

П.Р. АМНУЭЛЬ



Когда летом 2015 г. исследовательский зонд «Новые горизонты» пролетел мимо Плутона и его спутника Харона и передал на Землю уникальные фотографии этих небесных тел, сообщения об этом действительно выдающемся событии современной астронавтики появились под заголовками: «Неожиданные открытия в космосе», «Ученые говорят: “Мы такого не ждали!”».

У многих читателей и зрителей телевизионных каналов уже не в первый раз возникла мысль: ученые никогда не знают заранее, что именно они обнаружат, отправив межпланетную станцию на Титан, Марс, Венеру или даже Луну. Конечно, в общих чертах они должны предполагать существование таких-то и таких-то условий, в ином случае вообще не смогли бы сконструировать свои аппараты, но действительность всегда опровергает их предположения, поскольку подлинные научные открытия непредсказуемы. А иначе какие же это открытия? Такое мнение не сегодня сложилось и не скоро исчезнет из употребления. Но как обстоят дела на самом деле?

**И**дея о принципиальной непредсказуемости научных открытий цветет пышным цветом в многочисленных статьях и монографиях о сути научного творчества и корнями уходит в, казалось бы, неопровержимый опыт многих поколений ученых. Разве мог Галилей, направляя в небо свою подзорную трубу, предполагать, что увидит на Луне горы, а рядом с Юпитером – четыре его спутника? А Беккерель не мог предвидеть, к чему приведет его забывчивость, когда случайно оставил непроявленную фотопластинку рядом с солями радия... И разве мог Мендель знать заранее последствия его экспериментов с горошком? Казалось бы, ответы очевидны: никто ничего заранее знать не мог, поскольку наука идет



АМНУЭЛЬ Павел Рафаэлович – кандидат физико-математических наук, советский и израильский астрофизик, популяризатор науки, писатель-фантаст. Автор более 70 научных и научно-популярных публикаций, а также более 20 научно-фантастических произведений и работ по истории научной фантастики и развитию творческого воображения

© П.Р. Амнуэль, 2021

**Ключевые слова:** наука, открытия, физика, астрономия, космология, метод направленной интуиции Цвикки, метод фантограмм Альтшуллера.

**Key words:** science, discoveries, physics, astronomy, cosmology, Zwick's method of directed intuition, Altschuller's method of phantograms

*Вверху* – художественное изображение зонда «Новые горизонты» при запланированном приближении к Плутону и его спутнику Харону. *Public Domain*

*Справа* – реальное фото ледяных гор и равнин Плутона, переданное зондом 14 июля 2015 г. © NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

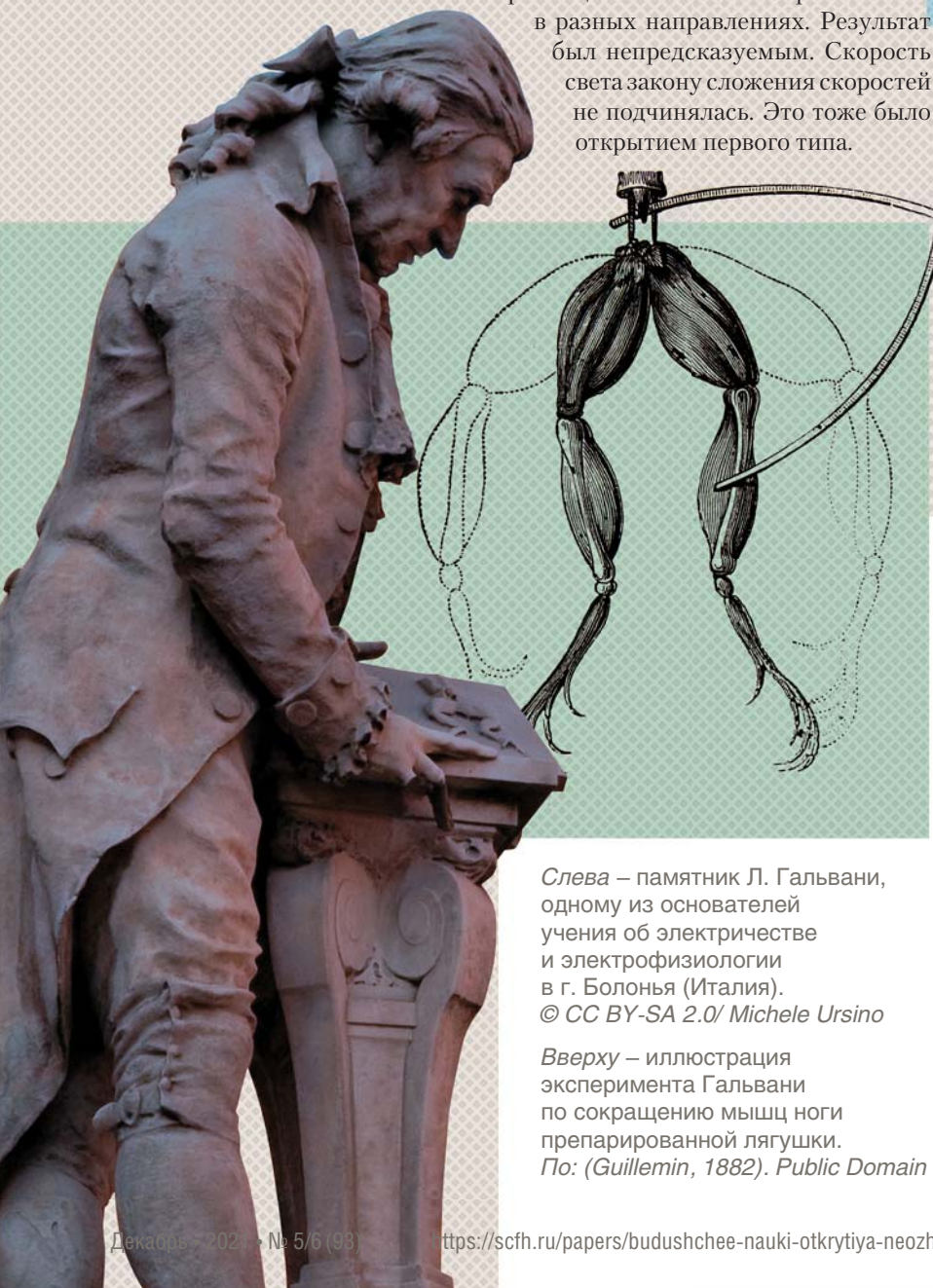
# БУДУЩЕЕ НАУКИ: ОТКРЫТИЯ НЕОЖИДАННЫЕ И ОЖИДАЕМЫЕ



вперед непроторенными путями; потому и интересно наукой заниматься, что не знаешь, какое именно открытие ожидает за тем или иным научным поворотом...

В таком ответе есть определенный резон, но он лишь частично описывает реальное положение дел. Действительно, существуют (пока!) открытия, предвидеть которые было невозможно или, по крайней мере, чрезвычайно затруднительно. Назовем их *открытиями первого класса*. К ним принадлежит, например, упомянутое выше открытие Беккерелем явления *радиоактивности*.

До конца XIX в. физики были уверены, что свет, будь это частицы или волны (на этот счет шли споры со времен Ньютона и Гюйгенса), в любом случае подвержен действию законов физики, и конкретно – закону сложения скоростей. Однако в эксперименте, поставленном в 1881 г. американским физиком А. Майкельсоном, не было выявлено никакой разницы в величине скорости света в разных направлениях. Результат был непредсказуемым. Скорость света закону сложения скоростей не подчинялась. Это тоже было открытием первого типа.



Слева – памятник Л. Гальвани, одному из основателей учения об электричестве и электрофизиологии в г. Болонья (Италия). © CC BY-SA 2.0/ Michele Ursino

Вверху – иллюстрация эксперимента Гальвани по сокращению мышц ноги препарированной лягушки. По: (Guillemin, 1882). Public Domain

**ОТКРЫТИЯ 1-ГО КЛАССА предвидеть невозможно.**

Примеры: открытия электричества Л. Гальвани; радиоактивности А. Беккерелем; постоянства скорости и света А. А. Майкельсоном и Э. У. Морли; ускоренного расширения Вселенной С. Перлмуттером, Б. Шмидтом и А. Рисом

Есть открытия, которые можно было предвидеть. Они не были предсказаны потому, что ученые не дали себе труда проанализировать все исследовательское поле. Назовем их *открытиями второго класса*. Таким было, например, открытие пульсаров в 1967 г., сделанное 24-летней аспиранткой Д. Белл, – неожиданное для многих астрофизиков, но вполне предсказуемое. Теории нейтронных звезд к тому времени исполнилось уже тридцать лет, и то, что звезды вращаются, имеют магнитные поля и, следовательно, способны излучать узконаправленные потоки частиц, можно было предположить без особых усилий воображения (собственно, потому правильная гипотеза о природе пульсаров не замедлила появиться).

