

Вселенная Стивена Хокинга

Лекция 1: «Гений черных дыр»



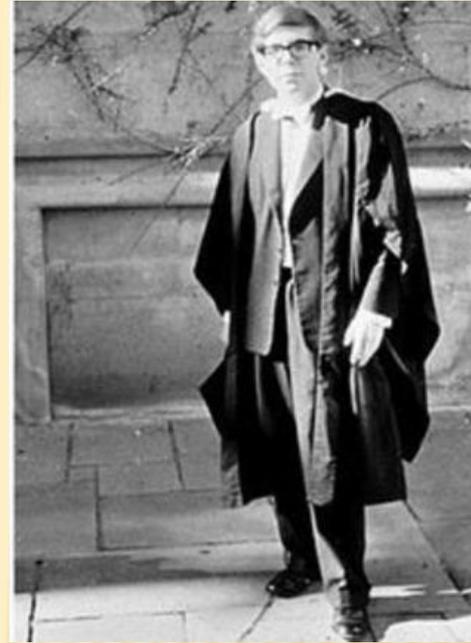
Что почитать?

- 1) «Краткая история времени» С.Хокинг
- 2) «Черные дыры и молодые вселенные» С.Хокинг
- 3) «Мир в ореховой скорлупке» С.Хокинг
- 4) «Теория всего» С.Хокинг
- 5) «Будущее пространства-времени» С.Хокинг
- 6) «Кратчайшая история времени» С.Хокинг, Л. Млодинов.
- 7) «Великий замысел» С. Хокинг, Л.Млодинов
- 8) «Первые три минуты» С.Вайнберг
- 9) «Черные дыры и Вселенная» И.Д, Новиков
- 10) «Устройство нашей вселенной» С.Г. Рубин

Что посмотреть?

- 1) х/ф«Хокинг» (2004г.)
- 2) х/ф«Вселенная Стивена Хокинга» (2014г.)
- 3) «Во Вселенную со Стивеном Хокингом» (2010г.)

Детство. Учеба.



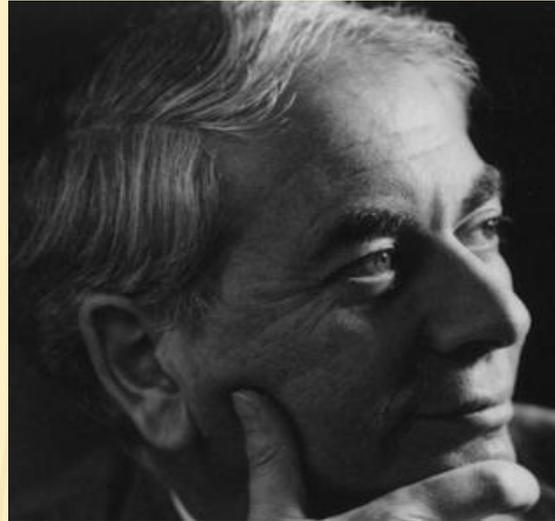
Родился в Оксфорде в 1942 году.

Окончил Оксфордский университет в 1962 году и поступил на факультет прикладной математики и теоретической физики Кембриджского университета.

Становление научной карьеры



Фред Хойл



Деннис Шиама
– научный
руководитель
Хокинга



Роджер Пенроуз –
друг и соратник
Хокинга

В 1966 году Хокинг получил степень Ph.D., защитив диссертацию «Свойства расширяющихся Вселенных»

Личная жизнь. Болезнь.

В 1963 году Хокингу был поставлен диагноз «боковой амиотрофический склероз» (БАС) – неизлечимая болезнь поражающая моторные нейроны, приводящая к параличам и последующей атрофии мышц. Врачи считали, что ему осталось жить 2,5 года.

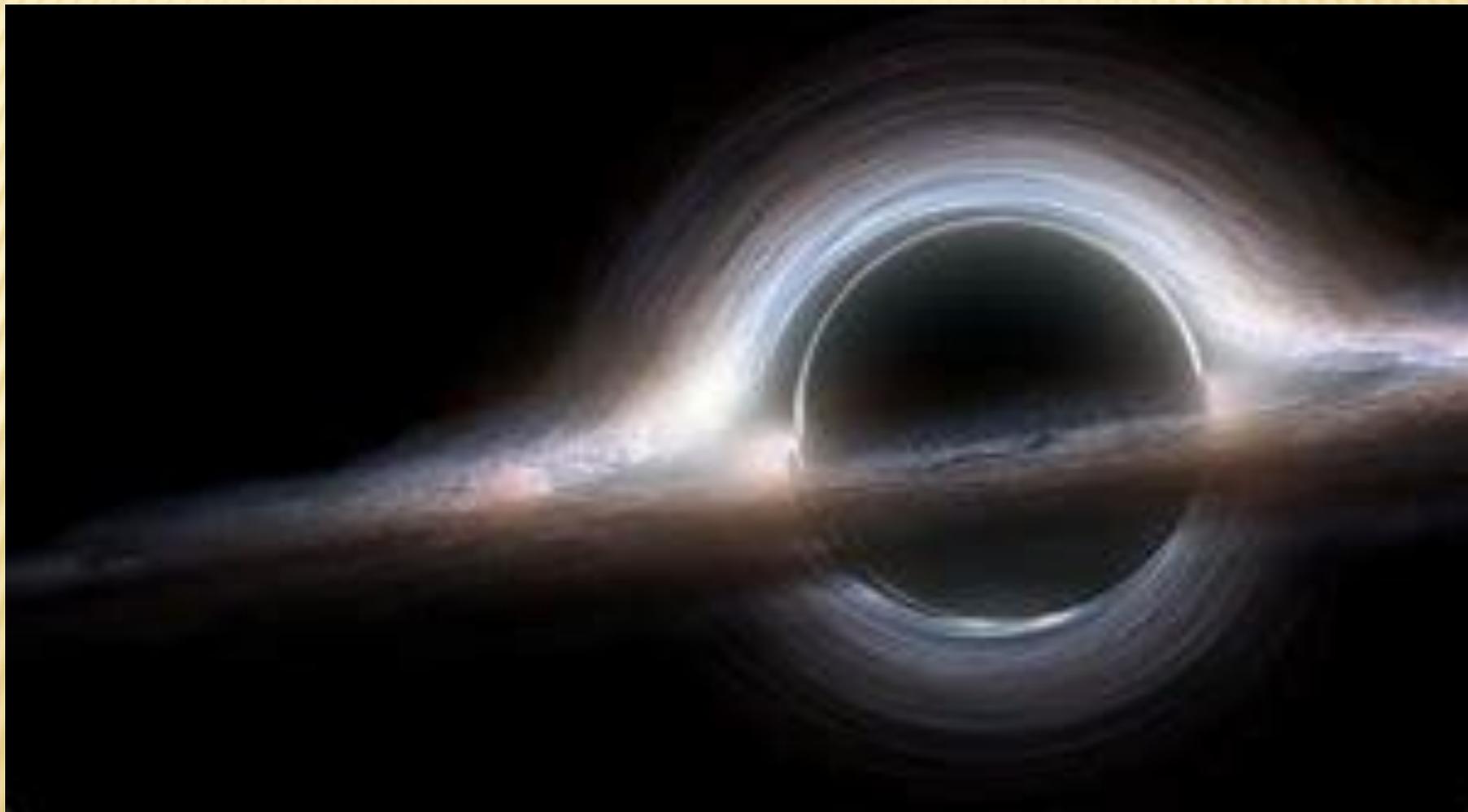


14 июля 1965 женится на Джейн Уальд. У них родятся трое детей: Роберт (1967), Люси (1970), Тимоти (1979).



Хокинг умер 14 марта 2018 года, прожив с диагнозом 55 лет.

