

Роджер Пенроуз- нобелевский лауреат 2020

А.Н.Петров
ГАИШ МГУ





- **НЕМНОГО БИОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

- **1) Рождение, семья**
- **2) Образование**
- **3) Научные интересы**
- **4) Награды**



- Премия Адамса (1966)
- Премия Дэни Хайнемана в области математической физики от Американского физического общества и Американского института физики (1971)
- Медаль Эддингтона (1975) от Британского королевского астрономического общества (совместно со Стивеном Хокингом)
- Королевская медаль (1985) от Лондонского королевского общества
- Премия Вольфа по физике (1988)
- Медаль Дирака от Института физики (1988)
- Мессенджеровские лекции (1990)
- Медаль Альберта Эйнштейна (1990)

- Эйлеровская лекция (1994)
- Медаль Гельмгольца (1998)
- Медаль Карла Шварцшильда (2000)
- Science book prize^[en] (1990)

• Naylor Prize and Lectureship (1991)

Премия Марселя Гроссмана (2000)

Гиббсовская лекция (2000)

Орден Заслуг (2000)

Шрёдингеровская лекция (Имперский колледж Лондона) (2001)

Медаль де Моргана (2004) от Лондонского математического общества



- Медаль Амальди^[de] (2004)
- Медаль Копли (2008)
- Фелло Международного общества общей теории относительности и гравитации (2010)
- Премия Фонсеки^[en] (2011) от Университета Сантьяго-де-Компостела
- Эрнстовская лекция (2012)
- Мемориальная лекция Соломона Лефшеца (2015)
- Премия имени И. Я. Померанчука (2019)^[19]
- Erasmus Medal^[de] (2020)
- Нобелевская премия по физике (2020)



• ПРОБЛЕМЫ СИНГУЛЯРНОСТЕЙ

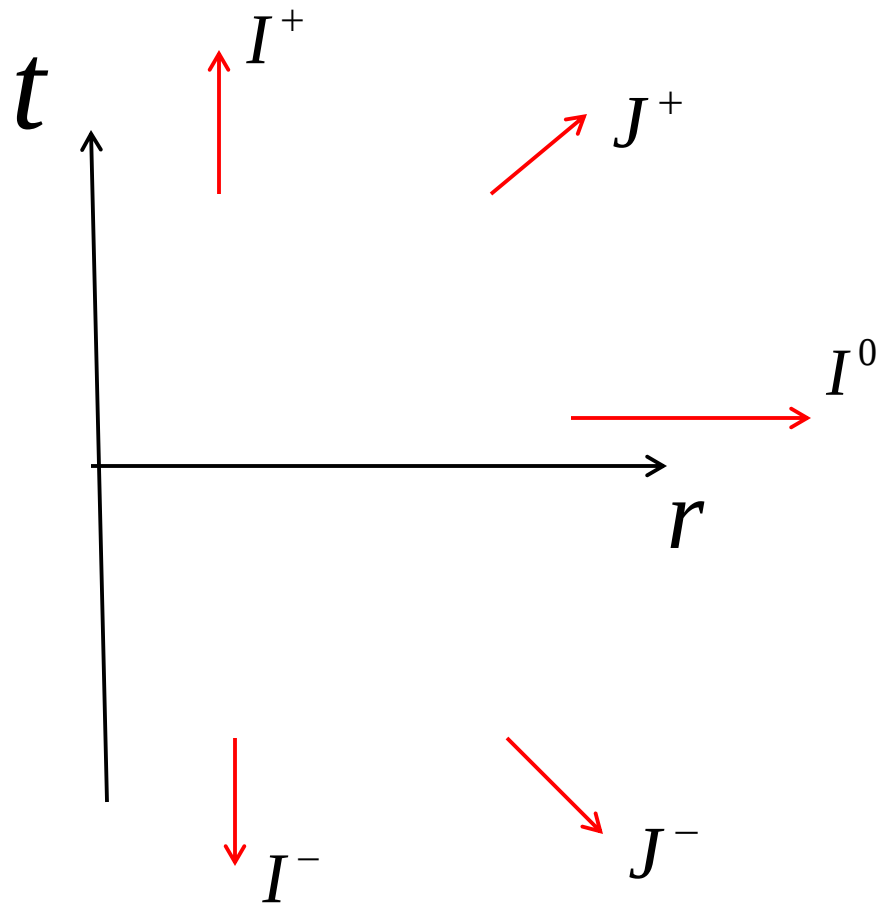
- 1) Космологические сингулярности, как исходная проблема
- 2) Проблемы сингулярностей не только математические, но и космологические, астрофизические
- 3) C. W. Misner, 1963. The flatter regions of Newman, Unti, and Tamburino's generalized Schwarzschild space
- «...сингулярностью следует считать ситуацию, в которой материальные частицы или фотоны уже не могут двигаться по пространственно-временным траекториям. Они достигают конечных точек, за которые эти траектории в принципе невозможно продолжить, а сами пространство и время теряют смысл. ...»