В год открытия пульсаров, еще ничего не зная о них, мы с научным руководителем моей дипломной работы О. Гусейновым опубликовали статью о захвате межзвездного вещества вращающейся магнитной нейтронной звездой. Мы писали, что рентгеновское излучение такой звезды должно быть периодическим, с периодом, равным периоду ее вращения. Фактически это было

**ОТКРЫТИЯ 2-ГО КЛАССА можно предсказать.**

Примеры: открытия рентгеновского излучения, корпускулярно-волнового дуализма, структуры ДНК, пульсаров и черных дыр



Первооткрыватель радиоактивности В. К. фон Рентген (вверху) и фотоотпечаток с его рентгенограммы 1895 г., на которой видны кости пальцев руки с кольцом на одном из них (справа). Collection gallery. © CC BY 4.0

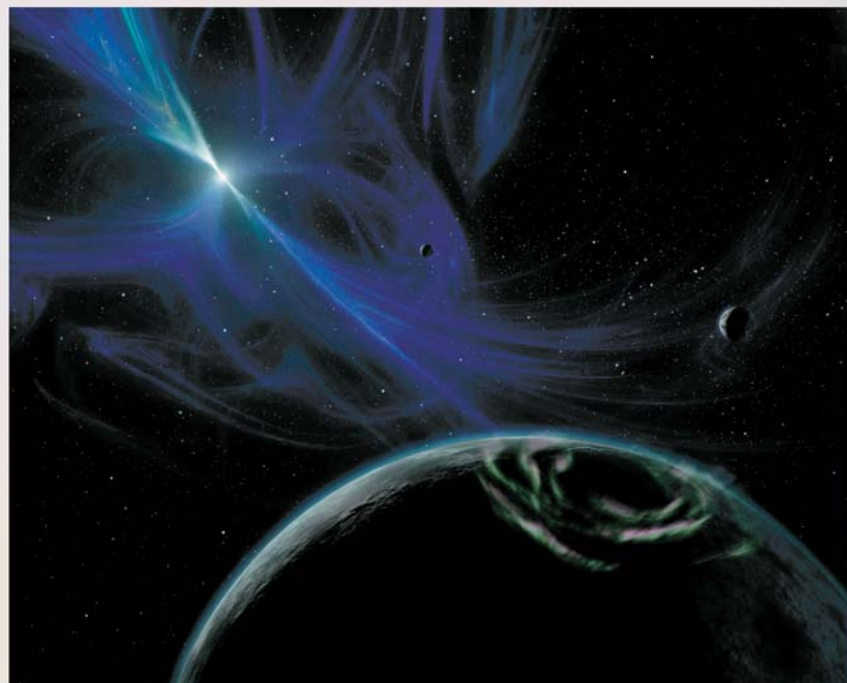
26. - 17. 7. 96. . Sulfate Double D'argent et de Potassium...  
Papier noir - Cour de la main...  
Exp. au Hotel de St. et a la Cour de St. -  
Vindler' la 15. 7. 96.



Эта фотопластинка, сделанная А. Беккерелем, демонстрирует эффекты воздействия радиоактивности, которую ученый случайно открыл в 1896 г. По: (Becquerel, 1903). Public Domain

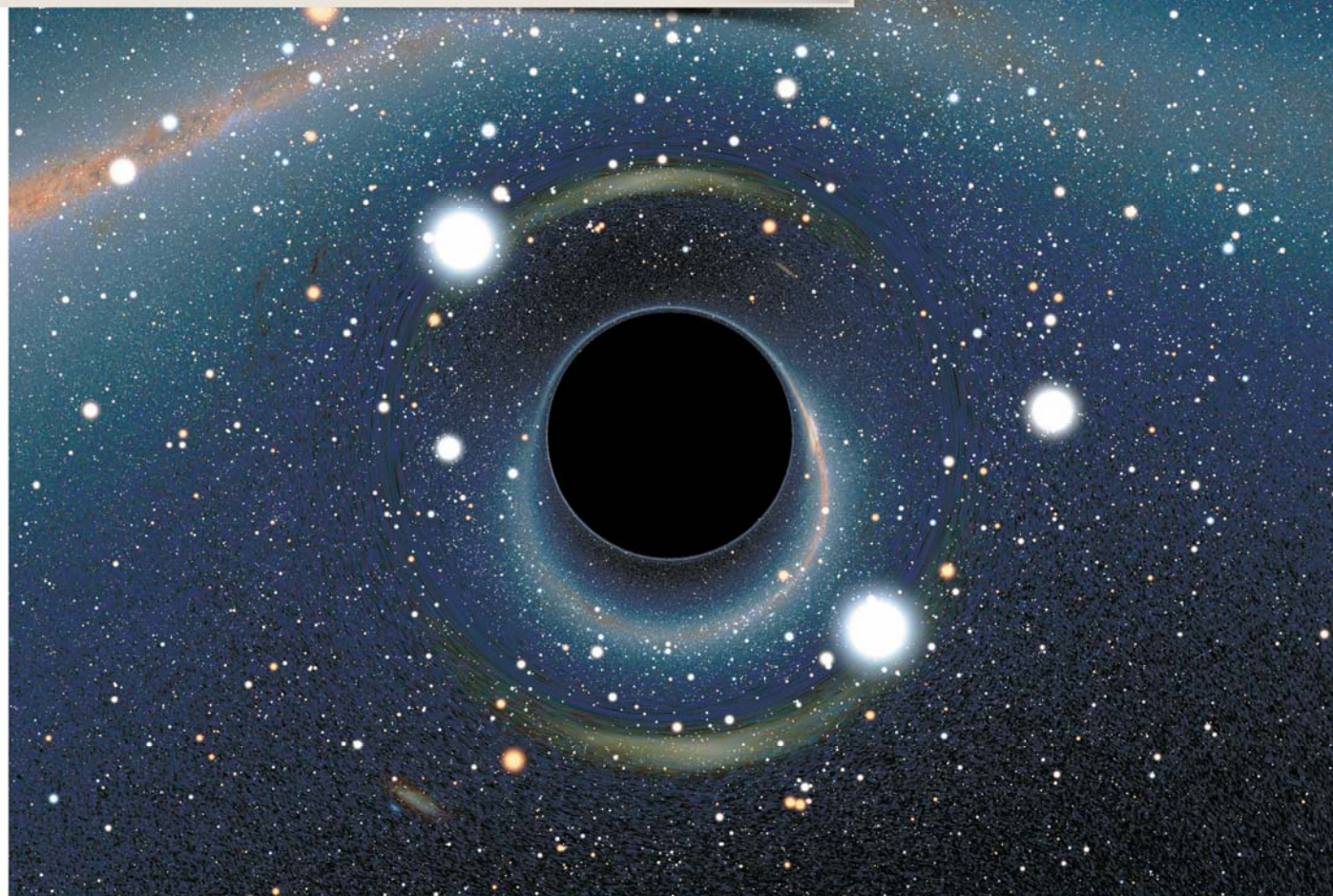






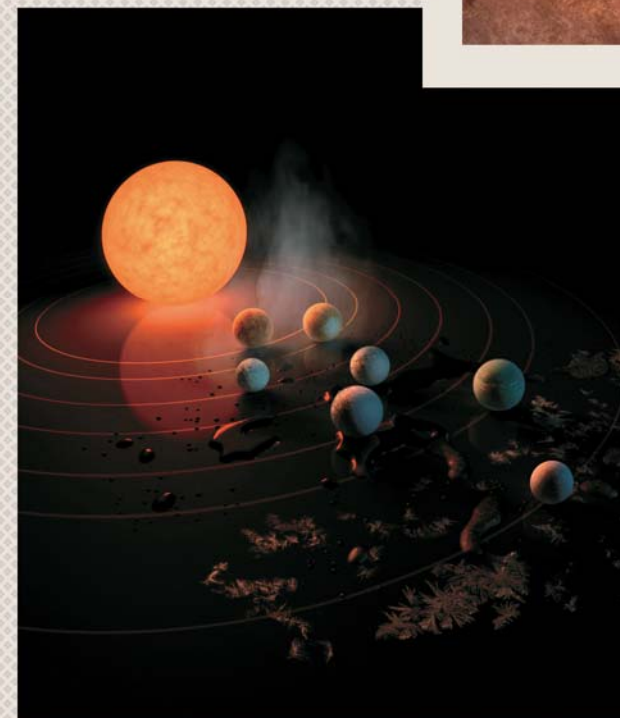
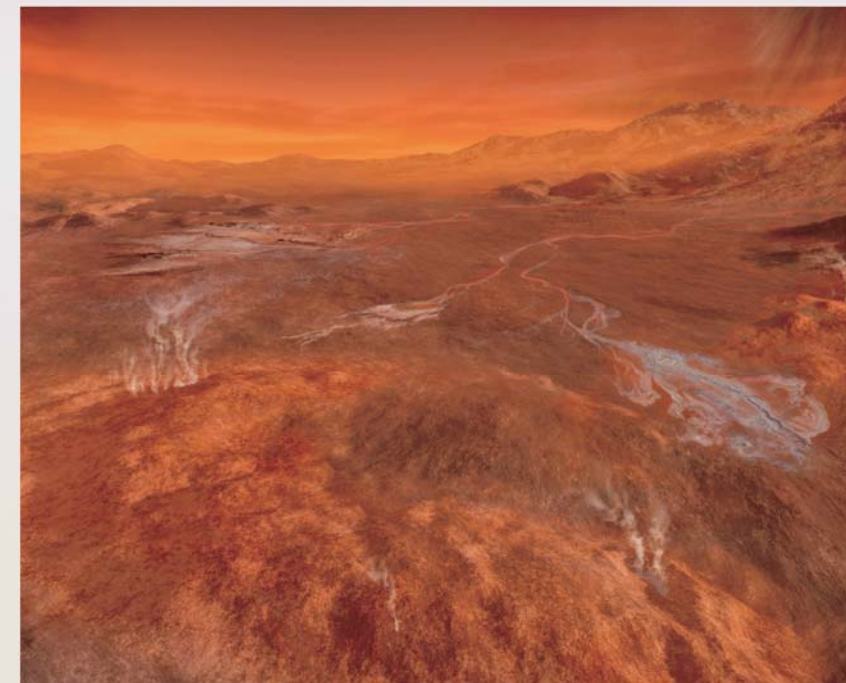
Так художник представляет себе планету, вращающуюся вокруг пульсара – звезды, служащей источником мощного периодического электромагнитного излучения. © NASA/JPL-Caltech. Public Domain