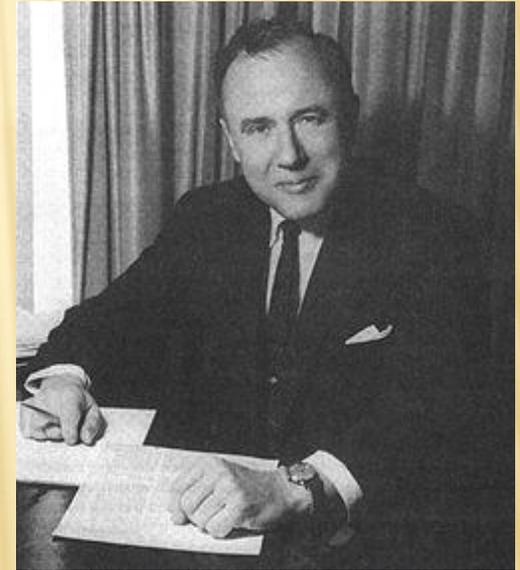
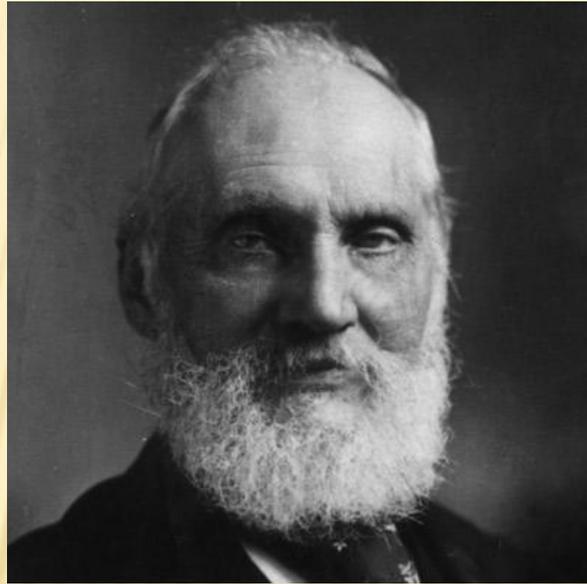
Черная дыра – область в пространстве, гравитационное притяжение которой настолько велико, что никакое тело не может её покинуть.



1784 – Джон Митчелл, «Чёрные звёзды»

1796 – Пьер-Симон Лаплас, «Exposition du Systeem du Monde»

1967 – Джон Уилер, термин «чёрная дыра»

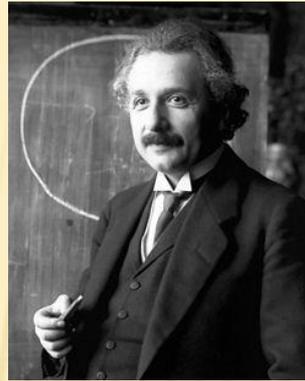


1900 – Уильям Томпсон, «Тучи XIX века над динамической теорией теплоты и света»

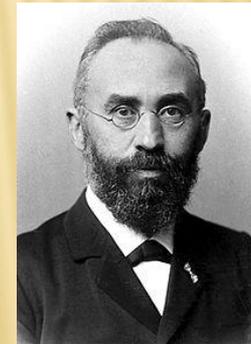
Механика (уравнения Ньютона)



Электромагнетизм (уравнения Максвелла)



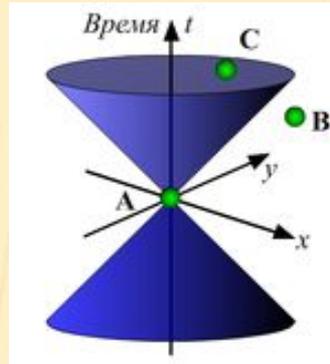
Эйнштейн,
Пуанкаре, Лоренц



Специальная теория относительности (СТО)

Следствия СТО

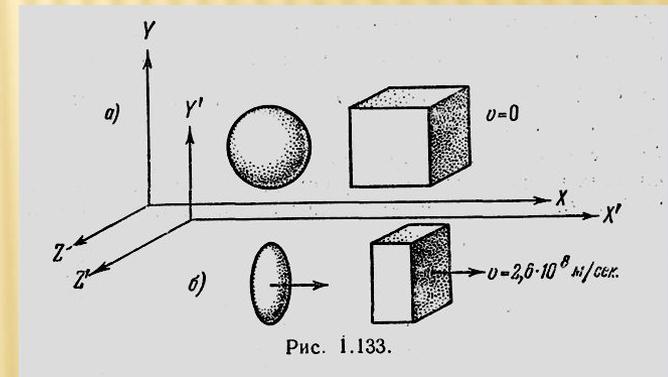
Пространство + время = пространство-время



Замедление времени



Сокращение длины

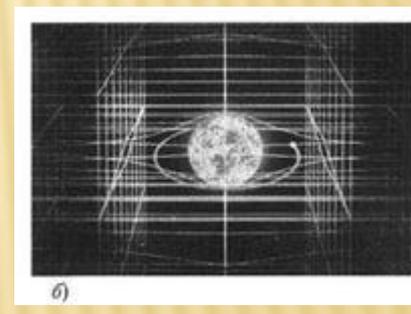
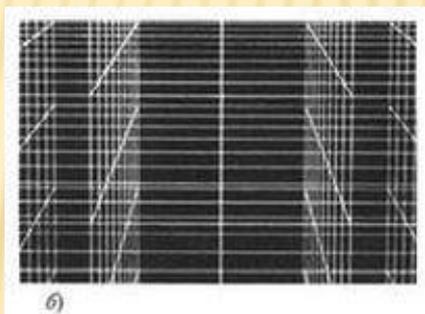
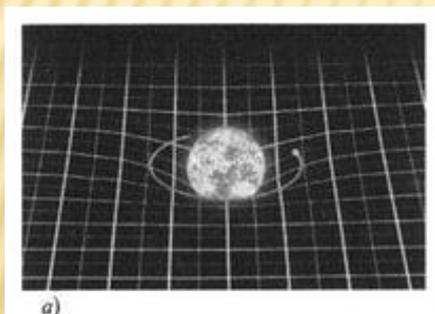
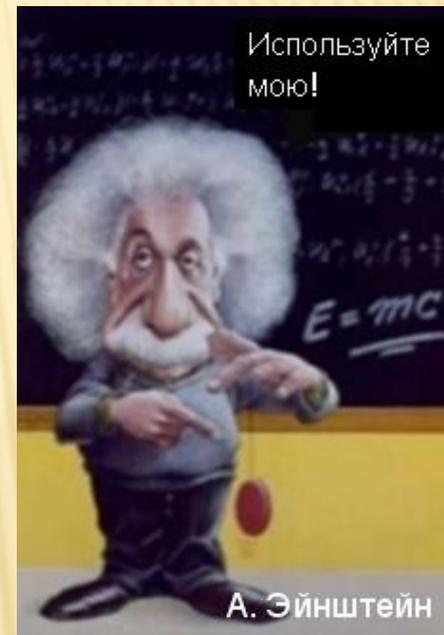


$$E=mc^2$$

Общая теория относительности (ОТО)

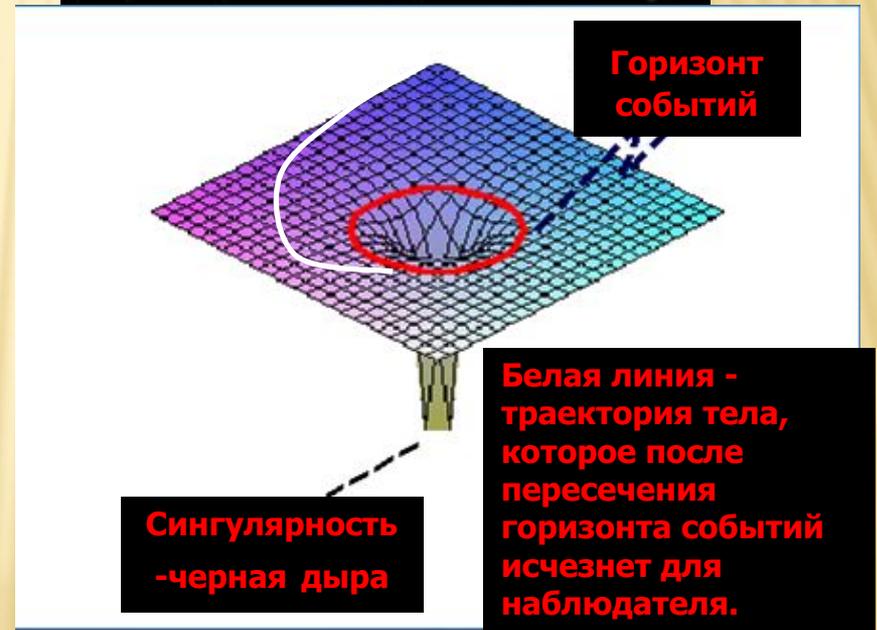
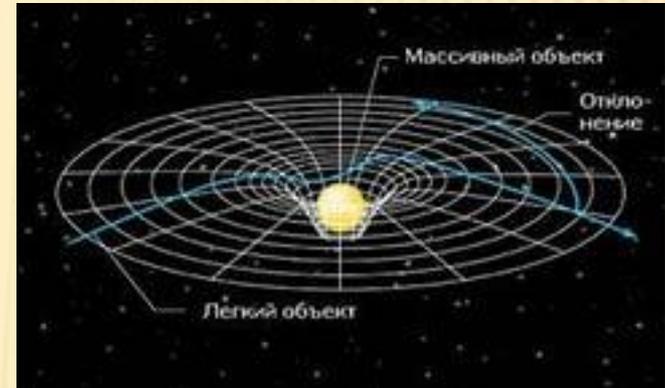


Тела движутся по инерции в искривлённом пространстве-времени.

