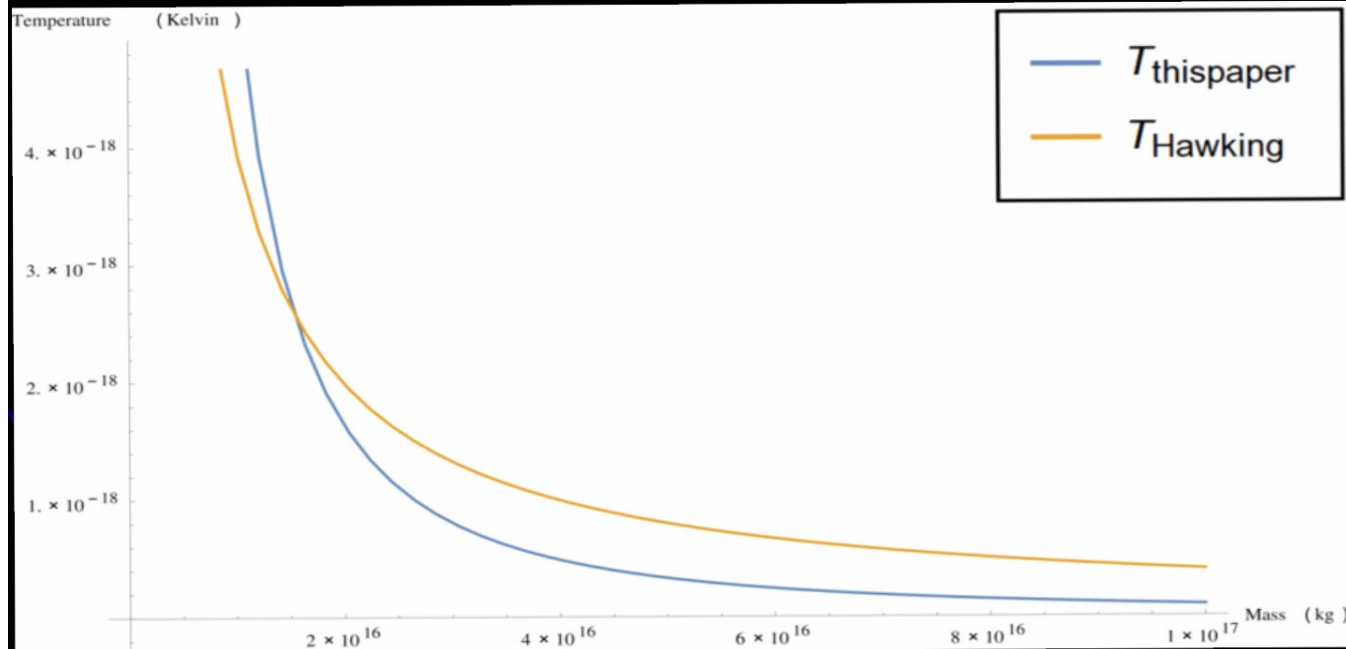
Hawking persigalvoja, kai pamėgina remtis ne vien tik BTR, bet ir kvantine lauko mechanika. Kvantinė teorija leidžia spinduliuoti!

Vakuumas. Virtualių dalelių poros. Laukas (jėga) jas gali išskirti. Spinduliavimas. Temperatūra. Ar išmatuojama?

Hawking Radiation Detailed..



Cosmic refugees. Virtual particles that escape destruction near a black hole (case 3) create detectable radiation but can't carry information.



• Bendros juodųjų skylių savybės

Interpretavimui: “The exact temperature scientists measured was 38 trillionths of a degree above -273 degrees Celsius — the closest that has ever been measured to absolute zero in a lab.” $100\text{pK}=0.000,000,000,1=10^{(-10)}\text{ K}$.

Saulės masė = $1.989 \times 10^{30}\text{ kg}$. Visatos amžius $(13.772 \pm 0.059) \times 10^9\text{ m}$.

Ar įmanoma registruoti? Tik ne šiuolaikinėmis technologijomis. Garavimas.
“juodosios skylės turi plaukus” (kita teorema). Spinduliavimas kaip juodo kūno!