Компьютерная модель черной дыры перед Большим Магеллановым облаком. Показан эффект гравитационного линзирования, известный как «кольцо Эйнштейна», который создает набор из двух ярких и больших, но сильно искаженных изображений. © CC BY-SA 2.5



Картина «Дождливый день» на Дуге Хотэя – местности дугообразной формы и с высоким альбедо на Титане, крупнейшем спутнике Юпитера. © NASA/JPL

Эта система из семи экзопланет известна как TRAPPIST-1. Семь скалистых миров размером с Землю вращаются вокруг ультрахолодной звезды в 39 световых годах от Земли. Три из них находятся в потенциально обитаемой зоне, т. е. на таком орбитальном расстоянии, что на их поверхности может существовать вода в жидком состоянии. © NASA & JPL/Caltech



что атмосфера этого спутника Сатурна окажется плотной и насыщенной метаном и его соединениями? Разумеется, ожидали – с таким расчетом и аппаратуру конструировали, и приборы градуировали. Разве не ожидали, что по поверхности планеты будут течь метановые реки? Ожидали, конечно, и если не говорили об этом заранее, то не потому, что не смогли предвидеть, а скорее, чтобы их не обвинили в излишнем полете воображения.

Еще пример – открытие *темной материи*. В 1930-х гг. швейцарско-американский астрофизик Ф. Цвикки (о котором еще будет речь) обнаружил странный факт: некоторые галактики вращаются быстрее, чем должны были бы, если их массы определены правильно (их определяли по светимости с учетом расстояний до галактик). Галактики оказались более массивными,

предсказание существования рентгеновских пульсаров, открытых три года спустя после нашей публикации. И это открытие также оказалось для астрофизиков неожиданным.

*Открытия третьего класса* были предсказаны, хотя конечный результат мог не вполне соответствовать ожиданиям.

Таковы, к примеру, открытия, сделанные во время посадки «Гюйгенса» на Титан. Разве не ожидали ученые,

### ОТКРЫТИЯ 3-ГО КЛАССА

были частично предсказаны. К ним относятся открытия, сделанные во время посадки «Гюйгенса» на Титан; открытия темного вещества Ф. Цвикки и темной энергии А. Эйнштейном; открытие новой планеты в Солнечной системе М. Брауном и К. Батыгиным, а также экзопланет в кратных звездных системах



чем выглядели, – как будто в них есть некая дополнительная невидимая масса. К статье Цвикки отнеслись скептически: сочли, что это ошибки наблюдения. В 1970-х гг. американские астрономы опубликовали еще несколько аналогичных работ, но и они не привлекли к себе внимания. И лишь спустя два десятилетия проблема невидимой темной массы стала общепризнанной, когда речь шла уже о массе не отдельных галактик, а всей видимой Вселенной.

И есть, наконец, *открытия четвертого класса* – в точности такие, какие были предсказаны. Это открытия-следствия из предложенной кем-нибудь теории, объясняющей ранее обнаруженное явление.

Если говорить об упомянутых выше пульсарах, то, когда появились первые теоретические работы, связанные с физикой их излучения, легко было предсказать открытие нейтронных звезд, излучающих в оптическом и рентгеновском диапазонах. Разумеется, и оптические, и рентгеновские пульсары были обнаружены несколько лет спустя, что полностью подтвердило выводы теоретиков.



Пользуясь теорией Эйнштейна, А. А. Фридман разработал физико-математическую модель мира, который находится в состоянии общего расширения. Прямое следствие этой модели – закон пропорциональности скорости и расстояния Хаббла. Космологическая модель Фридмана стала теоретической базой современной космологии.  
Портрет А. А. Фридмана. Худ. М. М. Девятков.  
Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова (СПб.)

### ОТКРЫТИЯ ТРЕТЬЕГО КЛАССА: ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

В 1917 г. А. Эйнштейн, анализируя собственные уравнения тяготения, обнаружил, что они не имеют стационарных решений в случае Вселенной. Вселенная должна или расширяться, или сжиматься. Однако Эйнштейн больше доверял «фактам» (тогда о расширении галактик еще не знали, да и сами галактики считались газовыми скоплениями), чем уравнениям (с тех пор отношение физиков к математике значительно изменилось). И чтобы получить стационарные решения, Эйнштейн ввел в уравнения линейный член, который назвал космологической постоянной.

Если задать такую постоянную величину, то можно действительно получить стационарное решение уравнений тяготения для Вселенной. Физически эта постоянная означала существование какого-то давления, которое действовало против сил тяготения. Однако в 1922 г. советский математик Александр Фридман также решил эти уравнения и опубликовал статью, где именно математика была

превыше «фактов». Фридман утверждал, что Вселенная действительно должна расширяться. Эйнштейн со статьей не согласился, но в конце 1920-х гг. американский ученый Э. Хаббл открыл разбегание галактик и определил приближенный возраст Вселенной.

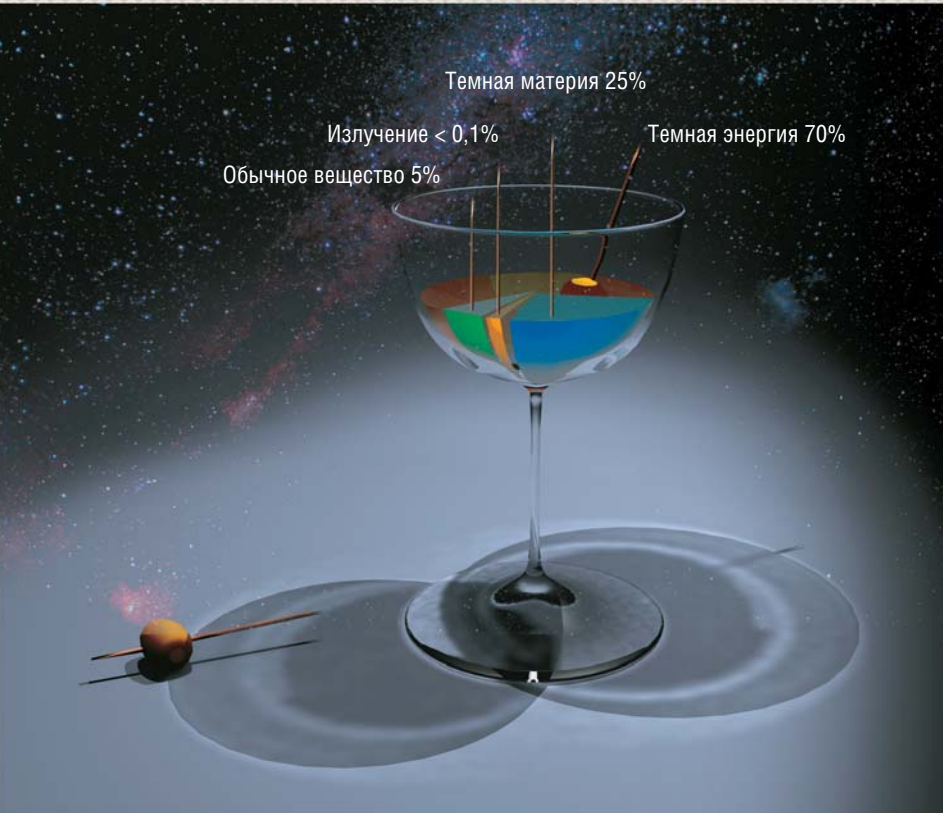
Открытие Хаббла оказалось неожиданным для астрофизиков, хотя и было фактически предсказано десятью годами ранее. Эйнштейн отказался от космологической постоянной, и с тех пор долгое время уравнения решали без нее. К 1990-х гг. космологическая постоянная уже воспринималась как курьез. И тут было обнаружено, что Вселенная не просто расширяется, но делает это ускоренно, что противоречило уравнениям Эйнштейна. Пришлось все-таки ввести некую энергию, которая расталкивает Вселенную. В принципе, это возвращение все той же космологической постоянной