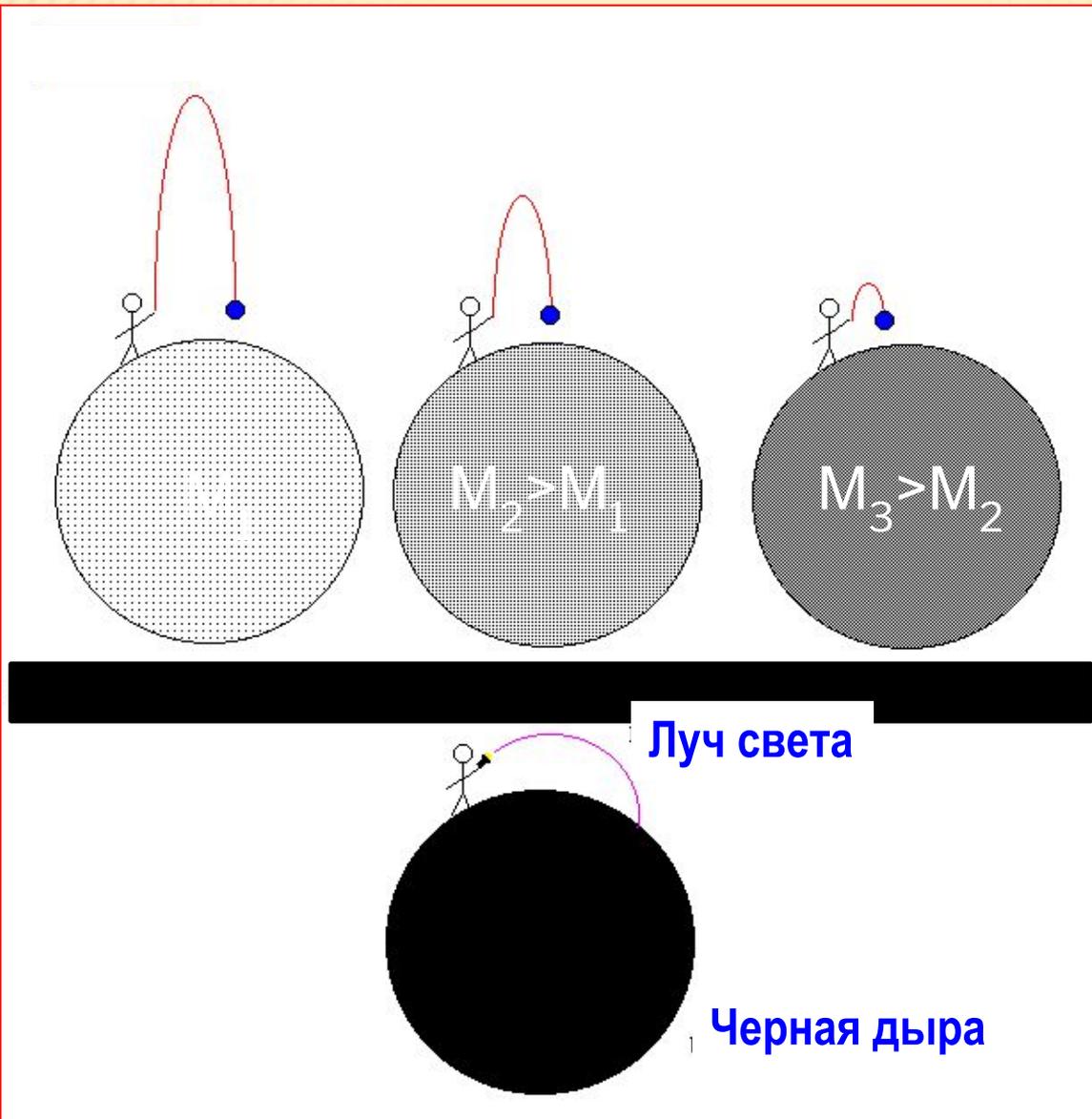


- 1) Масса- энергия «говорит» пространству-времени, как оно будет искривляться.
- 2) Кривизна «говорит» массе-энергии, как ей двигаться.

1916 – Карл Шварцшильд, первое решение уравнений Эйнштейна, гравитирующий шар



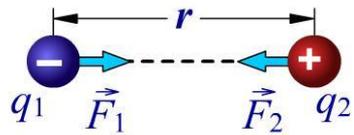
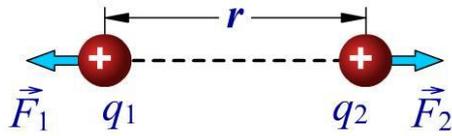
Никакая информация не будет выходить из-за горизонта событий. Время на этой границе останавливается.



R_H для Солнца = 3 км.

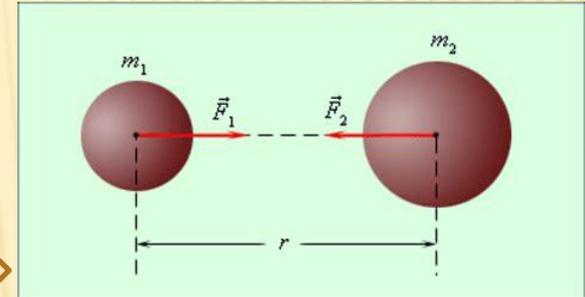
R_H для Земли = 9 мм.

Сингулярность



$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

При
уменьшении
расстояния
сила
становится
бесконечной!



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

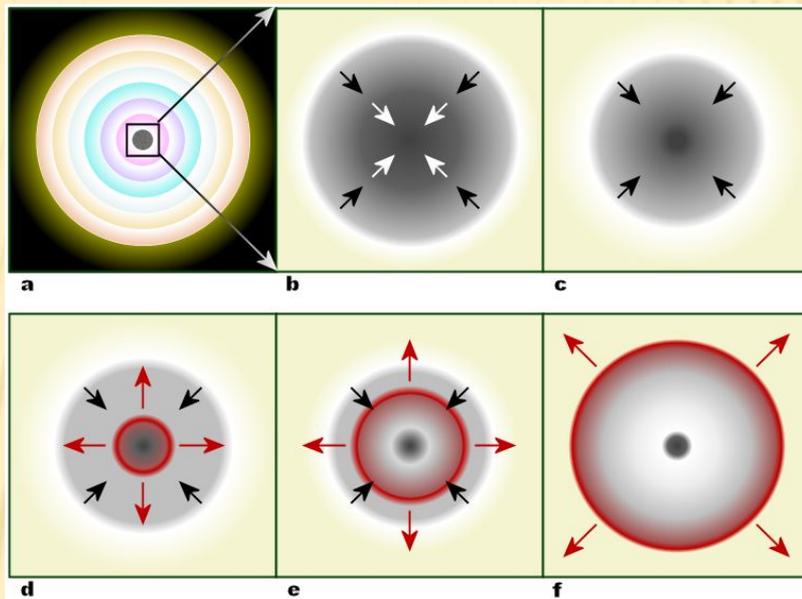
В сингулярности кривизна пространства-времени
становится бесконечной!



Теорема Пенроуза о сингулярностях (1965)

«Должны существовать механизмы, препятствующие возникновению сингулярностей при коллапсе реальных звезд»

Оппенгеймер и
Снайдер (1939)
гравитационный
коллапс
однородной
пылевидной
сферы.

