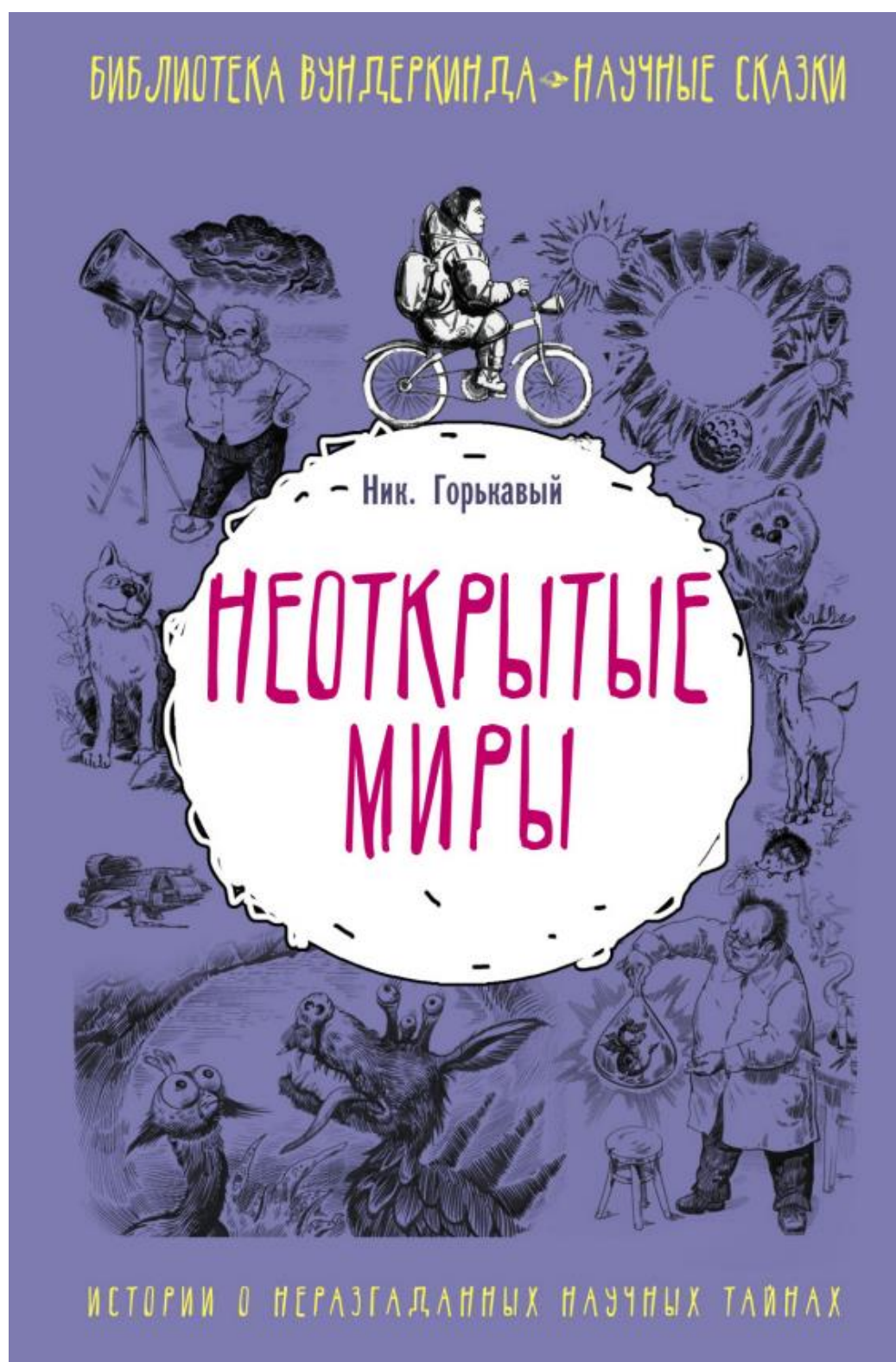


Николай Николаевич Горькавый
Неоткрытые миры

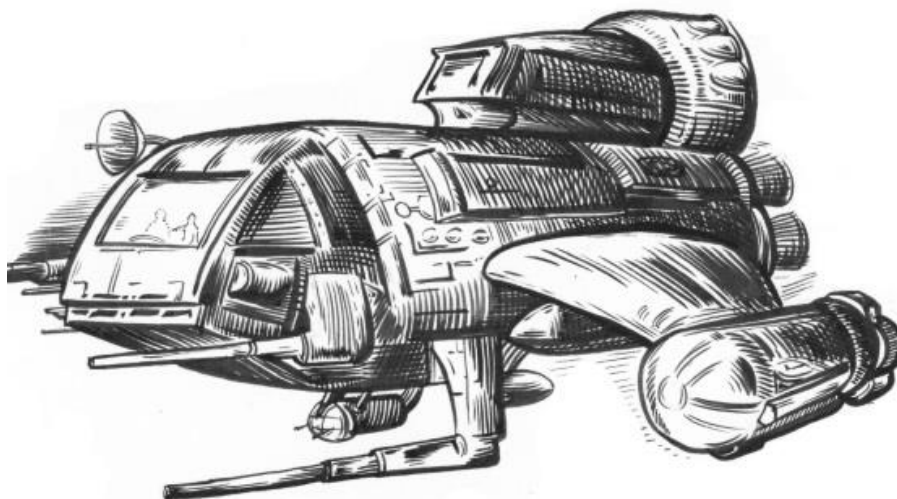
Библиотека вундеркинда –



Текст предоставлен правообладателем
«Неоткрытые миры / Ник. Горькавый»: АСТ; Москва; 2018
ISBN 978-5-17-109565-9

Аннотация

Эта книга научных историй особенная, она – не об ответах, а о вопросах. Она рассказывает не столько про достижения науки, сколько про нерешённые научные проблемы, про несозданные теории и неизвестные законы природы – другими словами, про ещё не открытые острова в науке. Если юный читатель хочет заняться изучением чудес космоса, исследованием динозавров или расшифровкой таинственных рукописей, то ему непременно надо прочитать эту книгу, которая может стать картой на пути к terra incognita и к разгадкам увлекательных тайн, которые нас окружают.



Ник. Горькавый Неоткрытые миры

Посвящается внуку Лёвушке с пожеланием, чтобы он когда-нибудь отправился в путешествие к этим неоткрытым мирам

Москва
Издательство АСТ
Серия «Библиотека вундеркинда» Дизайн обложки Юлии Межовой Иллюстрации Кирилла Гарина
Горькавый, Ник.

Автор искренне благодарит друзей-учёных, которые внимательно прочитали данную книгу и избавили её от многих ошибок.

Научные консультанты:
Александр Павлович **Васильков**, кандидат физико-математических наук
Александр Юрьевич **Исупов**, кандидат физико-математических наук
Андрей Вилхович **Каява**, кандидат биологических наук
Юрген **Рюдигер**, заведующий лабораторией приёмников рентгеновского излучения Российского научного центра рентгенорадиологии
Евгений Леонидович **Ченцов**, доктор физико-математических наук, астроном