В 1915–1917 гг. американский астроном В. Слайфер обнаружил, что галактики движутся в пространстве, причем большинство из них удаляется от нас. Этот вывод следовал из наблюдений красного смещения в спектрах галактик, что можно интерпретировать как давно известный оптический эффект Доплера, согласно которому длина волны света, испускаемого источником, движущимся по отношению к наблюдателю, меняется (*внизу*). В 1929 г. Э. Хаббл открыл закон разбегания галактик, названный его именем. Закон Хаббла связывает простым соотношением скорость галактики ( $V$ ) и расстояние до нее ( $R$ ):  $V = H R$ . Коэффициент пропорциональности  $H$  – постоянная Хаббла; ее значение соответствует увеличению скорости разбегания на 60–75 км/с на каждый мегапарсек расстояния (*вверху*).  
По: (Черепашук, Чернин, 2009)

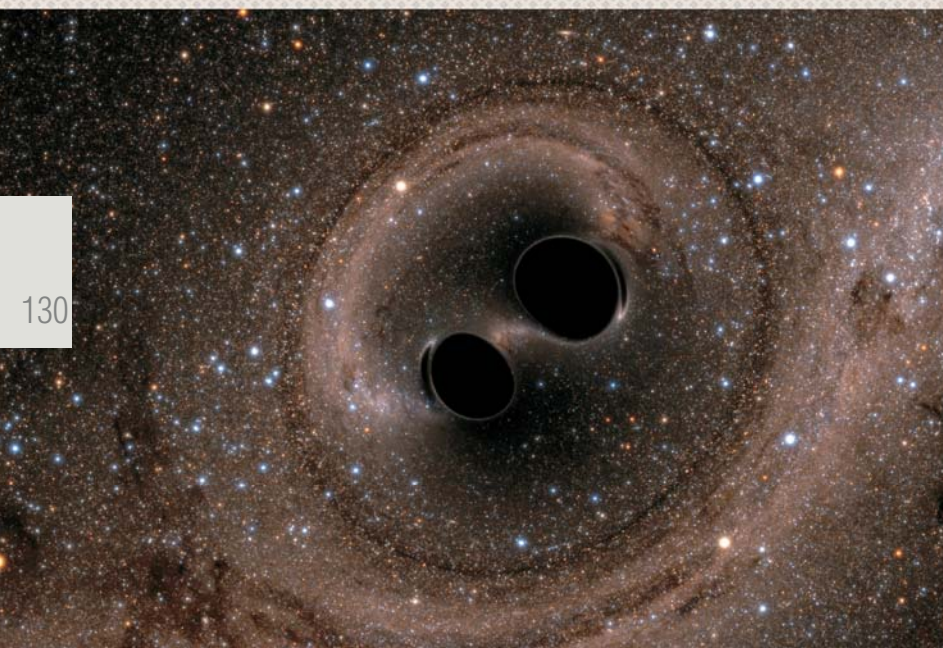






В «энергетическом коктейле» современной Вселенной оказалось очень много темного.  
По: (Черепашук, Чернин, 2009)

Две черные дыры сливаются в единое целое.  
© Simulating eXtreme Spacetimes (SXS) project

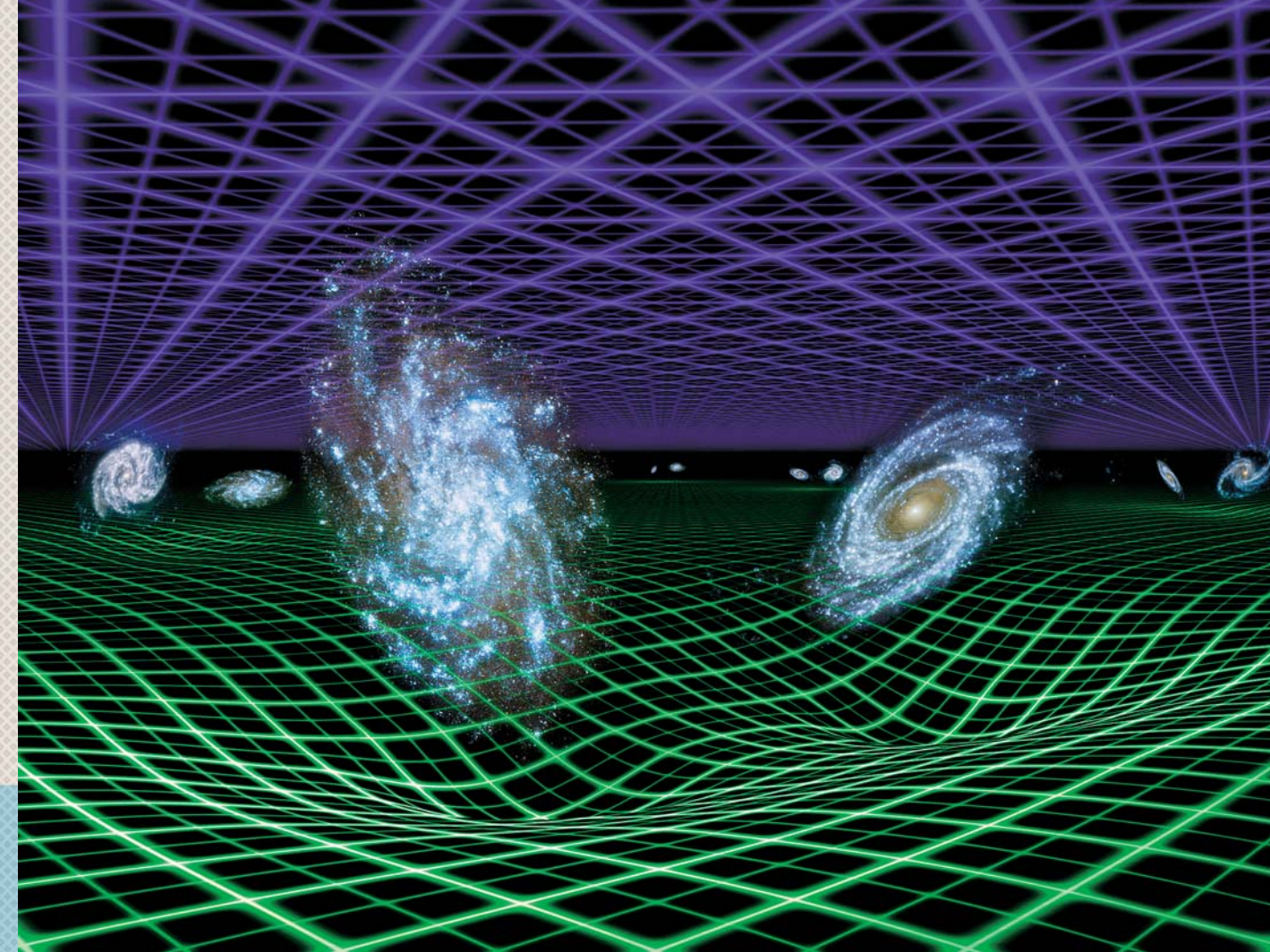


### ОТКРЫТИЯ ТРЕТЬЕГО КЛАССА: ПЛУТОН И ЕГО ВЕЛИЧЕСТВО СЛУЧАЙ

История открытия Плутона началась с открытия Нептуна, сделанного «на кончике пера», по выражению директора Парижской обсерватории Д. Ф. Араго. Француз У. Леверье и независимо от него британец А. К. Адамс рассчитали, где на небесной сфере должна находиться планета, тяготение которой вносит возмущения в движение Урана. Именно в этой точке Нептун и был обнаружен.

Но все же притяжение Нептуна не смогло полностью объяснить все аномалии в движении Урана. И тогда была выдвинута гипотеза: за орбитой Нептуна находится еще одна планета. В 1915 г. П. Лоуэлл, основатель обсерватории Лоуэлла, закончил расчеты и доложил на заседании Американской академии искусств и наук о том, где нужно искать планету Икс. После тщательных поисков планета была открыта 13 марта 1930 г. сотрудником обсерватории К. Томбо и именно там, где предсказал Лоуэлл.

Однако, когда измерили массу Плутона, она оказалась меньше той, что предполагал Лоуэлл (настолько меньше, что в 2006 г. Плутону было отказано в праве называться планетой, теперь это карликовая планета). Плутон двигался совершенно не по той орбите, что была для него рассчитана. Расчеты были формально правильными, ошибка содержалась в начальных условиях: Лоуэлл поставил неправильную массу! Но ведь Плутон-то был найден там, где и было предсказано... Ученым пришлось признать, что произошло событие, невысказанное с точки зрения теории вероятностей. Плутон случайно оказался на небе вблизи от точки, рассчитанной ученым!