Apytikrė juodosios skylės masė	Išgaravimo laikas
Žmogus	10^{-12} sekundės
Pastatas	4 sekundės
Žemė	10^{49} metų
Saulė	10^{66} metų
Galaktika	10^{99} metų

• Filologinis interpas

- Juodosios skylės pavadinimas pirmą kartą oficialiai įvestas tik 1967m. Iki to laiko “juodąja skylė” anglai vadino mažą ankštą kalėjimo kamerą. Žodžių darinys atsirado 1756, kai Indijoje kariavusius ir į nelaisvę patekusius britų karius vietiniai nakčiai sugrūdo į ankštą patalpą. Iš 64 nelaimėlių tą naktį išgyveno mažiau kaip 20.
- Prancūziškai “trous noirs” skamba dviprasmiškai, antroji prasmė reiškia vieną iš žmogaus kūno angų.
- Angliakaliai, žinoma, tuo naudojosi ir visą terminiją tyčia ar netyčia taikė, kad šią dviprasmybę palaikytų: “juodosios skylės turi plaukus/ neturi plaukų”, “kosminis cenzorius” (singularumas = intimumas), o “kosminis cenzorius” jo neleidžia pamatyti, Hawkingo lažybų prizai erotiniai žurnalai, juose figūruoja žodis “nuogumas” (žr kitą skaidrę).
- Jungo archetipų teorija: “Šešėlis yra archetipas, kurį sudaro seksas ir gyvenimo instinktai. Šešėlis egzistuoja kaip sąmonės proto dalis ir susideda iš represuotų idėjų, silpnybių, norų, instinktų ir trūkumų.”
- Tai paaiškina kodėl visuomenė (mokslininkai ir moksleiviai) taip domisi juodosiomis skylėmis!!! Jei, kaip anksčiau, būtų vadinę “gravitationally collapsed objects”, kažin ar susidomėjimas būtų toks didelis.
- Lietuviškai oficialiai (V. Straižys, Astronomijos enciklopedinis žinynas) pavadinimas yra “juodosios bedugnės”.

- Filologinis intarpas

Whereas Stephen W. Hawking (having lost a previous bet on this subject by not demanding genericity) still firmly believes that naked singularities are an anathema and should be prohibited by the laws of classical physics,

And whereas John Preskill and Kip Thorne (having won the previous bet) still regard naked singularities as quantum gravitational objects that might exist, unclothed by horizons, for all the Universe to see,

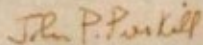
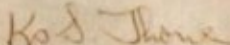
Therefore Hawking offers, and Preskill/Thorne accept, a wager that

When any form of classical matter or field that is incapable of becoming singular in flat spacetime is coupled to general relativity via the classical Einstein equations, then

A dynamical evolution from generic initial conditions (i.e., from an open set of initial data) can never produce a naked singularity (a past-incomplete null geodesic from $\mathcal{I}_+$).

The loser will reward the winner with clothing to cover the winner's nakedness. The clothing is to be embroidered with a suitable, truly concessionary message.