Предисловие

В XV веке на планете Земля началась эпоха великих географических открытий: Васко да Гама обогнул Африку и нашёл новый путь из Европы в Индию, Христофор Колумб

открыл для европейцев Америку, а Фернан Магеллан совершил первое кругосветное путешествие, найдя проход из Атлантики в Тихий океан вокруг Южной Америки. Этот пролив назван в честь Магеллана, а именем Колумба названа гора высотой 5775 метров и страна Колумбия. В XVII веке мореплавателями был обнаружен континент Австралия и открыты крупные острова Новой Зеландии. Эпоха великих открытий в истории земной цивилизации закончилась, когда в 1820 году русская экспедиция Беллинсгаузена и Лазарева высадились на ледник Антарктиды, последнего неоткрытого континента нашей планеты, скрытого толстым ледовым панцирем.

В современную эпоху спутниковых фотографий на нашей планете невозможно открыть даже маленький остров, а безымянными остались только второстепенные горные вершины. Неужели романтическая пора великих географических открытий безвозвратно ушла в прошлое? Конечно, нет. Вторая, и гораздо более грандиозная, эпоха географических открытий только начинается. Новые открытия сейчас совершаются не на Земле, а на Луне, Марсе, Плутоне и других планетах, спутниках и астероидах Солнечной системы. Смело можно сказать, что будущих разведчиков космоса ждёт миллион неизученных планет и других космических тел, вращающихся вокруг нашего Солнца.

Если вы, читатель, станете успешным исследователем других планет, то вполне возможно, что вашим именем назовут горный хребет или даже целый материк на другой планете.