По мнению современных астрономов, расширение Вселенной регулируется как силой гравитации, которая ее замедляет, так и таинственной темной энергией, которая действует в противоположном направлении. Считается, что темная энергия «раздвигает» космос все быстрее, ускоряя расширение Вселенной. Гравитация присуща всей материи, но ее эффекты локализованы и быстро ослабевают на больших расстояниях. На рисунке темная энергия представлена фиолетовой сеткой, гравитация – зеленой. © NASA/JPL-Caltech

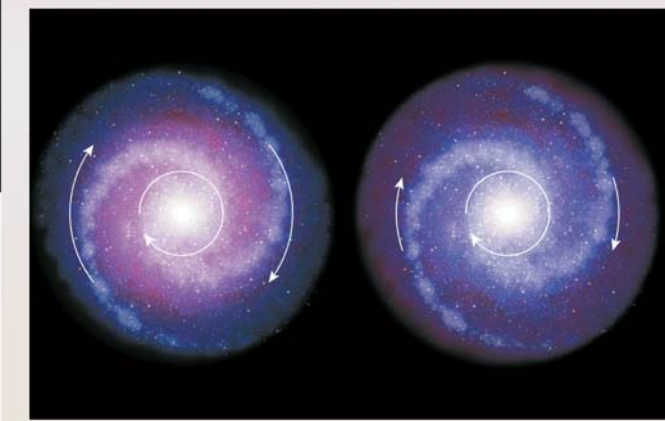
**ОТКРЫТИЯ 4-ГО КЛАССА** – в точности такие, какие были предсказаны. Примеры: реликтовое радиоизлучение, рентгеновские пульсары, гравитационное излучение при слиянии черных дыр, квантовая запутанность, бозон Хиггса

«Венец научной работы есть предсказание. Оно раскрывает нам даль грядущих явлений» (Н. А. Умов). Открытия 4-го класса – предсказанные. Примеры: открытия реликтового радиоизлучения, рентгеновских пульсаров, искривления лучей света около Солнца, гравитационного излучения при слиянии черных дыр, квантовой запутанности

В 1965 г. А. Пензиас и Р. Вильсон совершенно случайно открыли *реликтовое микроволновое излучение*, доказав, что Вселенная возникла при Большом взрыве. В 1978 г. они получили Нобелевскую премию, хотя на деле лишь в точности подтвердили результат работы Г. Гамова, Р. А. Альфера и Р. Германа, опубликованной еще в 1948 г.

Аналогичная история – с открытием бозона Хиггса. Британский физик П. Хиггс опубликовал в 1960-х гг. статью, где описал элементарную частицу, существование которой объясняет происхождение массы частиц. В 2012 г. эта частица была открыта в ходе экспериментов на Большом адронном коллайдере, и ее свойства оказались в точности такими, какие предсказывала теория.





Спиральная галактика Рубина – одна из самых больших из известных на сегодня: она в 2,5 раза шире Млечного Пути и содержит на порядок больше звезд. © CC BY 2.0/ NASA, ESA, and B. Holwerda (University of Louisville)

Схематическое изображение массивных звездообразующих вращающихся дисковых галактик в ранней Вселенной (слева) и в наши дни (справа). В ранней Вселенной такие галактики подвергались меньшему влиянию темной материи, поскольку она была менее концентрированной. В результате внешние части далеких галактик вращаются медленнее, чем сопоставимые области галактик в локальной Вселенной. © CC BY4.0/ESO/L. Calçada

## Метод направленной интуиции Цвикки

Итак, далеко не все открытия непредсказуемы. Напротив, большую их часть в той или иной степени предсказать было не только возможно, но и необходимо.

Теории прогнозирования открытий пока не существует, но определенные закономерности, позволяющие исследователю предвидеть в той или иной степени результат экспериментальных или теоретических изысканий, обнаружены и описаны. Это, к примеру, использование морфологического анализа для полного «обследования» всех мыслимых следствий предлагаемой теории.

В начале 1930-х гг. Ф. Цвикки придумал морфологический метод, названный им *методом направленной интуиции*. Этот метод заставляет исследователя видеть не только привычный путь, но и все возможные варианты. Цвикки предложил изображать на бумаге морфологические таблицы, где на одной оси записаны все основные параметры будущей теории (механизма, конструкции, явления), а на другой – все возможные значения этих параметров.

Много позднее он написал об этом в книге «Морфологическая астрономия», опубликованной в 1957 г. В 1971 г. Цвикки был в Москве и рассказал об открытии нейтронных звезд на лекции в МГУ:

«За основной параметр одной из осей морфологического ящика я взял характерные размеры звезды. Эти размеры являются комбинациями мировых постоянных: постоянной Планка, постоянной тяготения, скорости света, массы протона, а также массы и заряда электрона. Пусть самая большая из возможных комбинаций соответствует звездам-гигантам. Вторая комбинация постоянных меньше в 20 раз. Пусть она соответствует звездам-карликам, таким как наше Солнце. Следующая характерная длина еще в тысячу раз меньше. В звездных масштабах она соответствует размерам белых карликов – около 10 тыс. км.

Обычно все исследователи здесь и останавливаются. Но давайте отбросим инерцию. Нам нужно избавиться от психологической инерции в представлениях о размерах звезд. Пересилим себя и пойдем дальше. Очередное сочетание постоянных дает характерную длину, в несколько сотен раз меньшую, чем предыдущая.



Прекрасным примером того, как психологическая инерция не позволяет разглядеть все в принципе возможные варианты явления, служит известный анекдот.

Знаменитый немецкий микробиолог Роберт Кох работал в своей лаборатории возле сосуда, окутанного паром и дымом. В комнату вошел помощник.

– Угадай, – обратился к нему Кох, – что здесь варится?

Ассистент перечислил все известные ему бактерии, но Кох отрицательно качал головой. Не дождавшись правильного ответа, он, смеясь, сказал: – Да там же сосиски!

Что это – звезда размером в несколько километров?! Первое, что хочется сказать, – это невозможно! Но мы должны заставить себя забыть это слово. Пусть возможно. Что это за звезда? Подсчитаем ее плотность. Разделим массу, равную массе Солнца, на объем шара радиусом в один километр. Получим невероятное значение: 100 млрд тонн в 1 см<sup>3</sup>!

Обычное вещество из атомных ядер и электронов при такой плотности существовать не может – не позволяют электрические силы отталкивания. Нужны нейтральные частицы. Мы их знаем – это нейтроны. Звезда состоит из нейтронов, тесно прижатых друг к другу. Но для того, чтобы сжать звезду до такой огромной плотности, возражает психологическая инерция, нужно совершить колоссальную работу против сил тяжести, скомпенсировать потенциальную энергию тяготения. Для нейтронной звезды величина этой потенциальной энергии около 10<sup>53</sup> эрг. Но... ведь как раз такая энергия

В 1933 г. швейцарско-американский астроном Ф. Цвикки, изучавший скопление галактик Кома в созвездии Волосы Вероники, заметил, что они вращаются «неправильно». Он предположил, что кроме светящегося вещества галактик во Вселенной должны быть невидимые массы, проявляющие себя только тяготением. Так была предсказана темная материя. Фото 1947 г. Public Domain

Внизу – пример морфологической таблицы Цвикки

| Параметрические продукты | Альтернативные варианты параметров |               |                    |                        |        |
|--------------------------|------------------------------------|---------------|--------------------|------------------------|--------|
|                          | 1                                  | 2             | 3                  | 4                      | Другие |
| А. Материал              | Глина                              | Металл        | Пластик            | Утилизированные отходы |        |
| Б. Процесс формовки      | Штамповка                          | Отливка       | Прессовка          |                        |        |
| В. Процесс крепления     | Нагревание                         | Химический    | Молекулярный       |                        |        |
| Г. Особые качества       | Звуконепроницаемость               | Термоизоляция | Эластичность       | Эстетичность           |        |
| Д. Форма                 | Прямоугольная                      | Сферическая   | Сцепляющиеся блоки | Кубическая             |        |



выделяется при взрыве сверхновой! Вот и решение. Да, нейтронные звезды могут существовать. Более того, никакие другие звезды, кроме нейтронных (гиганты, обычные и белые карлики), не могут объяснить такого огромного выделения энергии во вспышке.

Отлично. Теперь можно остановиться, продумать эту идею, полученную методом направленной интуиции. Но... разве уже все ячейки заполнены? Есть еще одна характерная длина, еще одна комбинация мировых постоянных – на восемнадцать порядков меньше предыдущей длины! Этой длине соответствует звезда с радиусом...  $10^{-13}$  см. Размер электрона. Звезда, сжатая почти в точку. Да можно ли назвать такие объекты звездами? Если и звездами, то поистине адскими...»

Таким было первое применение морфологического анализа. Даже в простейшем «ящике», содержащем всего одну ось, уже нашлись два верных предсказания. Два открытия. А если бы Цвикки и его коллега Бааде действовали методом проб и ошибок?

Прекрасный пример сочетания метода проб и ошибок с психологической инерцией – *закон Кеплера*: планеты движутся по эллипсам, причем в одном из фокусов эллипса находится Солнце. Немецкий математик, астроном и механик, родившийся во второй половине XVI в., Кеплер был



Американский физик, лауреат Нобелевской премии А. А. Майкельсон. Фото 1918 г. *Public Domain Dedication*

великим тружеником и одним из самых незаурядных умов своего времени. Чтобы быть в то время сторонником Коперника, требовалось немалое мужество. Да, Кеплер был смел, но все же не мог отрешиться от инерции, происходившей из его эстетических представлений о природе. Природа, как полагал Кеплер, стремится к гармонии (точнее, Бог, создавший природу, сотворил ее, несомненно, гармоничной). Поэтому и планеты должны обращаться вокруг Солнца, описывая самые гармоничные из фигур – окружности.