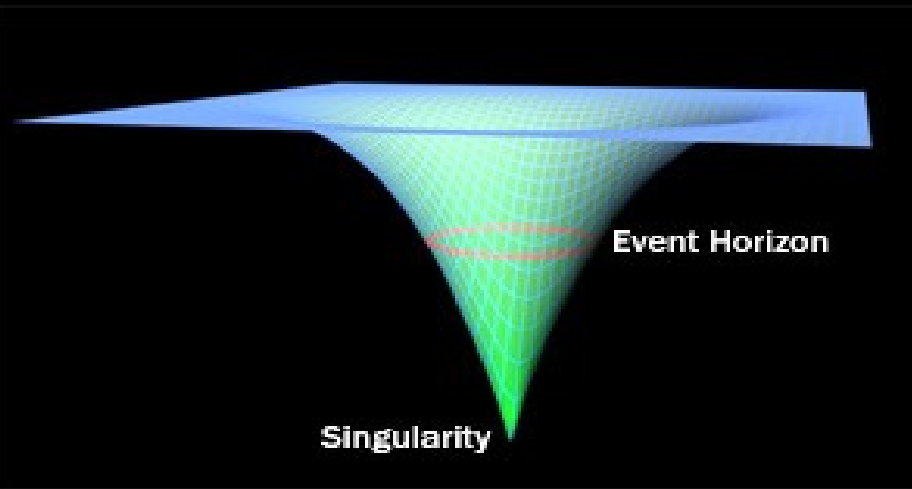

Stephen W. Hawking

 
John P. Preskill & Kip S. Thorne

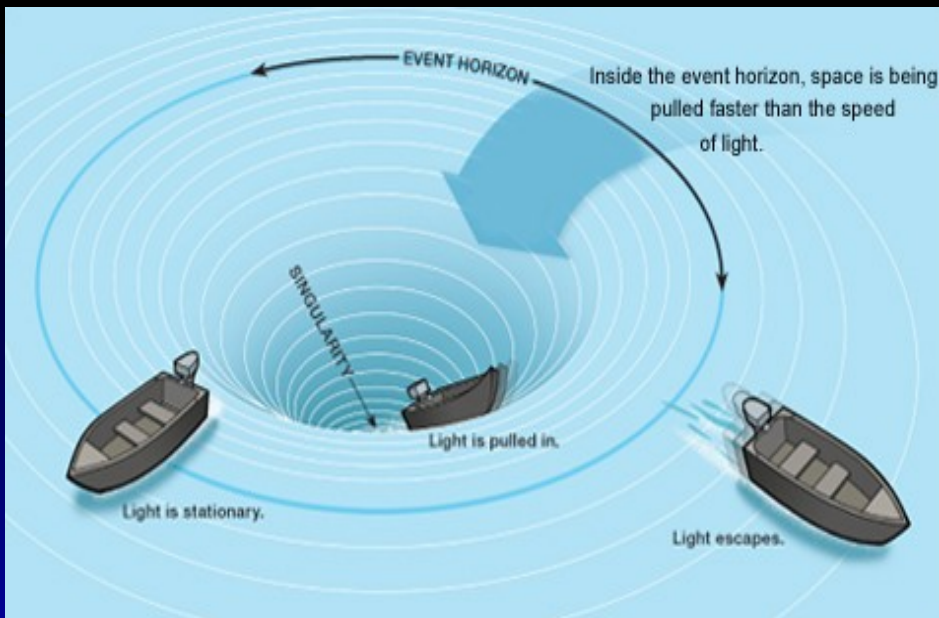
Pasadena, California, 5 February 1997

S. Hawkingo ir J. Preskill + Kip Thorne lažybų tekstas apie tai ar galima pamatyti “gryną” singularumą.

• Paradoksai



2D skylės vaizdas iš Dievo “koordinačių sistemos”



Ar tikrai juodosios skylės horizontas yra aiški sąvoka?

Reliatyvumo teorija sako, kad nėra absoliučios koordinačių sistemos. Įvykių horizontą apibrėžėm kaip trimatį paviršių! Kiekvienam stebėtojų jis skirsis.

Mintinis eksperimentas.

“Kosminės valtis” mėgina ištrūkti iš juodosios skylės aplinkos, ir galima pagalvoti, kad jai tai pavyks. Tačiau jie nežino, kad iš kitos pusės link skylės skrieja didelė masės nuolauža. Jai įkritus į juodąją skylę “skylė” šuoliškai padidėja, ir raketa atsiduria skylėje.

Pagal Penros'o įvykių horizonto apibrėžimą iš pradžių raketa skrieja už juodosios skylės horizonto, tačiau nuolaižai įkritus kitą akimirką skylė išsiplečia ir raketa atsiduria viduje. Taigi, nors raketai jau nebuvo įmanoma ištrūkti iš juodosios skylės, Penros'o apibrėžimas to neatspindėjo.

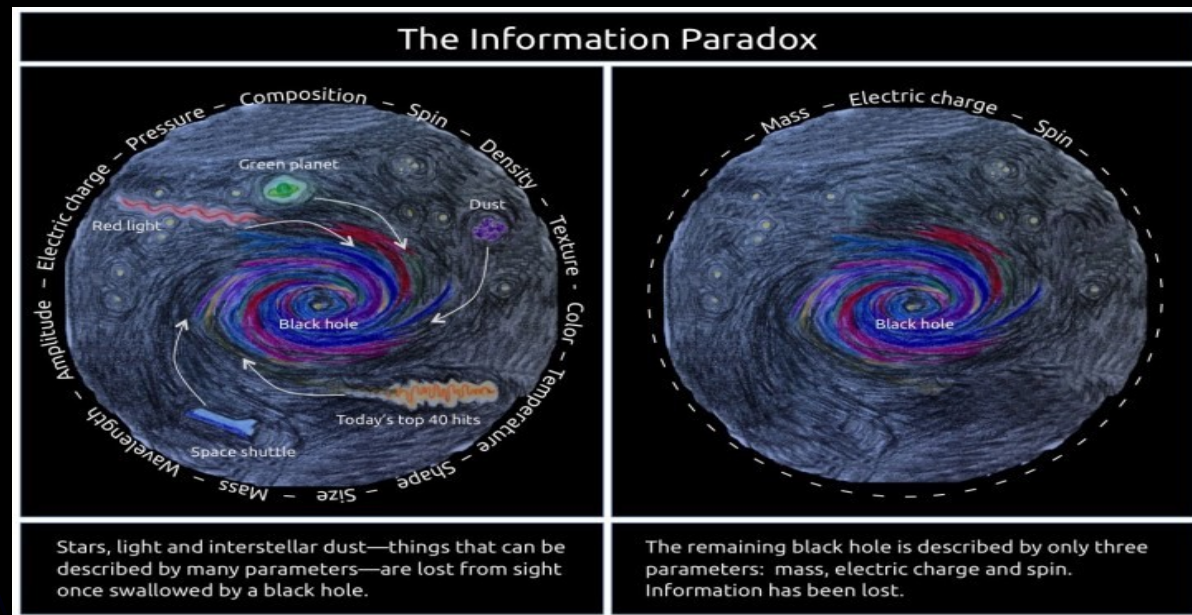
Hawkingo įvykių horizonto apibrėžimas (4D paviršius) vienodas visiems stebėtojamiems, tačiau... reikalauja žinoti ateitį (teleologinis!)