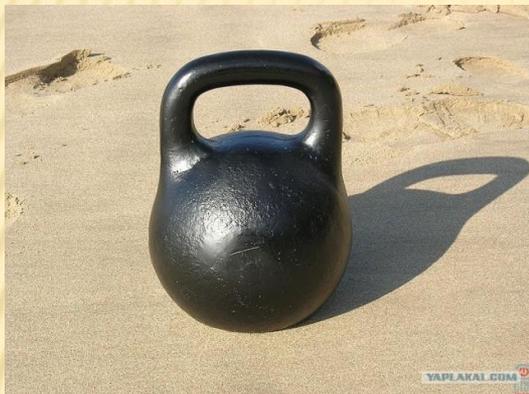


Гравитационный
коллапс

Пенроуз: «Сингулярности должны формироваться при коллапсе звезд, обладающих достаточной массой».

«У черной дыры нет волос»

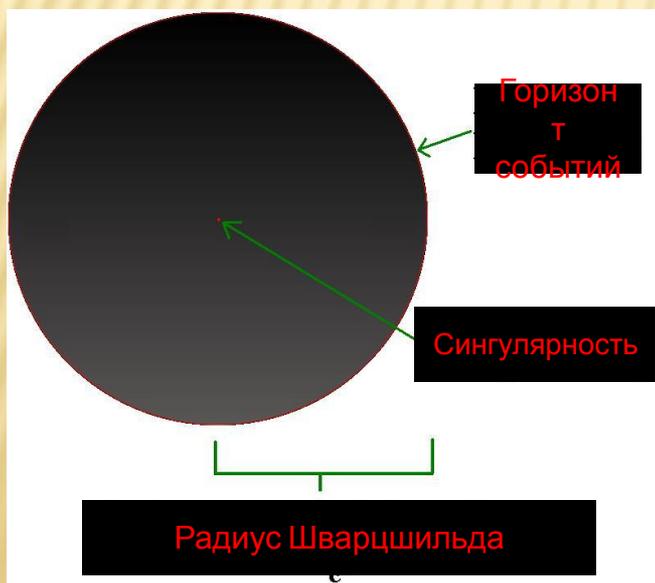
Масса



Момент
импульса



Электрически
й заряд



Типы черных дыр. 1) Черные дыры звездной массы.

$0.08M_{\odot} > M < 4M_{\odot}$

Главная
Последовательность

Красный гигант
с гелиевым
ядром

Красный
сверхгигант
с С-О ядром

Сброс
оболочки,
образование
ПТ

Белый
карлик

$4M_{\odot} > M < 50M_{\odot}$

Главная
Последовательность
(О-В звезды)

Красный или
голубой
сверхгигант
с гелиевым

Красный
сверхгигант
с железным
ядром
Взрыв звезды,
Сверхновая типа II

Нейтронная
звезда

$50M_{\odot} > M$

Главная
Последовательность
(О звезды)

Звезды типа
WR

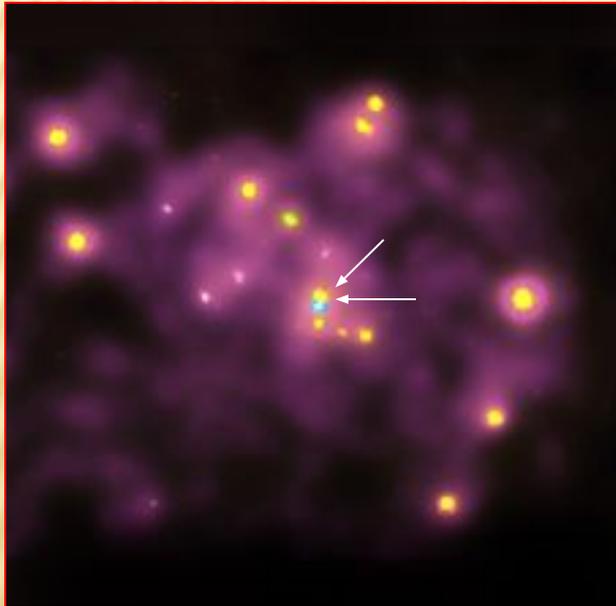
Взрыв звезды,
Сверхновая
типа I

Черная дыра



Типы черных дыр. 2) Сверхмассивные черные дыры.

СМЧД находятся в центрах галактик



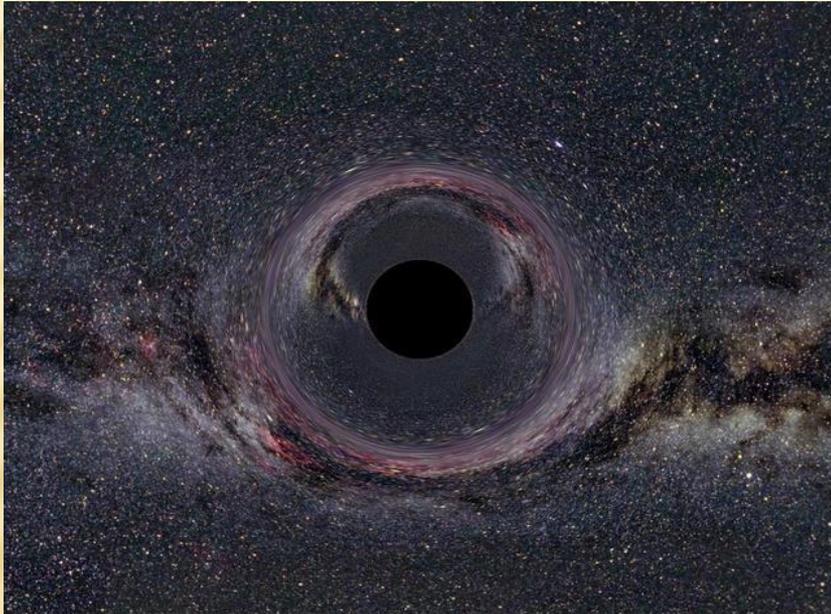
Черная дыра в галактике Андромеда

Сверху дано изображение галактики M31 (Андромеда) в видимых лучах. Слева дано изображение центральной части в рентгеновском диапазоне .

Типы черных дыр.

3) Первичные черные дыры.

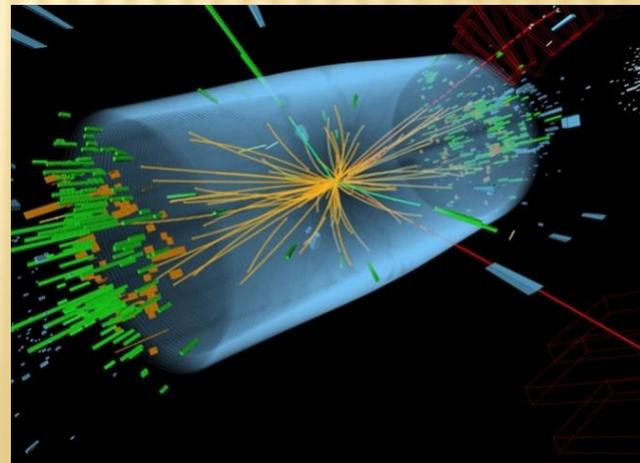
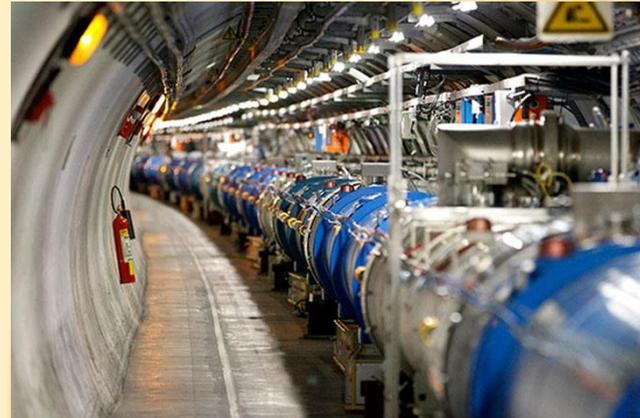
Они должны были образоваться довольно скоро после возникновения Вселенной.



В настоящий момент такие черные дыры не открыты.

4) микроскопические черные дыры.