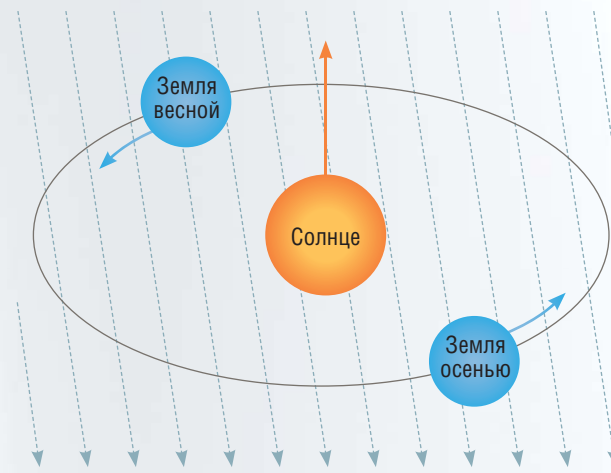
Отойти от этого представления Кеплер не мог в течение многих лет. Описывая планетные орбиты, он перебрал все возможные комбинации окружностей и сфер. Но согласия с наблюдениями не получил

Немецкий ученый, астроном, оптик, математик и механик И. Кеплер – первооткрыватель законов движения планет Солнечной системы. *Линейная гравюра Н. Дитца. © CC BY 4.0/ Wellcome Collection gallery*



Американский физик, лауреат Нобелевской премии А. А. Майкельсон. Фото 1918 г. *Public Domain Dedication*

Эфир для света



Вверху – иллюстрация к опыту, проведенному в 1887 г. А. А. Майкельсоном и Э. У. Морли в поисках доказательства существования светонесного эфира, пронизывающего пространство. В эксперименте сравнивалась скорость света в перпендикулярных направлениях в попытке обнаружить относительное движение материи через неподвижный эфир. © GNU Free Documentation License

и понял, что никакие сочетания окружностей не могут объяснить расхождения в 8 угловых минут между предсказанным и наблюдаемым движением Марса.

Кеплер не сразу вышел на верную дорогу. Вряд ли кто-нибудь другой на его месте отказался бы от идеи окружности, осмелился бы начать поиск в ином направлении. Галилей ведь до конца жизни так и не принял идею Кеплера о том, что орбиты планет отличаются от окружности! Но Кеплер все-таки переступил через внутренний запрет. Если бы он знал морфологический метод, то сразу построил бы ось возможных геометрических фигур, не обладающих углами, среди которых был бы и эллипс. Но Кеплер пробовал и, естественно, ошибался. Сначала он решил, что планеты движутся вокруг Солнца по овалу, похожему на яйцо. И лишь убедившись в очередной ошибке, обратил внимание на эллипс.

Можно ли было с помощью морфологического анализа предсказать открытие, которое сделал в 1881 г. Майкельсон? Построим морфологическую таблицу для объекта «свет». Майкельсона конкретно интересовала

скорость движения электромагнитной волны. Он мог, в принципе, построить эту единственную ось. Вот варианты: скорость света в данной системе отсчета постоянна либо переменна. Но систем отсчета две: одну Майкельсон связал с Землей, другую – с гипотетическим эфиром. Какие возникают варианты? Скорость света разная в двух системах; одинакова в двух системах; переменна в одной системе и постоянна в другой; переменна в обеих системах. Других вариантов нет. Среди перечисленных вариантов вы видите и результат эксперимента Майкельсона: скорость света одинакова в обеих системах отсчета.

В реальных задачах вариантов не два, не три, а десятки и сотни, и перебор их, даже систематический, может отнять много времени и сил. Наконец, заранее неизвестно, в какой именно ячейке морфологической таблицы находится искомое предсказание. Шестнадцать возможных результатов опыта Майкельсона можно было предвидеть с помощью морфологического анализа. И лишь один из шести мог быть и оказался верным. Но мог ли Майкельсон заранее сказать – какой именно?

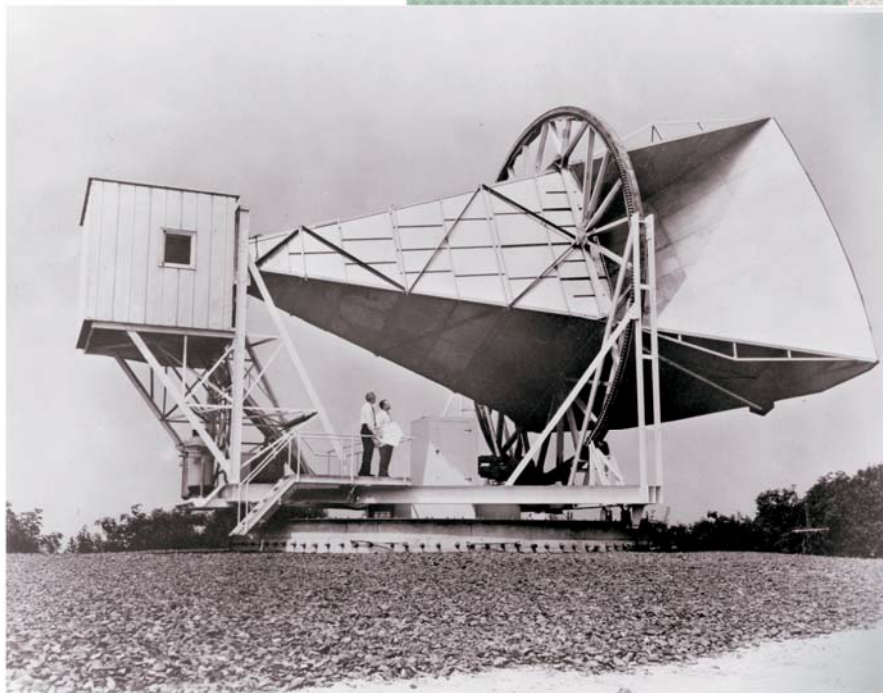
Морфологический анализ в его сегодняшней форме – это лишь первая попытка систематизации. Главный недостаток метода в том, что он оставляет на волю случая выбор правильной идеи. Для того чтобы найти верное решение, нужно рассмотреть и исследовать все клетки.

И еще. Конструирование морфологических таблиц, конечно, расковывает фантазию, расплывает психологическую инерцию, но ненамного. В любом случае нет гарантии, что все поле проб и ошибок окажется покрыто сетью клеток. Правда, исследователю уже не приходится хаотично метаться, хватаясь за ближайшее решение и восклицая «а если!». Но при систематическом переборе вариантов исследователь все же может упустить золотую рыбку-открытие из своей сети, потому что сделал сеть короче и уже, чем было нужно.

Тем не менее морфологический анализ позволил Цвикки предсказать открытие нейтронных звезд и черных дыр. Аналогичный анализ позволил и мне в 1971 г. предсказать открытие реликтовых гравитационных волн. В то время теория Большого взрыва еще не была разработана, и всего несколько лет прошло после открытия реликтового излучения (открытие второго типа). Возник вопрос: электромагнитное излучение – единственный тип излучений, которые могли возникнуть в первые годы после Большого взрыва? Морфологический ящик в этом случае очень небольшой – всего одна ось.

Вот цитата из моей статьи, опубликованной в журнале «Знание – сила» в 1971 г.: «Составим соответствующую ось возможных излучателей. Поставим на первое место Вселенную. Да, на ранней стадии развития сверхплотное тело Вселенной могло излучать





Эта 15-метровая рупорно-параболическая антенна в г. Холмдел (Нью-Джерси, США), построенная в 1959 г., использовалась для спутниковой связи и как радиотелескоп лабораториями *Bell*. В 1964 г. радиоастрономы Р. В. Уилсон и А. А. Пензиас открыли с ее помощью космическое реликтовое электромагнитное излучение, источник которого находится за пределами нашей Галактики. За открытие реликтового электромагнитного излучения, которое стало доказательством теории Большого взрыва, ученые были удостоены Нобелевской премии по физике 1978 г. В 1988 г. установке присвоен статус национального исторического памятника США. NASA. *Public Domain*

гравитационные волны. Сейчас волны эти растянулись на многие парсеки. И вот еще одно предсказание: мы откроем **ФОНОВОЕ** гравитационное излучение, источником которого была Вселенная в ранние периоды расширения».

Реально о возможности существования реликтовых гравитационных волн первым написал советский физик Л. П. Грищук в 1977 г.

### Метод фантограмм Альтшуллера

Другой метод прогнозирования научных открытий, являющийся развитием морфологического анализа, – так называемый *метод фантограмм* – был предложен советским писателем-фантастом и изобретателем Г. С. Альтшуллером, автором ТРИЗ (Теория решения изобретательских задач).