Kelionė laike į Žemės ateitį. Paprasta: nuskrendam iki juodosios skylės, ten kurį laiką pasisukiojam ir grįžtam į Žemę. Stipriame gravitaciniame lauke ir skriejant dideliu greičiu laikas eina lėčiau. Problema: reik greito laivo ir nelabai toli esančios juodosios skylės. Astronomų vertinimu mūsų galaktikoje yra 8-20 mln juodųjų skylių (palyginimui joje yra 300 milijardų žvaigždžių).

Informacijos paradoksas. Reikia kvantinės mechanikos. Kvantinė mechanika teigia, kad informacija niekada nėra prarandama: sudeginus dokumentą jį galima “ištraukti” išdūmų formos. S. Hawkingo ir K. Thorne lažybos prieš Johaną Preskilą. S. Hawkingas: informacija prarandama. Preskilas: Ne. Vėliau S. Hawkingas persigalvoja, o K. Thorne ne. Vieningos nuomonės nėra, nes nėra kvantinės gravitacijos teorijos. O jos negali būti, nes nėra eksperimentinių duomenų.

Kai kas išvis laiko problemą dirbtine.

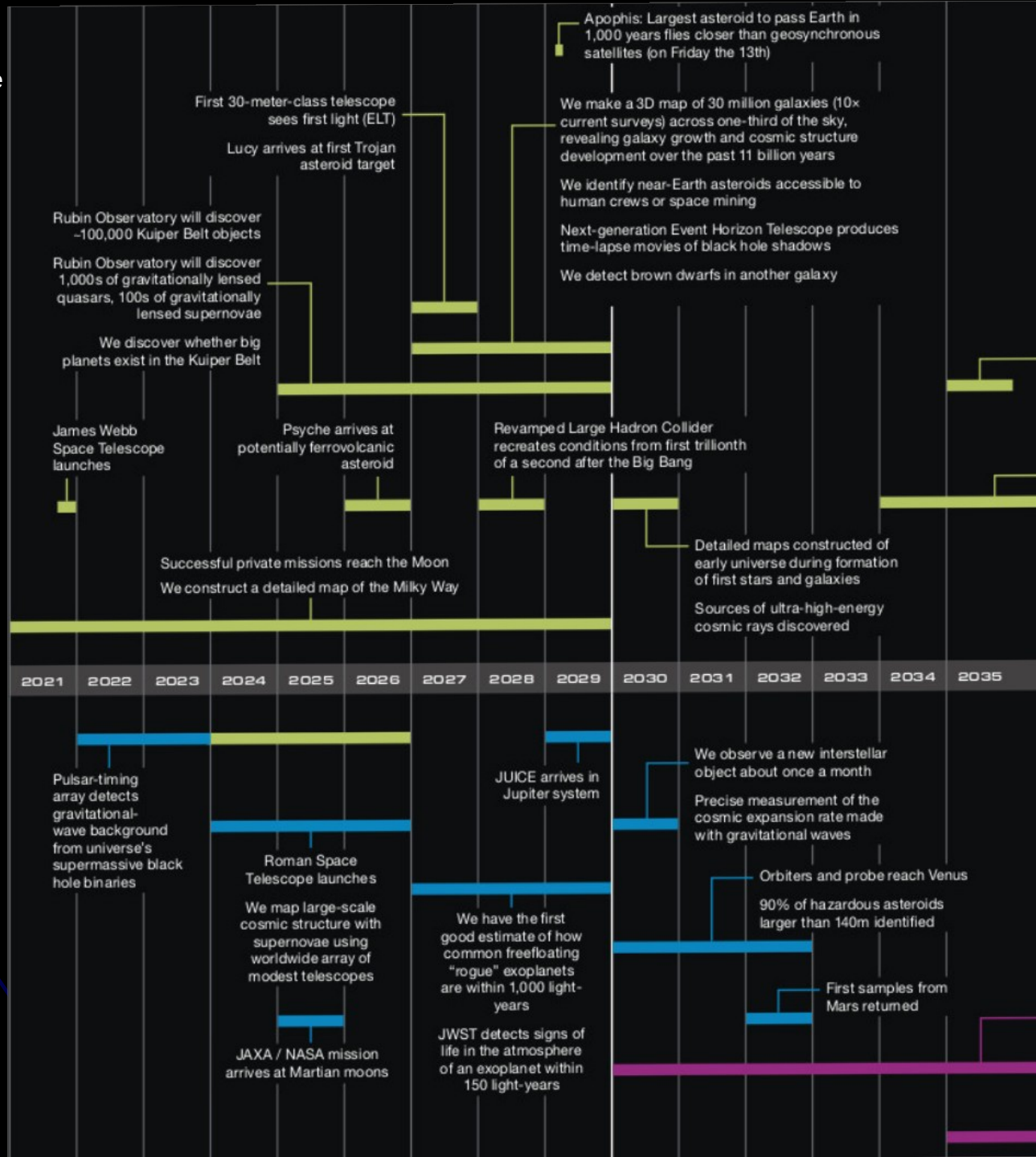
Visatos pradžios modeliai dar labiau nutolę nuo realybės. Viena iš “pradžios be pradžios” idėjų: “Big Bang” taško aplinkoje laikas virsta erdvės matavimu.