- 4) Шмидт и идея Мизнера
- 5) Космологические сингулярности и идея Мизнера

- **Глобальные методы в ОТО**
- **1) Разработка методов**
- **2) Глобальные и локальные методы**
- **3) Участники исследований:** Пенроуз был один из основных движителей, но также необходимо отметить участие таких замечательных исследователей как Хокинг, Эллис, Героч, Шмидт.
- **4) Ниже приведем некоторые понятия из глобальных методов**



- Бесконечности



- пространство Минковского

- Конформная диаграмма пространства Минковского

$$t + r = \frac{1}{2} \operatorname{tg}(\psi + \xi)$$

$$t - r = \frac{1}{2} \operatorname{tg}(\psi - \xi)$$

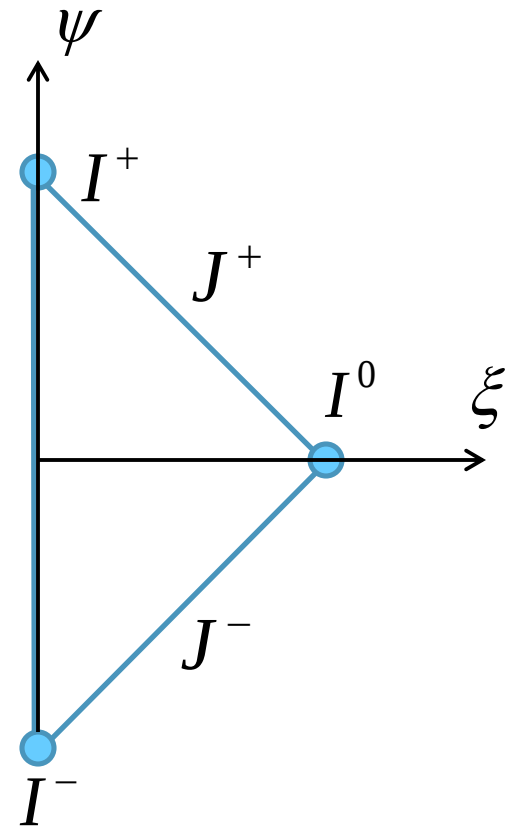


Диаграмма Пенроуза пространства Минковского

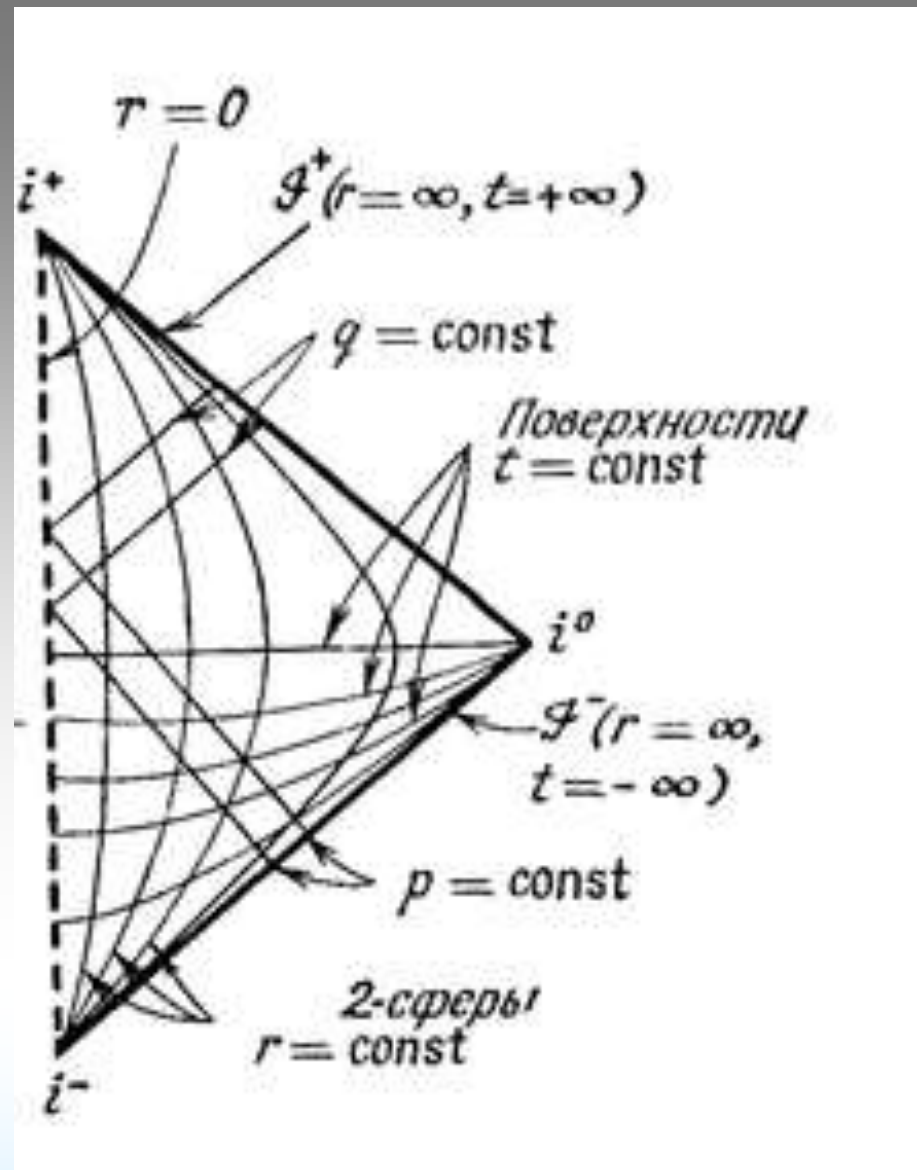
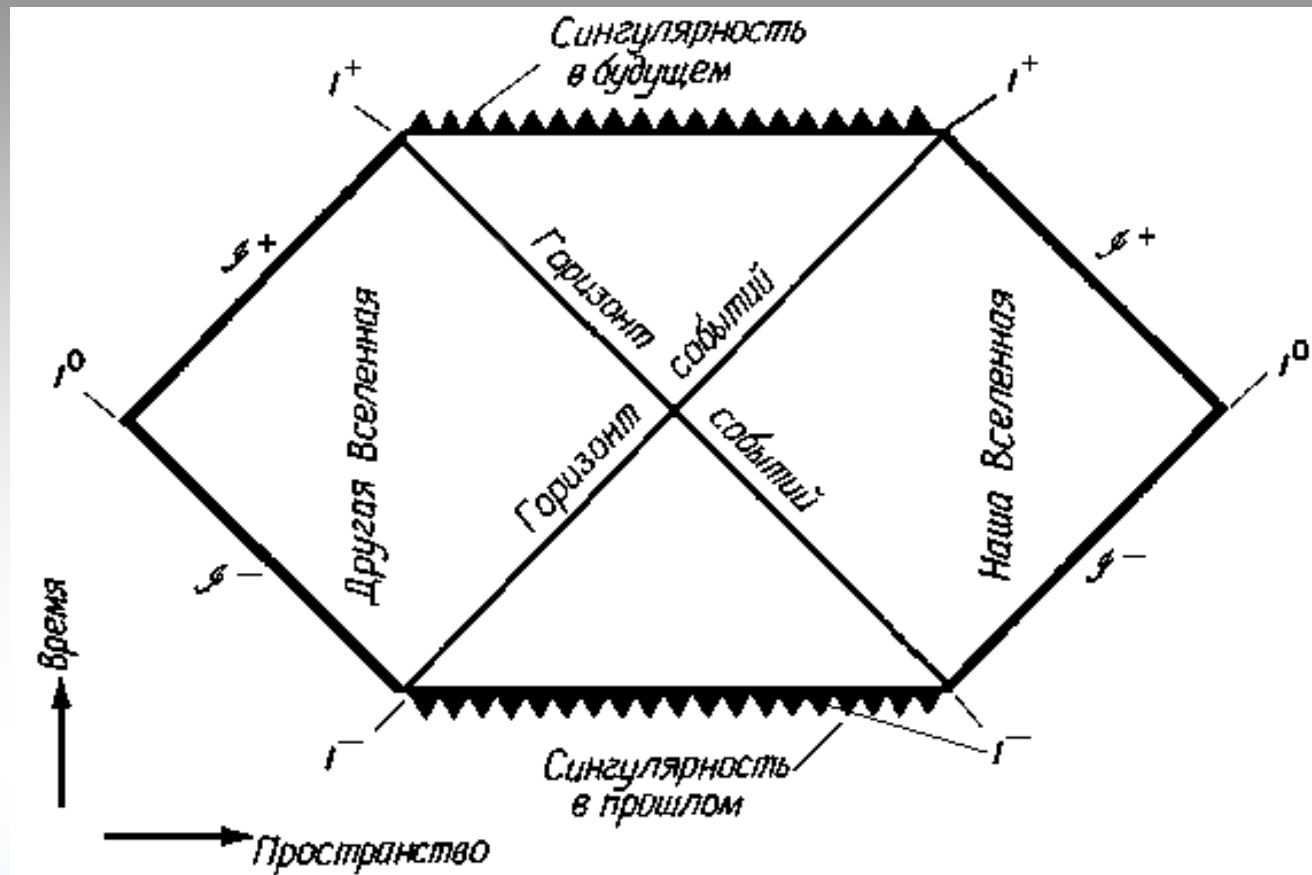
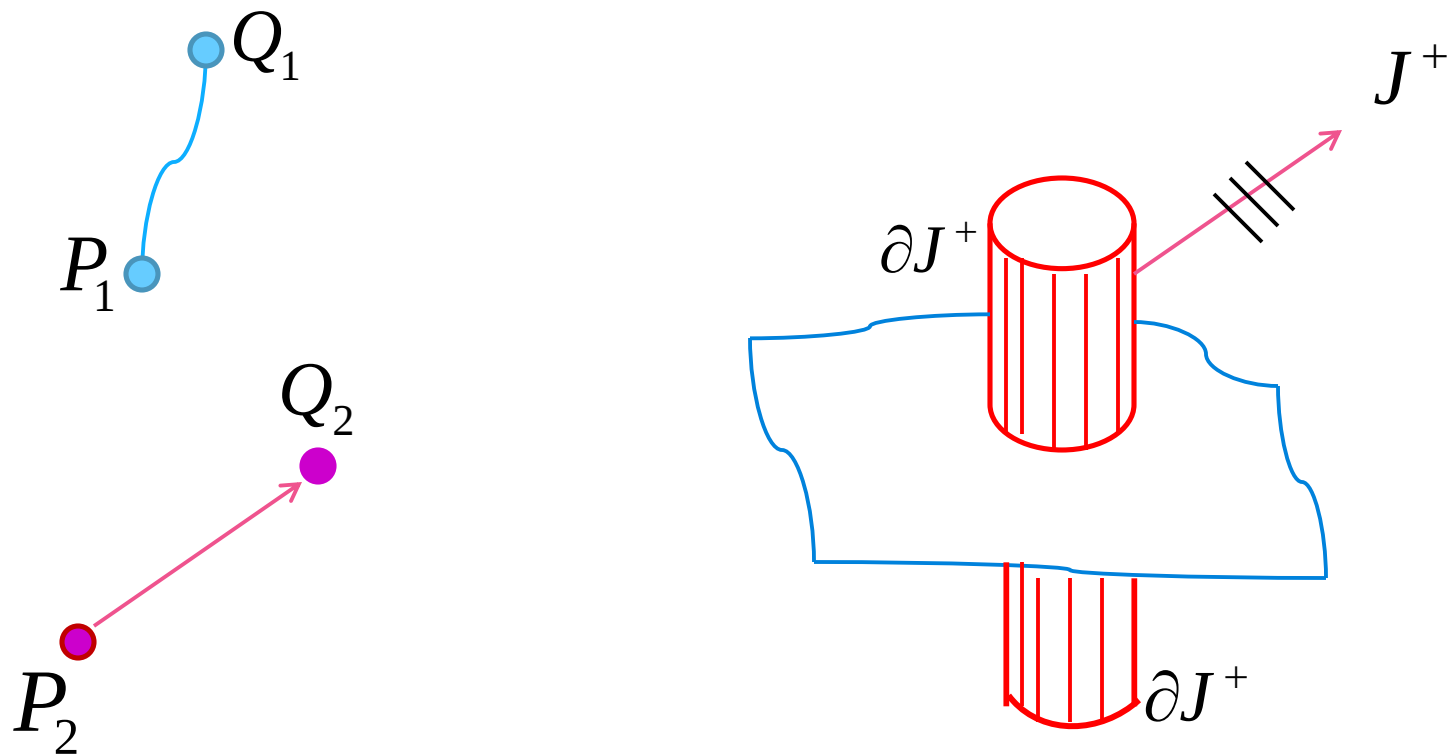