Ещё более грандиозные открытия сулят нам звёзды нашей Галактики, возле которых кружится множество поразительно разных планет – от крохотных до огромных, от раскалённых до замороженных, от быстро вращающихся до заторможенных и повёрнутых одной стороной к светилу, от лишённых газовой оболочки до покрытых густыми облаками. Крупные луны планет-гигантов тоже могут обладать плотной атмосферой и поддерживать жизнь на своей поверхности. По оценкам учёных, среди планет Млечного Пути миллиарды планет похожи по физическим условиям на Землю.

Но открытия совершаются не только на Земле или в космосе. Целые неисследованные острова и даже континенты ждут своих исследователей в микромире, внутри живых клеток и среди математических уравнений: другими словами, в мире науки, где умещается всё – от малюсеньких кварков до гигантской Вселенной.

Предыдущие книги «научных сказок» рассказывали о великих учёных и инженерах, которые своими выдающимися достижениями помогли создать нашу цивилизацию. Эта книга – особенная. Она о вас, дорогие читатели: ведь она рассказывает не о достижениях, а о нерешённых проблемах в науке и технике. Ведь именно вам, если вы станете учёными или исследователями, предстоит заняться их решением.

В учебниках написано о том, что уже известно. Нет учебника, который бы рассказывал о ещё не открытом. А ведь каждого, кто хочет стать исследователем, интересует: какие дороги в этом мире неизвестного обещают быть самыми интересными? На этот вопрос ответить в двух словах трудно. Проще всего было написать об этом книгу – ту самую, которую вы сейчас держите в руках. Эта книга – своеобразная карта белых пятен, которых множество в мире науки, карта неизвестного, которое нас окружает, – конечно, очень приближённая. Похожая на ту, что была у Колумба, плывущего в ещё не открытый Новый Свет.

– Тогда это будет самая интересная из всех книжек! – уверенно заявила Галатей.

– Вне всякого сомнения. Удачи вам, первооткрыватели!

Ник. Горькавый

Сказка о Гигантской Черепахе и Большом Взрыве

Дзинтара была биологом по профессии и принцессой по происхождению. Такие особенные принцессы-учёные очень редко, но встречаются. И сказки на ночь своим детям –

младшей Галатее и Андрею постарше – Дзинтара читала по сборнику особенных, научных, сказок. Но сегодня сказку детям рассказывала Никки, давняя подруга принцессы Дзинтары, приехавшая к ней в гости.

Она начала свою историю так:

– Жила-была Гигантская Черепаха. Жизнь её была похожа на жизнь других черепах, только была гораздо длиннее. Черепаха медленно жевала, мечтала и видела черепаховые сны. Но однажды она проснулась от неожиданной тяжести на спине.

– В чём дело? – недовольно спросила Гигантская Черепаха, покрутив головой на морщинистой шее, но разглядеть непонятный груз на панцире ей не удалось. Тогда она позвала своего друга Кита, чтобы он посмотрел, что там такое. Кит осмотрел спину Гигантской Черепахи, поговорил со знакомыми дельфинами-интеллектуалами и выяснил, что случилось.

Оказывается, люди всегда искали ответ на два вопроса:

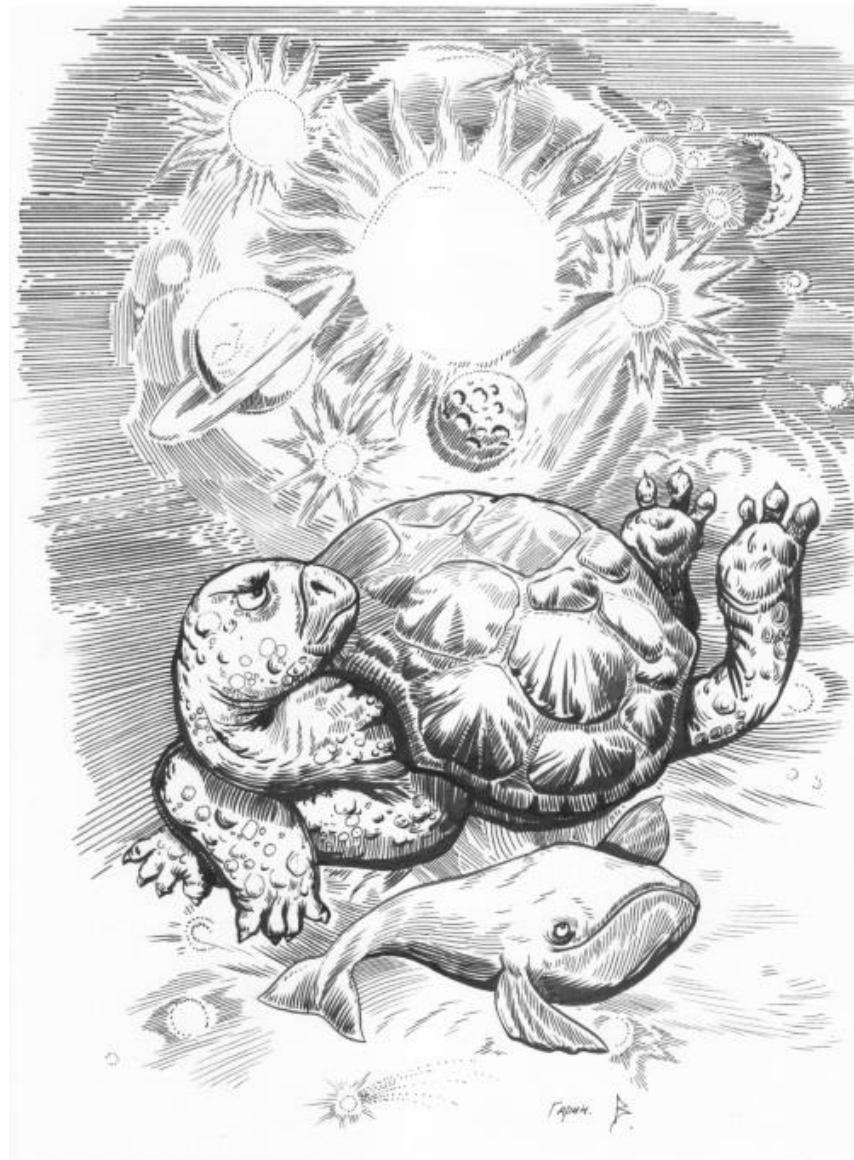
Как была создана Вселенная?

Как она устроена?

Для ответа на первый вопрос древние люди придумали Творца – всемогущее существо, которое сотворило этот мир из подручных материалов. У каждого народа было своё представление о Творце и о сырье, которое он использовал для создания мира, но идея Творца была неперенным элементом мировоззрения людей на протяжении тысячелетий.

Ответ на второй вопрос – о строении мира – менялся от века к веку. Люди раннего Средневековья часто представляли себе мир в виде плоского блина суши, накрытого хрустальным куполом небес с дырочками-звёздами. На чём стоял этот блин? Ответов было немало. Кто-то считал, что он плавал в океане, кто-то – что он покоился на спинах трёх слонов. На чём же стояли эти слоны? Возникла идея, что слоны стояли на спине черепахи-гиганта. Что может быть прочнее и надёжнее, чем твёрдый панцирь исполинской морской черепахи? – решили люди, ещё не знавшие паровых машин и электричества. Вот так и получилось, что в один прекрасный день Гигантская Черепаха проснулась от неожиданного груза на спине.

– Что же мне делать? – спросила совета Черепаха у своего друга Кита, который чаще общался с людьми и был в курсе их научного прогресса, особенно в области гарпунов. Кит был, по сравнению с Гигантской Черепахой, крошечным по размеру, зато очень начитанным, поэтому он любил выражаться витиевато, иронически посмеиваясь в китовые усы.



– Все мы несём тяжкое бремя общения с людьми, – хмыкнул Кит, потирая плавником старый шрам на боку. – Они просто добрались до тебя позже, чем до нас. Лошади таскают для них повозки, тебя они заставили таскать на себе их нелепые представления о Вселенной.

– Что же мне делать? – тревожно переспросила Черепаха.

– Ждать, – сказал Кит и зачерпнул старой лодкой, которую он использовал в качестве ложки, полтонны вкусного криля. – Лошади тоже терпеливо ждут изобретения паровоза, который будет возить самые тяжёлые грузы. Как только люди придумают теорию строения Вселенной, которой не нужны подпорки в виде старой черепахи, тогда ты избавишься от этой тяжести.