- Kas toliau?
- svarbiausių astronomijos atradimų prognozė iki 2050 (Sky&Telescope, 2021 lapkritis)

Atsisiųsti iš

<https://freemagazines.top/>

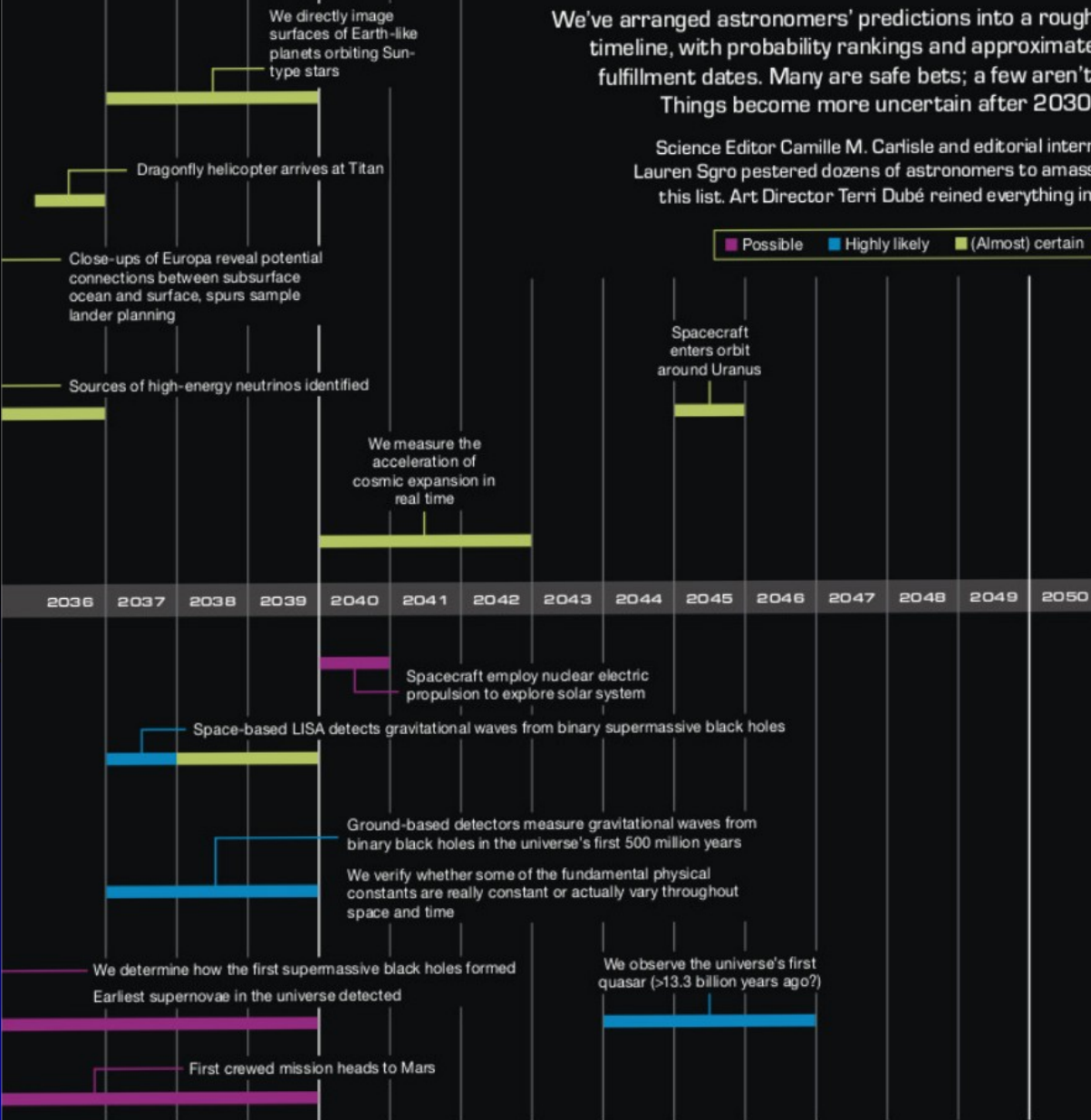


Future Forecast

What can we expect in astronomy news between now and 2050?

We've arranged astronomers' predictions into a rough timeline, with