Диаграмма Пенроуза для швардшильдовой черной дыры



- Причинность и горизонты



- Глобальная структура горизонтов
- Пенроуз (теорема):
- *Горизонт будущего генерируется нулевыми геодезическими, лежащими в ∂J^+ , причем, в будущем нет конечных точек.*



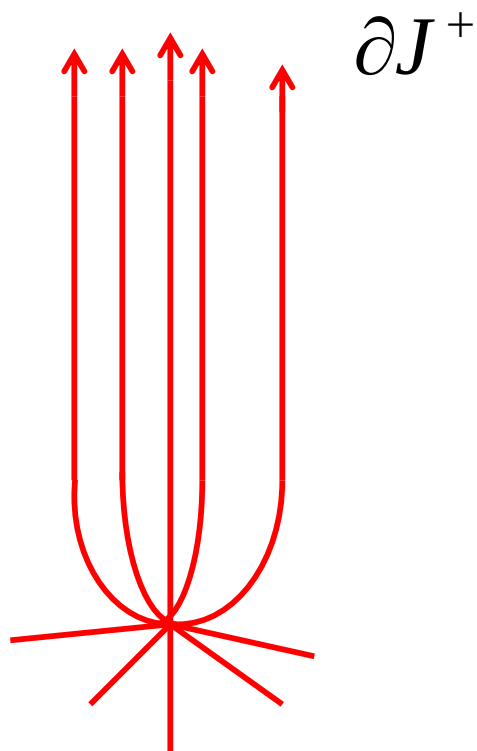
1) Если проследить за генераторами в прошлое, то они могут (но не должны) выходить из ∂J^+ . Событие, где это происходит, называется каустикой ∂J^+ .

2) Если генератор, прослеженный в будущее, входит в ∂J^+ через каустику, то он уже никогда не выйдет из ∂J^+ .

3) Такой генератор, пройдя через каустику, далее не пересекается с другими генераторами. Другими словами, через каждое событие на ∂J^+ проходит единственный генератор.