Фантограмма – это морфологическая таблица, дополненная осью изменений параметров. Морфологический анализ позволяет обобщить, систематизировать все, что известно о растениях. Или о нейтронных звездах. Или о звездах вообще. А фантограмма описывает и то, что может быть, но не реализуется. И то, что не существует, но возникает в воображении. А иногда даже то, что и вообразить трудно.

ТРИЗ рекомендует использовать фантограммы для развития творческого воображения. Но подсознание

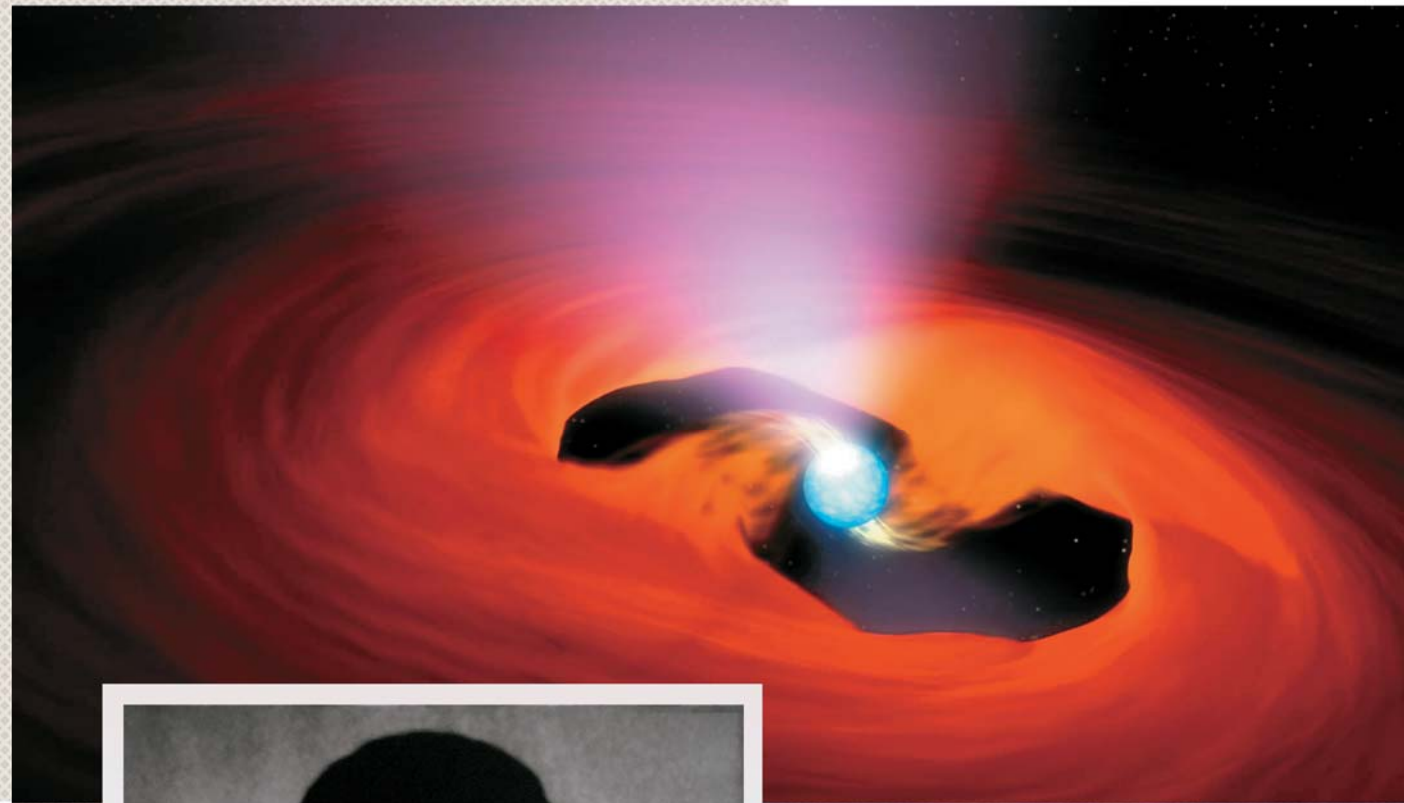
научного работника давно освоило этот метод. Клетки фантограмм – не их ли видит ученый во сне или на прогулке, когда, казалось бы, вовсе не думает о своей задаче? Не потому ли решения, возникающие в самые неожиданные мгновения, бывают столь парадоксальными и часто совершенно верными?

Цель, однако, в том, чтобы не ждать озарения, а сознательно менять объект исследования, закон природы, явление, доказательство, пользуясь известными приемами. Обычно этому препятствует все та же психологическая инерция: фантограмма – это смесь реального и фантастического, а какой ученый в своей работе захочет опереться на фантастические идеи больше, чем на проверенные логические схемы?

Вспомните Цвикки. Он нашел нейтронные звезды в своей морфологической таблице. В сущности, это была одна из клеток фантограммы. Цвикки взял одно из свойств звезды – ее размеры – и воспользовался приемом уменьшения.

Но изменять нужно не все клетки морфологического ящика, а лишь те, что ведут к противоречию. Найти противоречие – значит поставить научную задачу. Воспользоваться фантограммой – значит существенно приблизить решение.

Ведь Цвикки изменял не произвольный параметр звезды, а тот, в котором скрывалось противоречие. Для вспышки сверхновой нужна была энергия. В обычной звезде такой энергии нет. Вот противоречие: энергия



Г. С. Альтшуллер совместно с Р. Б. Шапиро в 1956 г. опубликовал статью «О психологии изобретательского творчества», положившую начало истории развития Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). © CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication

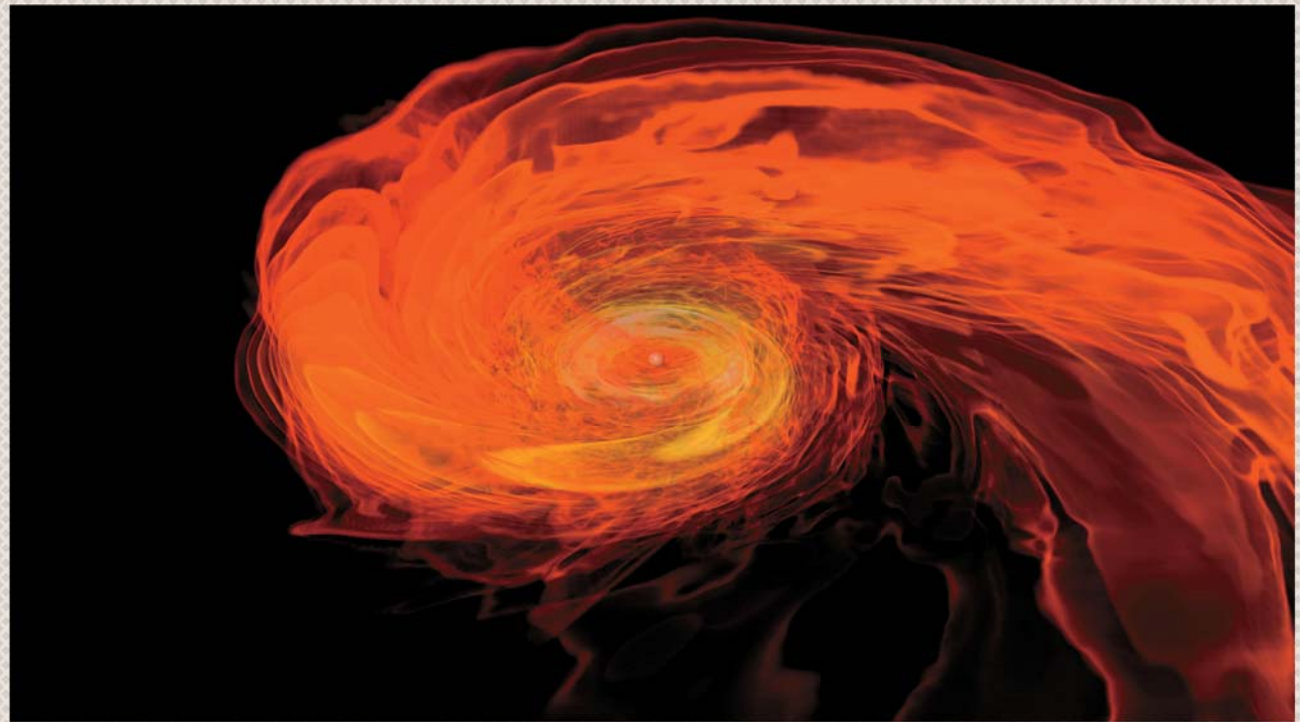
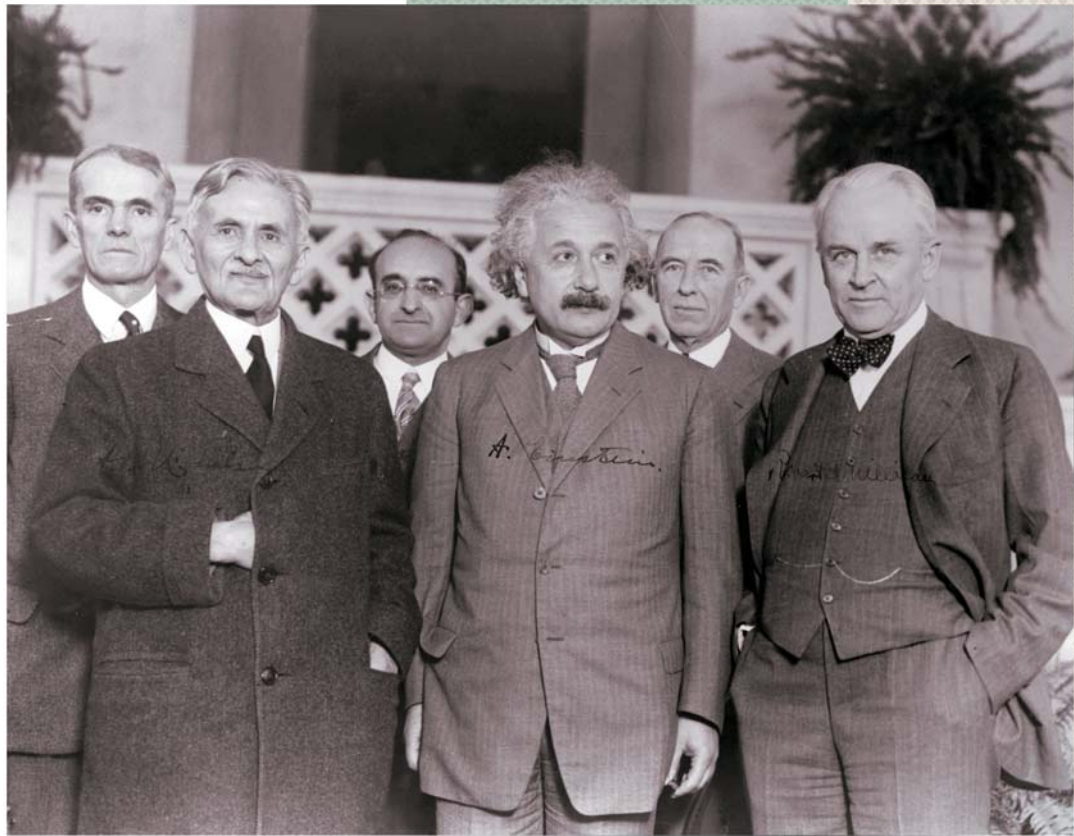
Нейтронная звезда – это сжатое ядро, оставшееся от массивной звезды, которая взорвалась как сверхновая. Плотность «упаковки» вещества в них очень высока: звезда диаметром всего около 20 км по массе в 1,5 раза больше Солнца. Существование таких звезд предсказал Ф. Цвикки с помощью придуманного им морфологического метода направленной интуиции.