Могут образоваться при столкновении высокоэнергичных частиц на ускорителях.

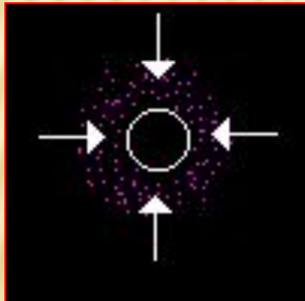


Как обнаружить черные дыры (1)

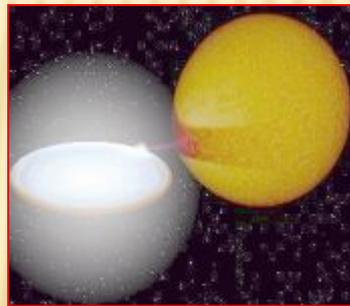
Сами черные дыры наблюдать нельзя!

Черная дыра может проявить себя через взаимодействие с газом и пылью, которые ее окружают.

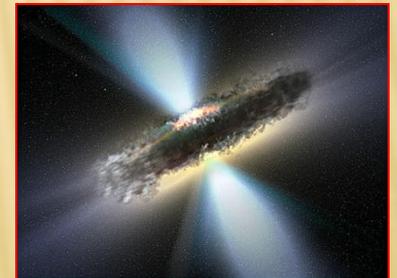
Образование
аккреционных
дисков



Резкое изменение
яркости окружающего
вещества



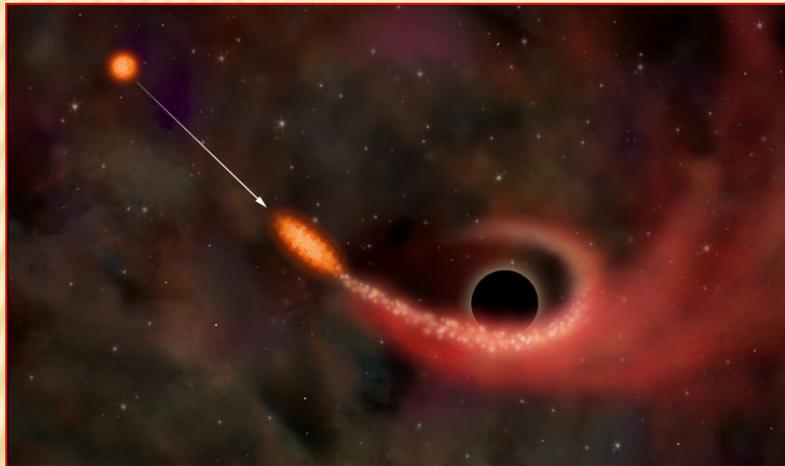
Выбросы
вещества
(джеты)



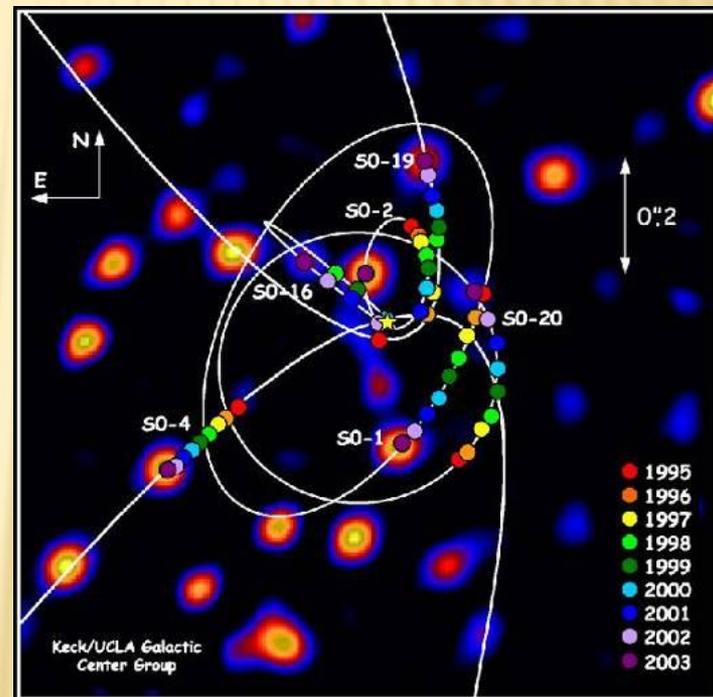
Благодаря этому взаимодействию образуются квазары – ярчайшие объекты во Вселенной.

Как обнаружить черные дыры (2)

Аккреционный диск.



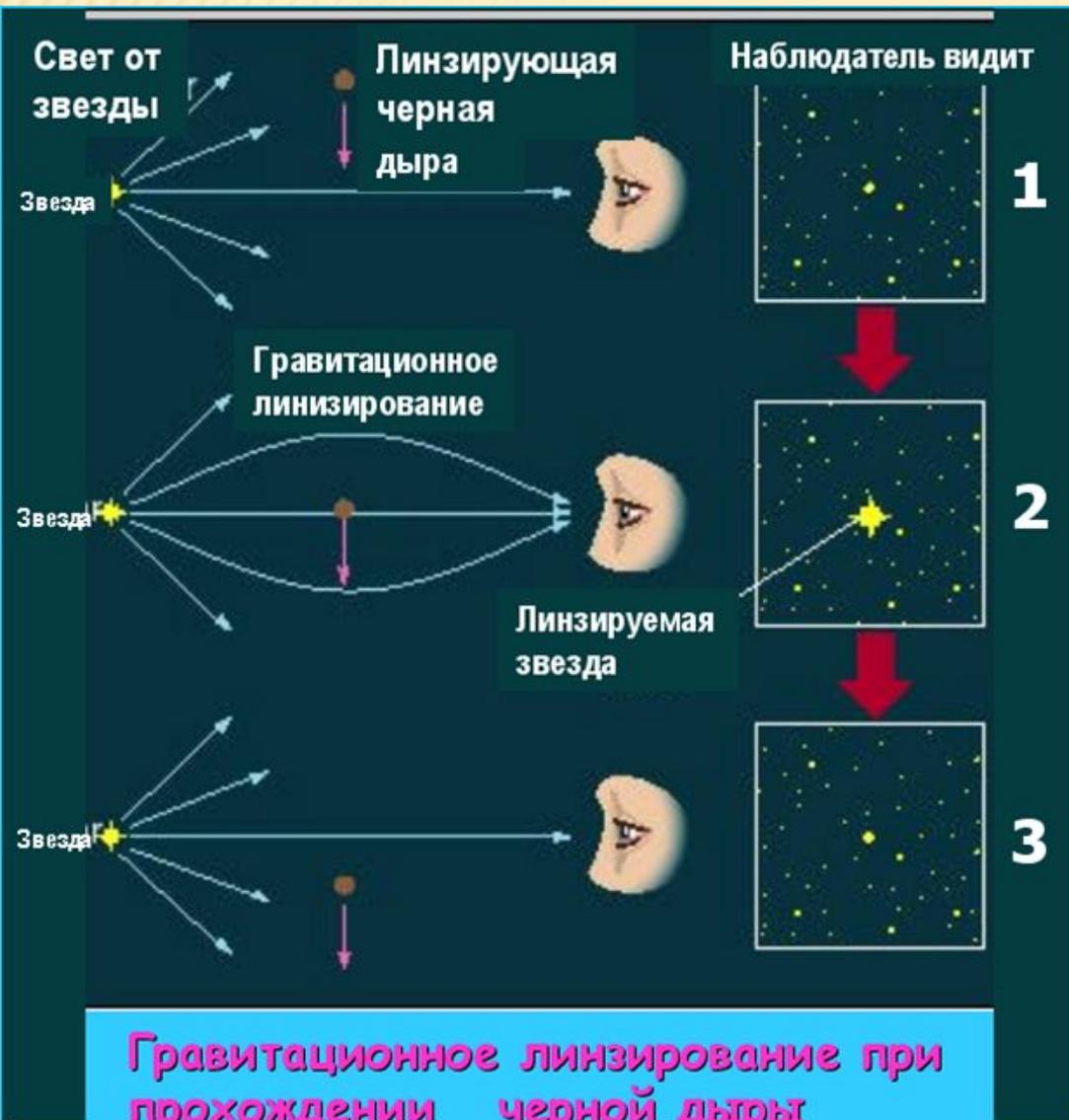
Расчет массы «кандидата» на основе траекторий окружающих его звезд.