probability rankings and approximate fulfillment dates. Many are safe bets; a few aren't. Things become more uncertain after 2030.

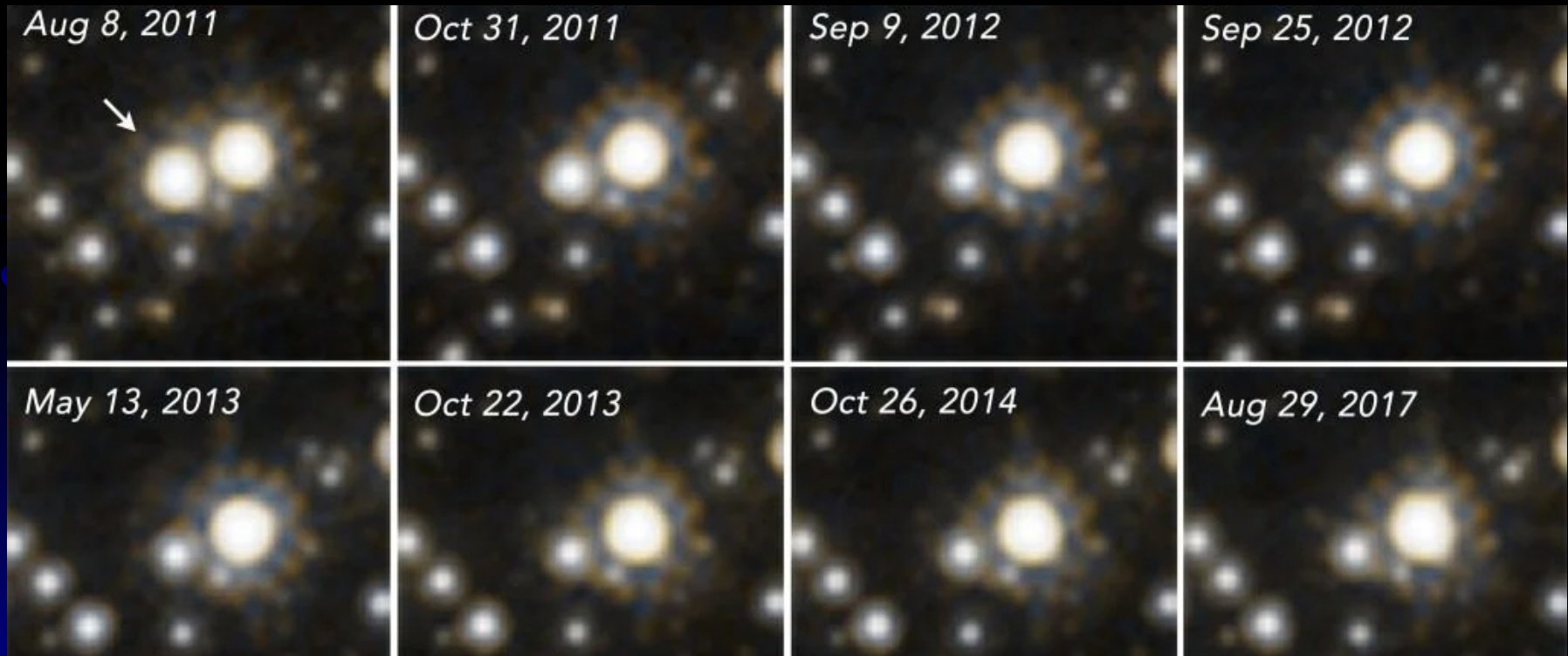
Science Editor Camille M. Carlisle and editorial intern Lauren Sgro pestered dozens of astronomers to amass this list. Art Director Terri Dubé reined everything in.