*Вверху* – световая анимация нейтронной звезды-пульсара P1A18845, испускающей вращающиеся пучки рентгеновских лучей. © NASA/JPL-Caltech

для вспышек сверхновых есть (ведь мы видим вспышки!), но ее нет (в обычных звездах). Для разрешения противоречия нужно знать, какая энергия переходит в энергию вспышки. Гравитационная, предположил Цвикки. А гравитационная энергия звезды зависит от ее размеров. Тогда исходное противоречие преобразуется к следующему: во вспышке сверхновой выделяется колоссальная гравитационная энергия (вспышку мы видим), но в обычной звезде такой энергии нет (слишком велики размеры).

Противоречие между наблюдением и интерпретацией. Цвикки изменил интерпретацию и предсказал нейтронные звезды.





Одно из самых впечатляющих событий во Вселенной: две нейтронные звезды сталкиваются и сливаются с образованием черной дыры. Компьютерное моделирование. © NASA Goddard

Эйнштейн не пользовался морфологическим анализом и, прежде чем сформулировать принцип эквивалентности, не опубликовал по теории гравитации ни одной ошибочной работы.

Дело в том, что в конце XIX – начале XX в. предлагалось много гипотез для спасения ньютоновской теории тяготения. Ошибочных проб было достаточно. А Эйнштейн занялся этой проблемой и нашел зерно. Сразу? Нет, этому предшествовали годы размышлений над проблемой тяготения. Годы мысленных проб. И ошибок, конечно.

Мышление подобно айсбергу, и чем мудрее ученый, тем глубже погружен этот айсберг. То, что находится над водой, что сам ученый называет работой мысли, – это работа сознания. А под водой, скрытно от всех и даже от самого ученого, по-видимому, идет бессознательная работа, подсознательный перебор вариантов – неосознаваемый процесс решения задачи.

Психологическая инерция, преодолевать которую мы пока не научились, не позволяет сознанию безумствовать, вводит его в рамки здравого смысла. Из-за этого ему бывает очень трудно нащупать решение, которое часто выглядит невероятным. Похоже, что у подсознания такого тормоза нет. Далекие ассоциации, невероятные аллегории и аналогии – в эту невидимую подсознательную игру и вклиниваются вдруг ассоциация или аналогия, подсказывающие решение.

Выдающиеся ученые XX в.: слева направо – астроном У. С. Адамс, лауреат Нобелевской премии по физике А. А. Майкельсон, математик В. Майер – помощник Эйнштейна («калькулятор Эйнштейна»), лауреат Нобелевской премии по физике А. Эйнштейн, историк М. Фарранд, лауреат Нобелевской премии по физике Р. Э. Милликен. 1931 г. © Smithsonian Institution

Поэтому так часты озарения «во сне» или «на прогулке». Алогичность снов не имеет ничего общего с логикой науки. Этим же отличается гениальная идея от обычной. Уже потом, найдя правильное решение, всплывшее будто из ниоткуда, можно навести мосты логики, построить дорогу от старой идеи к новой. Подсознание проводит пробы, а интуиция отбирает среди них верную. Роль интуиции – в выборе, но для того, чтобы выбрать, нужно иметь из чего выбирать!

Поэтому, говоря об Эйнштейне, мы не опровергаем метод проб и ошибок. Дело в неисследованной пока роли подсознательного.

Подсознательная работа скрыта от взглядов, и нередко самому ученому кажется, что он просто отгадал верный закон. И сам метод предсказания законов сводится именно к правильному угадыванию. Известный американский физик Р. Фейнман писал: «Угадывание уравнений, по-видимому, очень хороший способ

открывать новые законы». И дальше пояснял свою мысль: «Вообще говоря, поиск нового закона ведется следующим образом. Прежде всего о нем догадываются... Для того чтобы угадать, что именно следует сохранить, а что необходимо отбросить, требуется немалое мастерство. По правде говоря, я вполне допускаю, что дело здесь только в удаче, но выглядит все именно так, как если бы для этого требовалось большое мастерство».

Довольно странное утверждение! Сказать, что новые законы нужно угадывать, – это утверждать, что все решает лотерея. Ты не угадал, угадает другой. Ты попробовал и ошибся, другой попробует и попадет в точку. Почему же гений чаще попадает в точку?

Нужно попытаться нащупать систему. Морфологический анализ – первый шаг к методологии открытий и научных изобретений. Он позволяет сознательно делать то, что обычно выпадает на долю подсознательного. Но ведь должен существовать еще какой-то метод выбора! Из подсознания обычно «всплывают» наиболее интересные и перспективные идеи. Часто – верные. Как из морфологического ящика сознательно выбирать такие идеи? Как осмысленно найти правильную идею из гораздо большего числа клеток фантограммы?

Для изобретений (в том числе связанных с научной деятельностью) эту задачу сегодня успешно решает ТРИЗ. Методы ТРИЗ помогают и открытия делать, но лишь четвертого и третьего классов. Для таких открытий уже существует проработанное «исследовательское поле» – клетки морфологических ящиков и фантограмм.

С открытиями первого и второго классов гораздо сложнее. Чтобы сделать такое открытие, ученый должен обладать чрезвычайно развитым творческим воображением и отсутствием психологической инерции. Методика развития творческой фантазии существует и показывает неплохие результаты. Но это уже другая история и тема для другой статьи.

#### Литература

- Альтшуллер Г. С. *Творчество как точная наука*. М.: Сов. радио, 1979.
- Альтшуллер Г. С. *Найти идею*. Новосибирск: Наука, 1986.
- Амнуэль П. Р., Гусейнов О. Х. *Рентгеновское излучение при аккреции межзвездного вещества нейтронной звездой* // Изв. АН Азерб. ССР, янв. 1968.
- Амнуэль П. Р. *Открытия, которые мы выбираем* // Знание – сила. 1971. № 8.
- Амнуэль П. Р. *Далекие маяки Вселенной*. Фрязино: Век-2, 2007. Второе издание: ДМК+Век-2, 2022.
- Виленкин А. *Мир многих миров*. М.: Астрель, 2009.
- Шкловский И. С. *Сверхновые звезды*. М.: Наука, 1966.
- Baade W., Zwicky F. *On Super-Novae* // Proc. National Acad. Sci. 1934. V. 20(5). P. 254–259.
- Feynman R. *The Character of Physical Law*. N. Y.: Modern Library, 1965.
- Zwicky F. *Morphological Astronomy*. Berlin: Springer-Verlag, 1957.