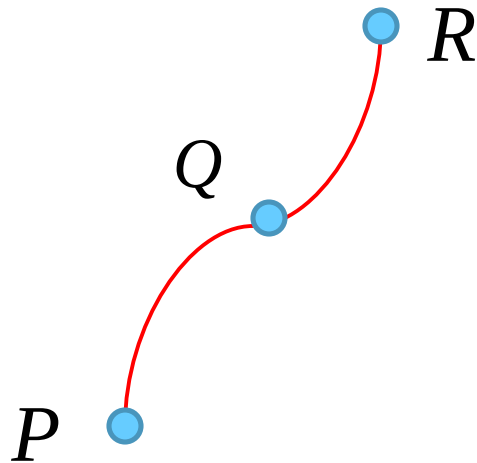


- Глобальная структура горизонтов

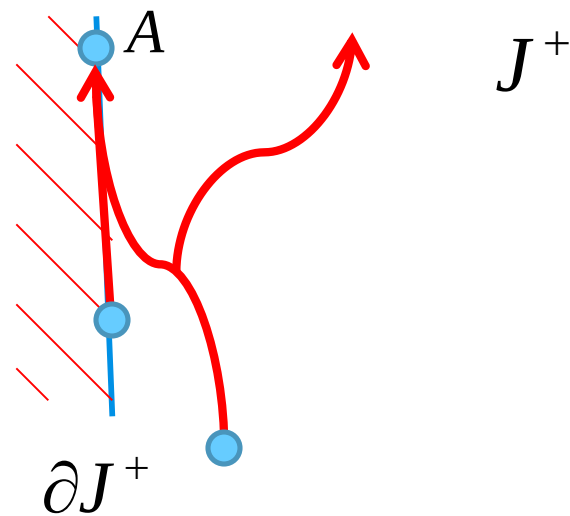


- Несколько лемм, которые использовались при доказательстве теоремы, чтобы почувствовать атмосферу исследования.

- **ЛЕММА 1:** *Если есть причинная кривая, направленная в будущее от события P к событию Q , а затем также причинная кривая, направленная в будущее от события Q до события R , тогда, если между P и R нельзя провести времени-подобную мировую, то каждая из двух кривых – это нулевые геодезические.*



ЛЕММА 2: Если некая мировая пересекает ∂J^+ в некоторой точке A , то ее прошлое лежит либо на ∂J^+ , либо в области причинного прошлого нулевой бесконечности будущего.



- **Второй закон динамики черных дыр**

- **Следствие:** в будущем горизонт не встречается с сингулярностями
- **Предположение:** пространство-время является «асимптотически предсказуемым».
- **Результат:** Полная площадь горизонтов не уменьшается, расти может



• Гипотеза космической цензуры

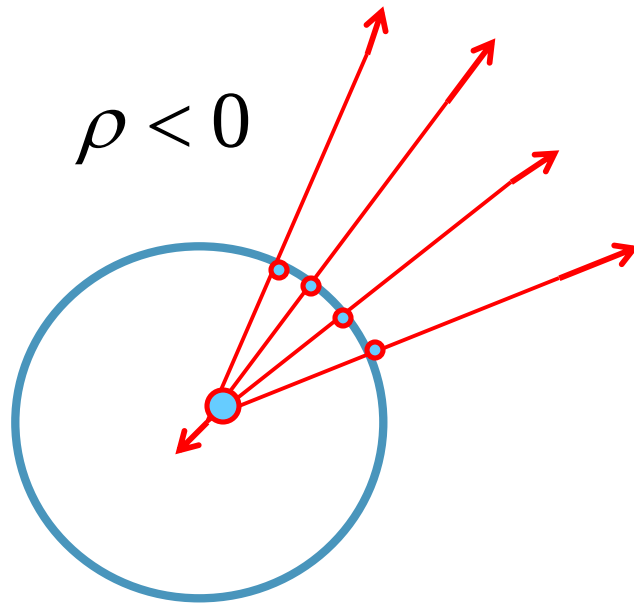
- Условие «асимптотической предсказуемости» связано напрямую с так называемой гипотезой «космической цензуры»:
- *В рамках этой гипотезы в природе не должно быть голых (без горизонтов) сингулярностей. Действительно, поскольку сами сингулярности – это часть пространства-времени с экстремальной неопределенностью, то ни о какой асимптотической предсказуемости в будущем говорить не приходится.*