На этом снимке
приведены
результаты
многолетних
наблюдений за
положением звезд в
центре нашей
Галактики.

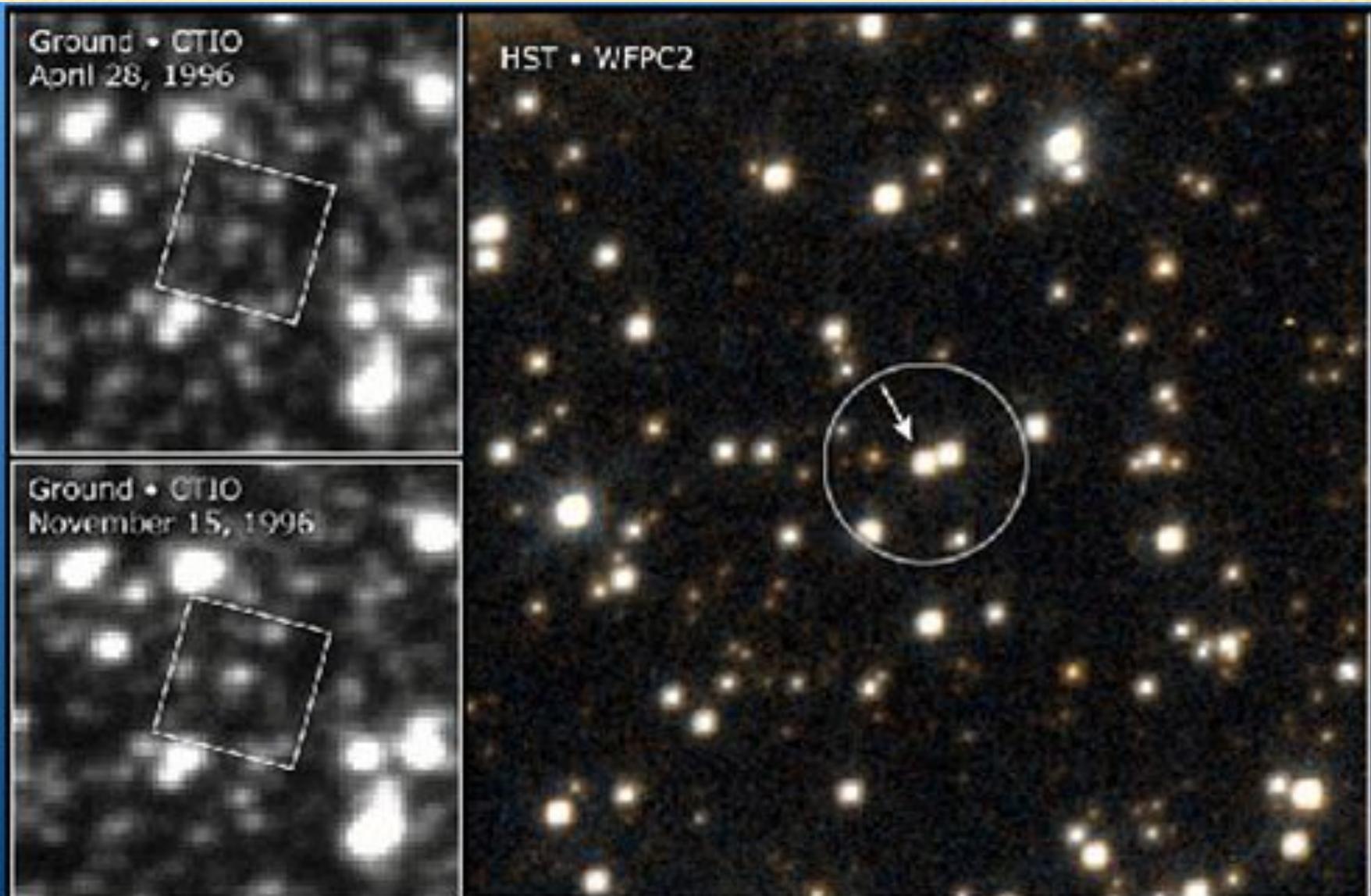
Как обнаружить черные дыры (3).

Эффект гравитационного линзирования.



Гравитационное поле черных дыр искривляет лучи света, идущие от далеких звезд. Благодаря этому блеск звезды кратковременно возрастает.

Гравитационное (микро)линзирование.