- Karšta naujiena

Iš gravitacinių lešių stebėjimų atrasta pirmoji “nesąveikaujanti” juodoji skylė.

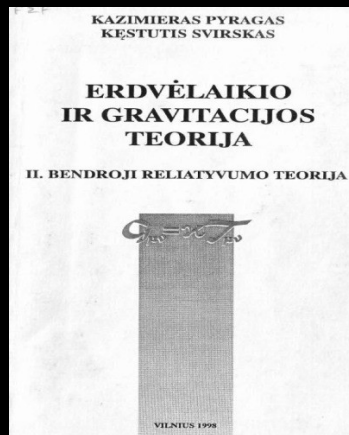
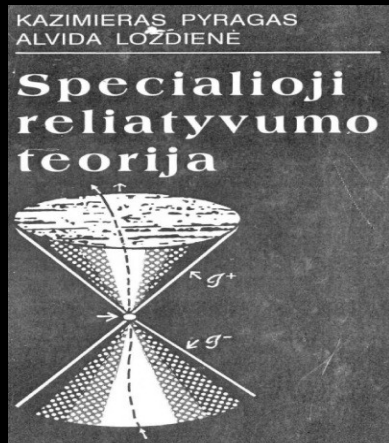
“By combining Hubble observations with ground telescope data, the scientists discovered a 270-day-long microlensing event, called MOA-2011-BLG-191/OGLE-2011-BLG-0462, which they said likely came from an isolated black hole.”



• Lietuvoje

Bendrosios reliatyvumo teorijos srityje dirbo:

Kazimieras Pyragas (tematika atvyko iš Kievo), su bendradarbiais: Alvida Lodziene ir Kęstučiu Svirsku.

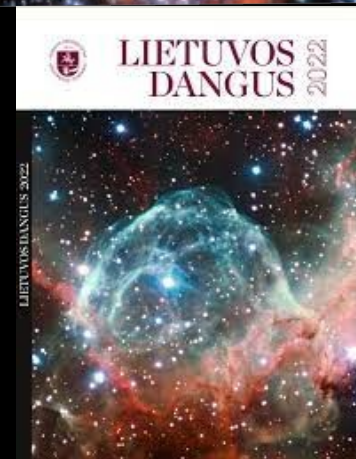
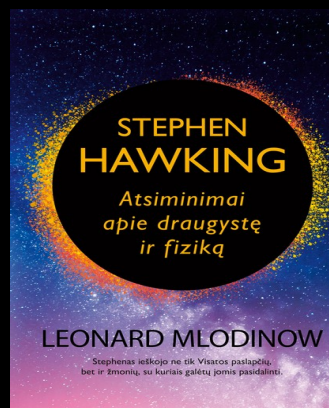
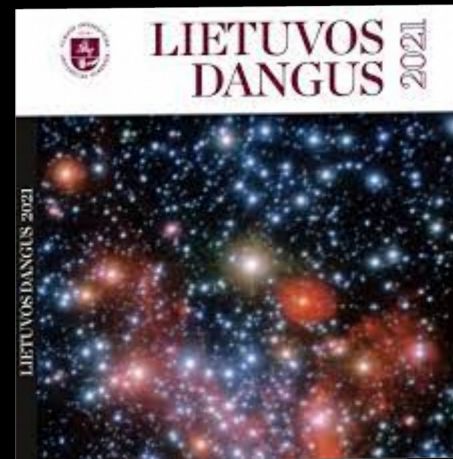


Dabar su tema susiję žmonės:

