



# История идеи о черных дырах





# Термин

- **ЧЕРНАЯ ДЫРА** – область пространства, в которой гравитационное притяжение настолько сильно, что ни вещество, ни излучение не могут эту область покинуть.



# История идеи о черных дырах

- Английский геофизик и астроном Джон Мичелл (J. Michell, 1724–1793) предположил, что в природе могут существовать столь массивные звезды, что даже луч света не способен покинуть их поверхность. Используя законы Ньютона, Мичелл рассчитал, что если бы звезда с массой Солнца имела радиус не более 3 км, то даже частицы света (которые он, вслед за Ньютоном, считал корпускулами) не могли бы улететь далеко от такой звезды. Поэтому такая звезда казалась бы издалека абсолютно темной. Эту идею Мичелл представил на заседании Лондонского Королевского общества 27 ноября 1783. Так родилась концепция «ньютоновской» черной дыры.



# История идеи о черных дырах

- Такую же идею высказал в своей книге Система мира (1796) французский математик и астроном Пьер Симон Лаплас. Простой расчет позволил ему написать: «Светящаяся звезда с плотностью, равной плотности Земли, и диаметром, в 250 раз большим диаметра Солнца, не дает ни одному световому лучу достичь нас из-за своего тяготения; поэтому возможно, что самые яркие небесные тела во Вселенной оказываются по этой причине невидимыми». Однако масса такой звезды должна была бы в десятки миллионов раз превосходить солнечную. А поскольку дальнейшие астрономические измерения показали, что массы реальных звезд не очень сильно отличаются от солнечной, идея Митчела и Лапласа о черных дырах



# История идеи о черных дырах

- Во второй раз ученые «столкнулись» с черными дырами в 1916, когда немецкий астроном Карл Шварцшильд получил первое точное решение уравнений только что созданной тогда Альбертом Эйнштейном релятивистской теории гравитации – общей теории относительности (ОТО). Оказалось, что пустое пространство вокруг массивной точки обладает особенностью на расстоянии  $r_g$  от нее; именно поэтому величину  $r_g$  часто называют «шварцшильдовским радиусом», а соответствующую поверхность (горизонт событий) – шварцшильдовской поверхностью. В следующие полвека усилиями теоретиков были выяснены многие удивительные особенности решения Шварцшильда, но как реальный объект исследования черные дыры еще не рассматривались.



# История идеи о черных дырах

- 1930-е годы молодой индийский астрофизик Чандрасекар доказал, что истратившая ядерное топливо звезда сбрасывает оболочку и превращается в медленно остывающий белый карлик лишь в том случае, если ее масса меньше 1,4 масс Солнца. Вскоре американец Фриц Цвикки догадался, что при взрывах сверхновых возникают чрезвычайно плотные тела из нейтронной материи; позднее к этому же выводу пришел и Лев Ландау. После работ Чандрасекара было очевидно, что подобную эволюцию могут претерпеть только звезды с массой больше 1,4 масс Солнца. Поэтому возник естественный вопрос — существует ли верхний предел массы для сверхновых, которые оставляют после себя нейтронные звезды?



# История идеи о черных дырах

- В конце 30-х годов будущий отец американской атомной бомбы Роберт Оппенгеймер установил, что такой предел действительно имеется и не превышает нескольких солнечных масс. Дать более точную оценку тогда не было возможности; теперь известно, что массы нейтронных звезд обязаны находиться в интервале 1,5–3  $M_{\odot}$ . Но даже из приблизительных вычислений Оппенгеймера и его аспиранта Джорджа Волкова следовало, что самые массивные потомки сверхновых не становятся нейтронными звездами, а переходят в какое-то другое состояние. В 1939 году Оппенгеймер и Хартланд Снайдер на идеализированной модели доказали, что массивная коллапсирующая звезда стягивается к своему гравитационному радиусу. Из их формул фактически следует, что звезда на этом не останавливается, однако соавторы воздержались от столь радикального вывода.



# История идеи о черных дырах

- Окончательный ответ был найден во второй половине XX века усилиями целой плеяды блестящих физиков-теоретиков, в том числе и советских. Оказалось, что подобный коллапс всегда сжимает звезду «до упора», полностью разрушая ее вещество. В результате возникает сингулярность, «суперконцентрат» гравитационного поля, замкнутый в бесконечно малом объеме. У неподвижной дыры это точка, у вращающейся — кольцо. Кривизна пространства-времени и, следовательно, сила тяготения вблизи сингулярности стремятся к бесконечности. В конце 1967 года американский физик Джон Арчибальд Уилер первым назвал такой финал звездного коллапса черной дырой. Новый термин полюбился физикам и привел в восторг журналистов, которые разнесли его по всему миру (хотя французам он сначала не понравился, поскольку выражение *trou noir* наводило на сомнительные ассоциации).



# Формирование черных дыр

- Самый очевидный способ образования чёрной дыры - коллапс ядра массивной звезды. пока в недрах звезды ещё имеется какой-то запас ядерного топлива, равновесие звезды поддерживается благодаря ядерным реакциям. Тепло, которое выделяется при таких реакциях, компенсирует потерю энергии, которая уходит от звезды с её излучением и звёздным ветром. Термоядерные реакции не выпускают высокое давление в недрах звезды, так они препятствуют сжатию звезды под действием её гравитации. Но всё равно, когда проходит некоторое время, топливо истощается, а звезда начинает сжиматься.



# Свойства черных дыр

- Самый очевидный способ образования чёрной дыры - коллапс ядра массивной звезды. пока в недрах звезды ещё имеется какой-то запас ядерного топлива, равновесие звезды поддерживается благодаря ядерным реакциям. Тепло, которое выделяется при таких реакциях, компенсирует потерю энергии, которая уходит от звезды с её излучением и звёздным ветром. Термоядерные реакции не выпускают высокое давление в недрах звезды, так они препятствуют сжатию звезды под действием её гравитации. Но всё равно, когда проходит некоторое время, топливо истощается, а звезда начинает сжиматься.