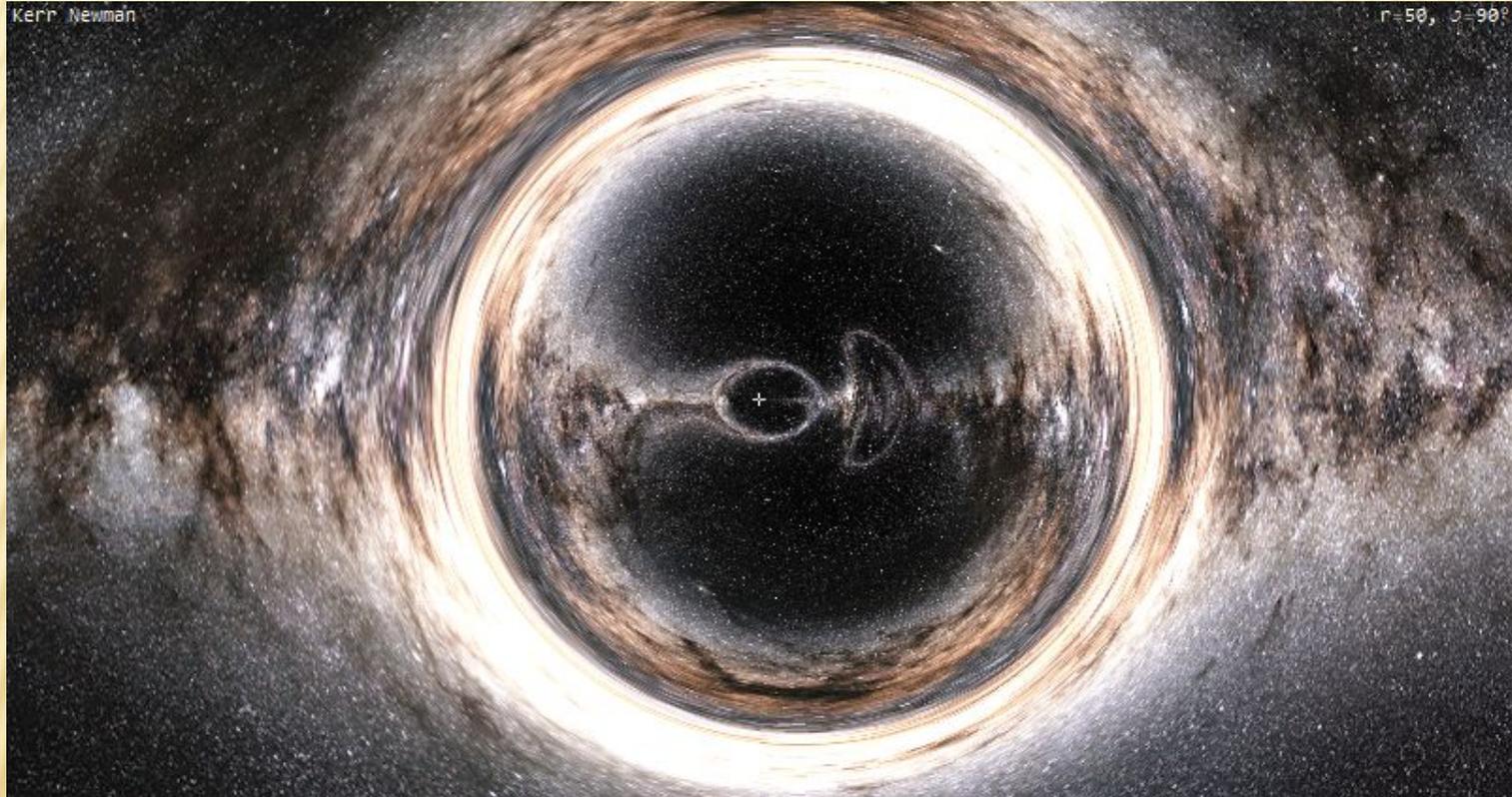
Microlens Event MACHO-96-BLG-5

HST • WFPC2

NASA and D. Bennett (Notre Dame University) • STScI-PRC00-03

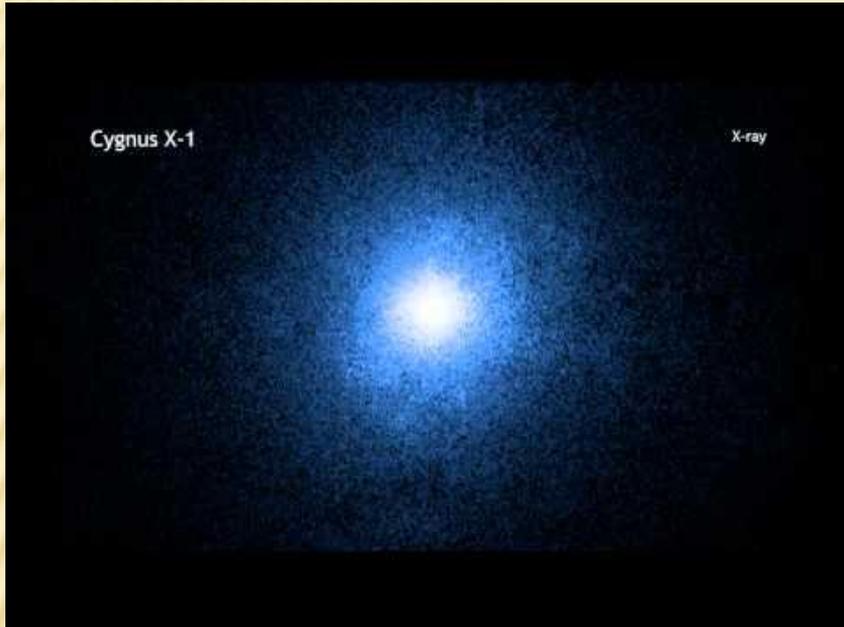
Принцип космической цензуры (Р. Пенроуз)

«Природа не терпит голых сингулярностей».



Любые сингулярности скрыты от нас горизонтами событий черных дыр.

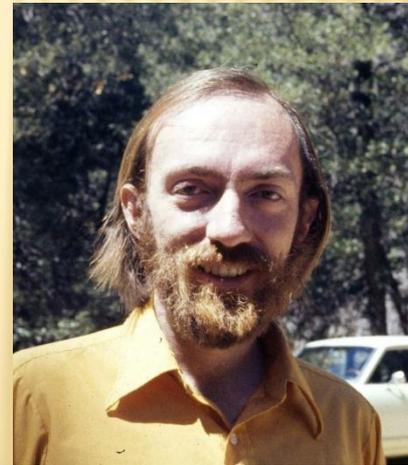
Пари между Хокингом и Торном (1974)



Первый рентгеновский источник – кандидат в черные дыры.



Хокинг: там нет черной дыры!

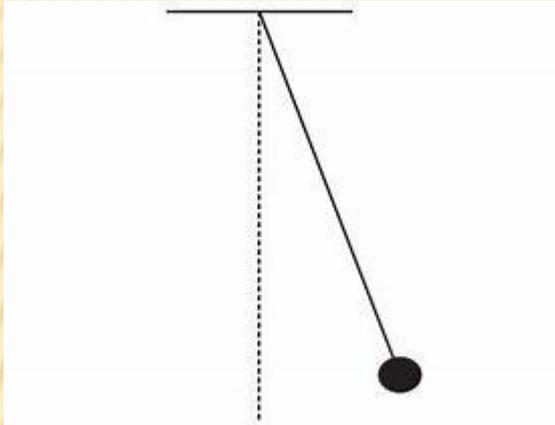


Торн: там есть черная дыра!

Хокинг признал поражение в 1990 году.

Гармонический осциллятор

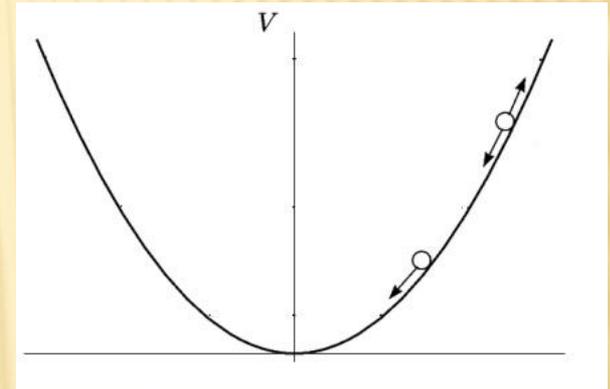
Математический маятник



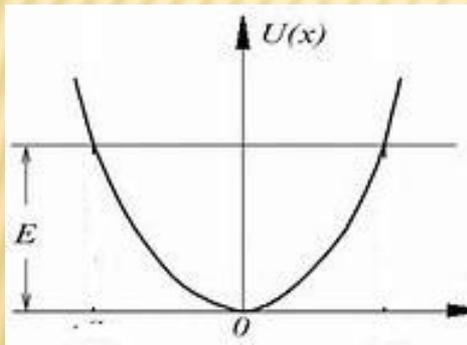
Физический
(пружинный) маятник



Частица в
потенциальной яме

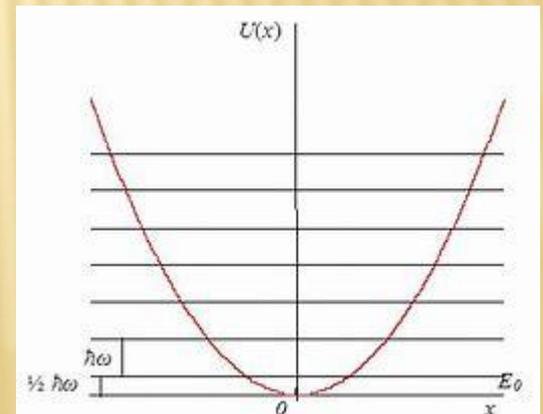


Классический случай

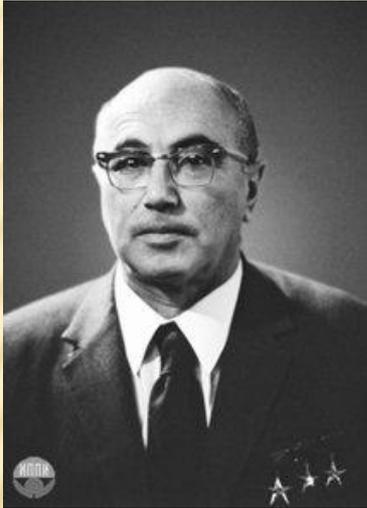


Существуют
«нулевые»
колебания.

Квантовый случай



В 1973 году Хокинг посещает Москву, где обсуждает проблемы физики черных дыр с советскими учеными.



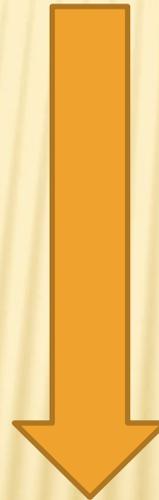
Я.Б. Зельдович

«Вращающиеся
черные дыры должны
терять энергию,
излучая частицы»



А.А.Старобинский

Хокинг



«Любые черные дыры должны терять энергию, излучая частицы».

Испарение черных дыр. (Хокинг, 1973)



Эффект обнаружен в 2014 году на звуковых волнах. («Глухая черная дыра»)

У горизонта событий рождается пара частица – античастица. Затем одна из них падает за горизонт, а другая улетает от черной дыры, унося ее энергию.

Адамс, Лафлин . «Пять возрастов вселенной: в глубинах физики вечности»

Эпоха черных дыр : 10^{40} – 10^{100} лет.

Черные дыры могут взрываться!

Для черной дыры солнечной массы $T_{BH} \approx 0,0000001K$

Температура реликтового излучения $T=2,73K$.

Парадокс потери информации в черной дыре.

Классический случай:

Информация (в виде частиц или излучения) поглощается черной дырой.

Черная дыра увеличивает свою массу.

Информация остается внутри черной дыры.

Квантовый случай:

Информация (в виде частиц или излучения) поглощается черной дырой.