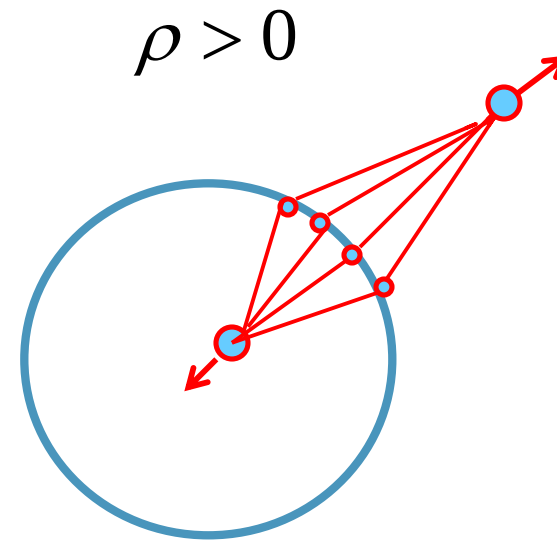
- Теорема о сингулярностях
- 1) R. Penrose, 1965. Gravitational collapse and space-time singularities
- 2) Очень короткая, почти нет формул: Весь результат в диаграмме
- 3) J. R. Oppenheimer, H. Snyder, 1939. On Continued Gravitational Contraction.
- Сферический коллапс пылевидной сферы; неограниченный; однако нет упоминания о сингулярности

- 4) Пенроуз же назвал эту ситуацию пространственно-временной «катастрофой» по Мизнеру.
- 6) Смысл теоремы: для вещества под горизонтом событий сингулярность в смысле Мизнера неизбежна.
- 7) **Общность результатов:** нет упоминания ни о космологической сингулярностях, ни о черных дырах.
- 8) **Необходимость новой физики**

- ЛОВУШЕЧНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ
- (trapped surface)