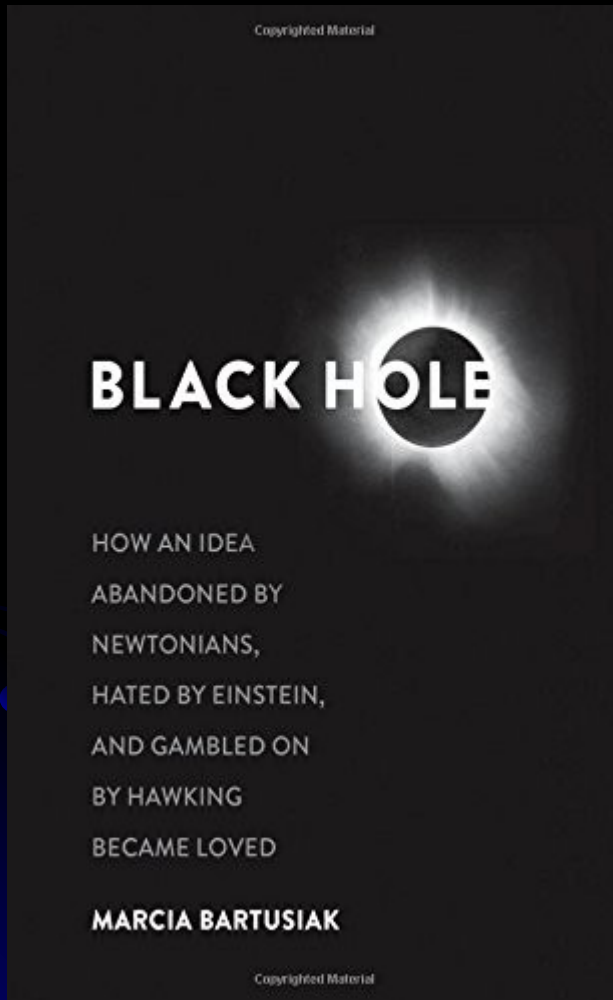
Kastytis Zubovas (Nacionalinis fizinių ir technologijos mokslų centras),

Marius Maskoliūnas (VU TFAI), gravitaciniai lęšiai

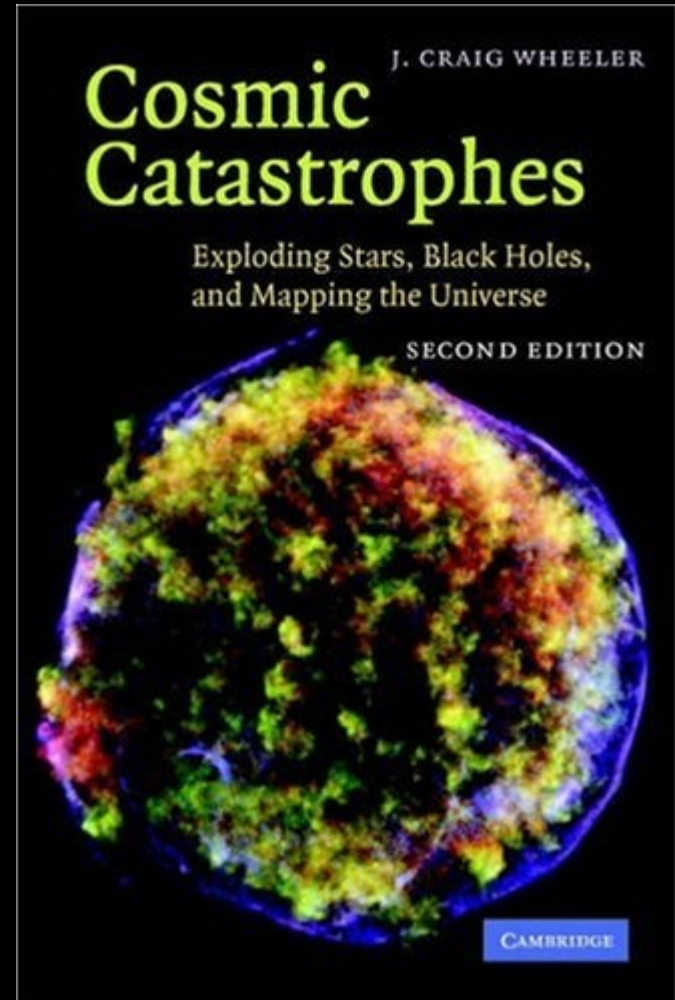
Erika Pakštienė (VU TFAI)



- Knygos anglų kalba, kuriomis remiantis ruoštas šis pranešimas



Ačiū
už
dėmesį !



Atsisiųsti iš <http://libgen.rs/>