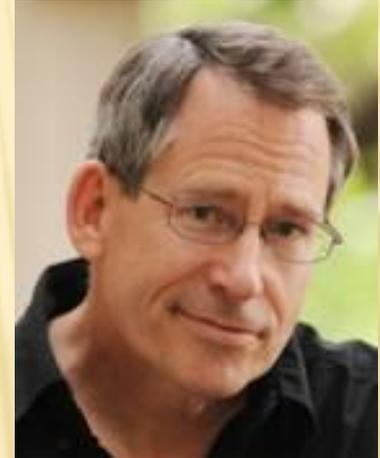
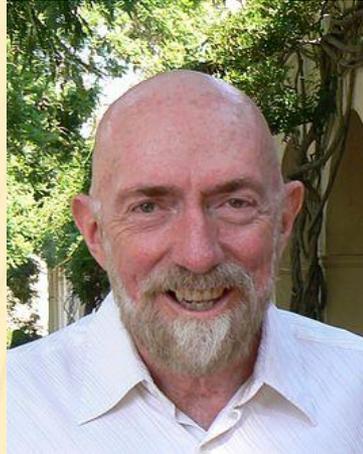
Черная дыра увеличивает свою массу.

Черная дыра уменьшает массу благодаря излучению Хокинга.

Основы квантовой механики нарушаются!

По испущенному ей излучению невозможно (???) восстановить исходную информацию.

Еще одно пари...



С.Хокинг , К.Торн (1983) :
информация не сохраняется!

Л. Сасскинд, Д.Прескилл:
информация
сохраняется!

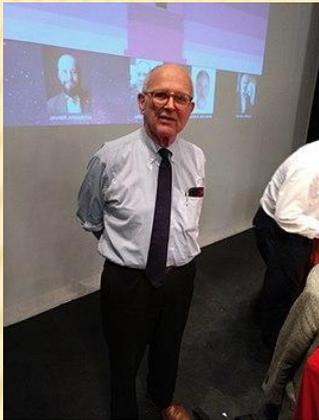
В 2004 году Хокинг признал свое поражение.

Возможный вариант решение – в нашей вселенной может образоваться только «кажущаяся» черная дыра, не содержащая сингулярность.

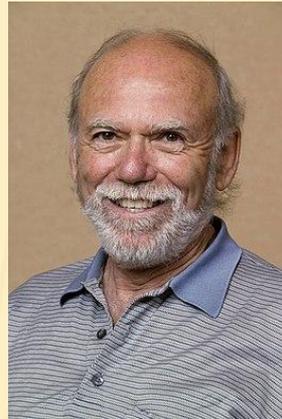
Гравитационные волны

Гравитационные волны – рябь пространства-времени, излучаемая движущимися телами.

Нобелевская премия по физике (2017).



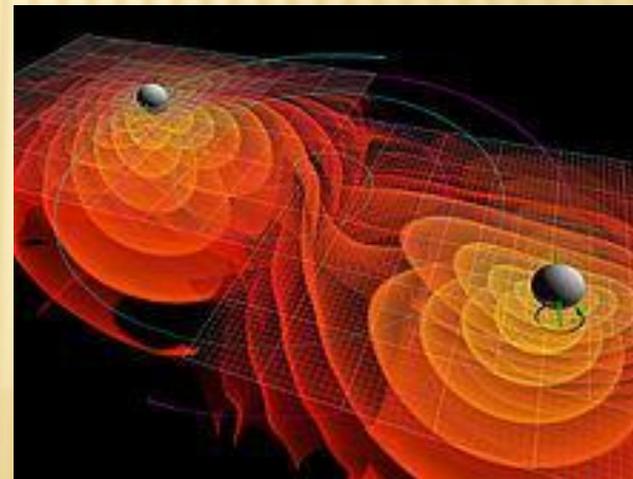
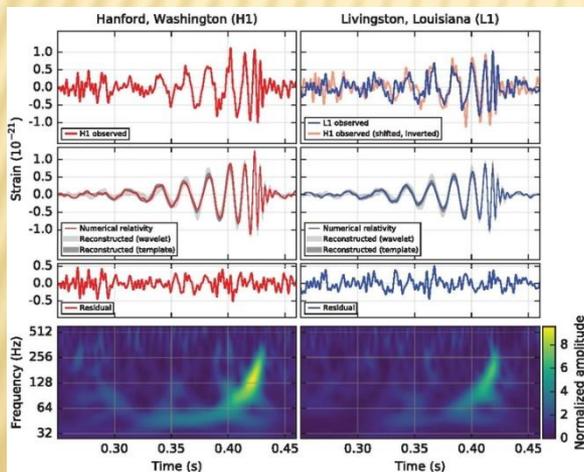
Р.Вайсс



Б. Берिश

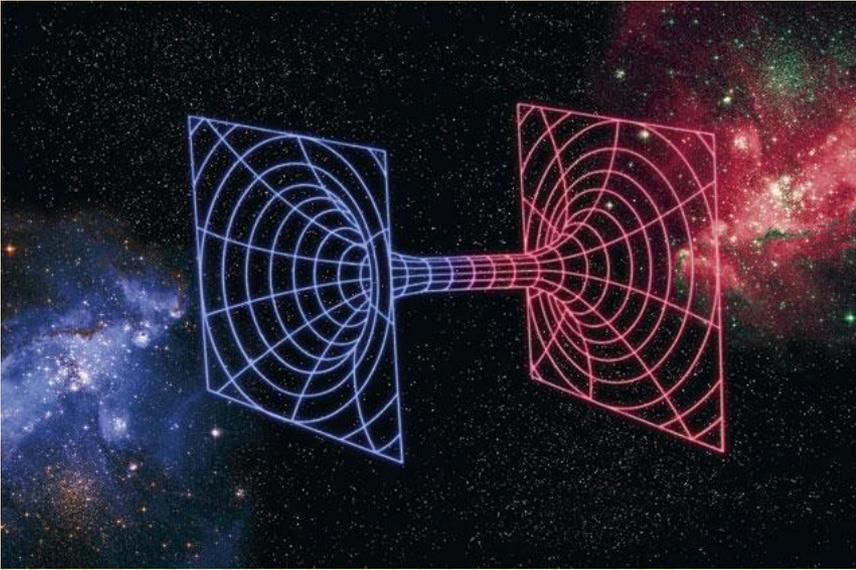


К.Торн



Начало эпохи гравитационно-волновой астрономии!

Кротовые норы и белые дыры.



Кротовая нора –
туннель в
пространстве-времени.



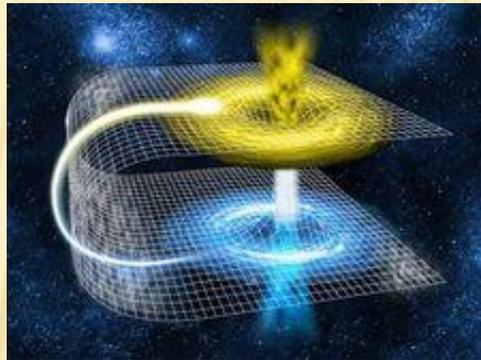
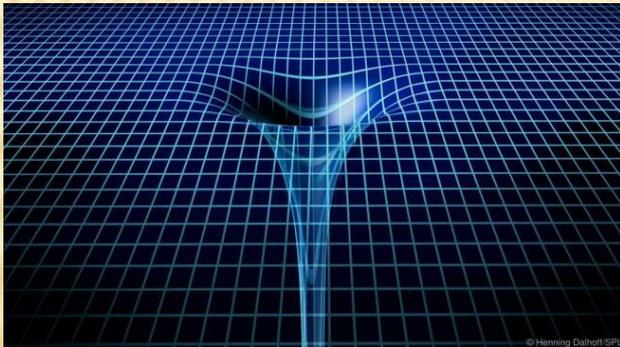
Белая дыра –
антипод черной
дыры.

Что же внутри черной дыры???

Точно узнать ответна этот вопрос мы можем, только попав внутрь черной дыры...

Современные представления – сингулярность.

Возможно , черная дыра - портал в другие области Вселенной или даже в другие вселенные!!



Для того, чтобы это понять, нужно объединить ОТО и квантовую механику. Возможно, это сделает теория струн...

**Спасибо
за
внимание!**