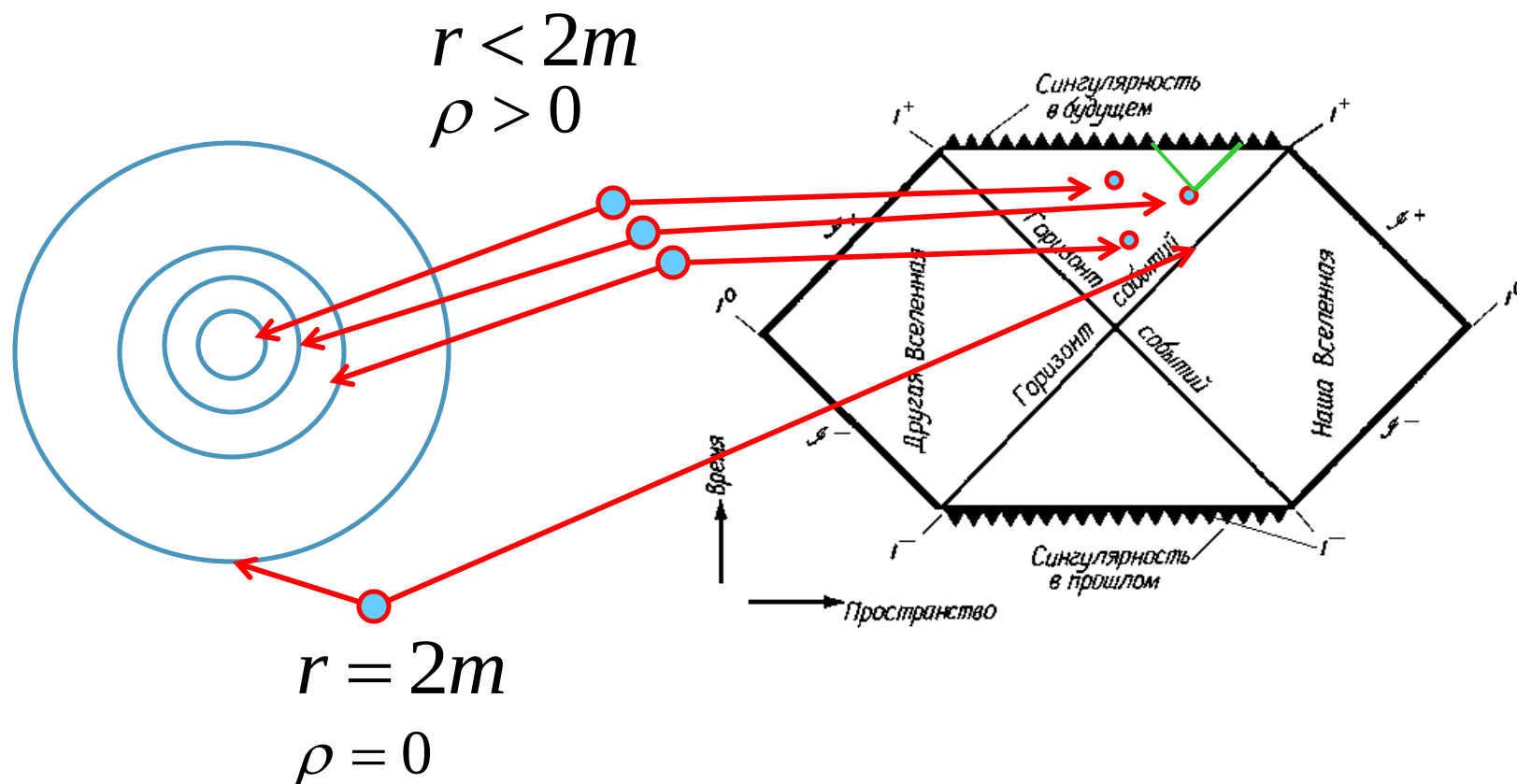


Минковский



*Сильная
гравитация*

- ЛОВУШЕЧНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ
- Шварцшильд



- **Общий характер понятия ЛОВУШЕЧНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ**

- 1) Если она есть, то нет необходимости ссылаться на горизонт;
- 2) Динамические черные дыры;

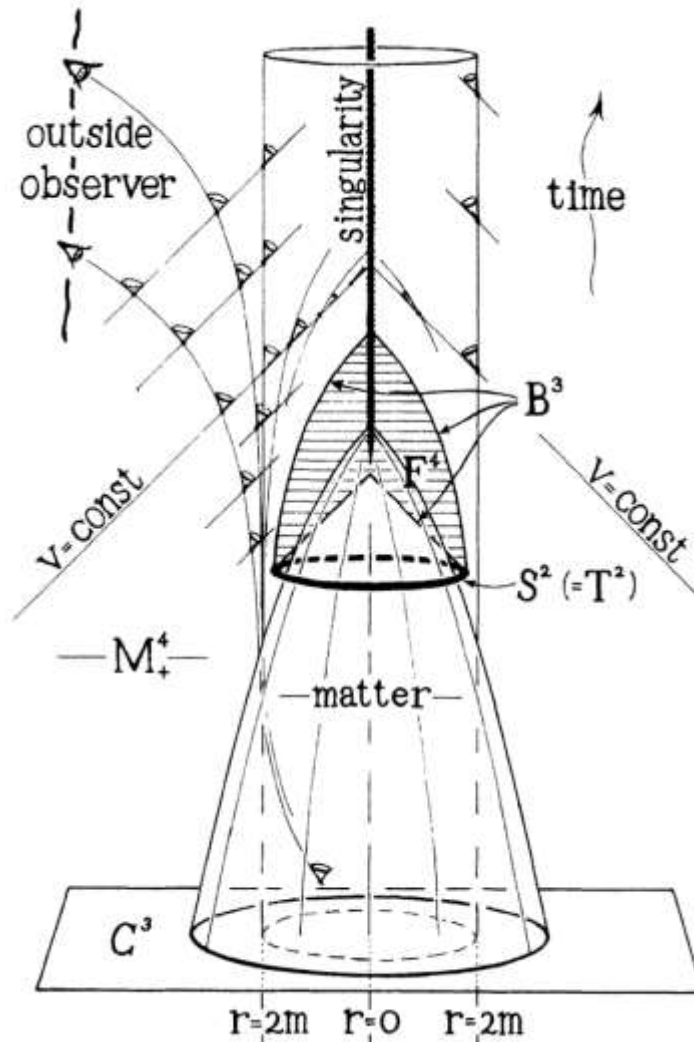


- Теорема о сингулярностях
- Условия теоремы
- 1) Выполняются уравнения Эйнштейна;
- 2) выполняется условие причинности (нет замкнутых времени-подобных кривых);
- 3) выполняется разумное энергетическое условие;
- 4) многообразие M не обладает слишком высокой симметрией;
- 5) многообразие M содержит «ловушечную» поверхность.



• Теорема о сингулярностях

$$\rho > 0!!!!!!$$



Большое спасибо за внимание!