Черепаха почувствовала обиду от слова «старая». Она считала себя вполне юной черепахой, шесть тысяч лет – не возраст.

– А когда они придумают эту самую теорию?

– Не знаю, – развел потрёпанными плавниками Кит и принялся глотать криль, отчего его речь стала невнятной. – Спроси об этом Николая Коперника, он сейчас главный эксперт по космосу.

– Сколько мне таскать на себе эту увесистую оранжерею под стеклянным колпаком? – спросила Черепаха у Коперника.

– Да, плоский мир – это тяжёлое заблуждение, – кивнул Николай Коперник. – Обычные

люди думают, что земля огромна – в любую сторону можно скакать неделями, – а Солнце размером меньше кулака на вытянутой руке. На самом деле наша планета – сравнительно маленький шар, который вообще ни на чём не стоит, а вращается вокруг своей оси и, как и все остальные планеты, летит в космосе вокруг огромного сияющего Солнца. А вокруг нашей Солнечной системы расположена хрустальная сфера звёзд.

– Но сама хрустальная сфера – на чём она стоит? – с тревожным предчувствием спросила Черепаха Коперника. Тот развёл руками:

– Не знаю.

– Зато я знаю, на чём, вернее, на ком она держится, – ворчала Черепаха, готовясь ко сну и ощущая на спине увеличившуюся тяжесть купола звёзд, уже не полусферы над Землей, а сферы вокруг Солнечной системы. – Может, этот Николай очень умный, но пользы мне от этого никакой.

Прошло какое-то время, и друг Кит приплыл с новой вестью.

– В мире появился новый мудрец, Иммануил Кант. Такое умное говорит, что никто его не понимает.

– Мне и не нужно его понимать, пусть он заберёт эту штукину с моей спины.

Кант увлечённо принялся объяснять Черепахе:

– Нынешние телескопы обнаруживают в космосе множество туманностей, похожих на наш Млечный Путь. Значит, Вселенная – это огромное пространство, в котором расположены мириады звёзд, собранных в галактики – млечные пути. Я полагаю также, что наша Вселенная не стационарна, она эволюционирует и меняется.

– Но на чём держится Вселенная, полная звёзд и туманностей? – спросила Черепаха.

– Это очень сложный вопрос, но в Гигантскую Черепаху, на которой покоится мир, уже никто не верит! – рассмеялся учёный.

Черепаха подумала с обидой: «Ну и пожалуйста. Раз вы во мне больше не нуждаетесь, то сделайте нормальную теорию Вселенной, чтобы она держалась сама по себе, а не вцепившись в мою усталую спину. Тогда я смогу отдохнуть».

И она поплелась домой, чувствуя на спине увеличившуюся тяжесть Вселенной: столько туманностей, не шутка!

Стоило неспешной Черепахе совсем чуть-чуть отдохнуть, как Кит приплыл с новостью:

– Знакомые чайки донесли мне: у людей переполох. Вселенная разбегается в разные стороны! Оказывается, она имеет огромные размеры – в десяток миллиардов световых лет. Кант был прав: Вселенная не стационарна, в ней всё куда-то бежит. Весто Слайфер измерил это разбегание галактик, а Генриетта Ливитт нашла метод определения расстояния до соседних галактик. Потом Эдвин Хаббл показал, что чем дальше расположена галактика, тем быстрее она от нас убегает!

– Это хорошо или плохо? – спросила Черепаха. – Может Вселенная убежать не только от людей, но и улететь с моей спины?

– Вряд ли, потому что люди не знают, почему она начала разбегаться. А если чего-то важного не знаешь, то без помощи Черепахи не обойтись.

– Ну да, – иронически согласилась Черепаха, – на произвол судьбы Вселенную ведь не бросишь, особенно такую огромную. Лучше уж Черепахой подпереть.

– Твоя главная надежда – на теоретиков. Они конструируют модели Вселенной, и сейчас они стали гораздо умнее, чем раньше. Альберт Эйнштейн вывел уравнения гравитации, которым подчиняется Вселенная, а Александр Фридман и Жорж Леметр нашли решения этих уравнений, которые описывают разлетающуюся Вселенную. Леметр предложил своеобразную «атомную модель» Вселенной, возникшей при взрыве огромного нестабильного атомного ядра и расщепление его на мелкие обычные атомы...

Тут Черепаха от умственного переутомления задремала. Совсем на чуть-чуть, лет на пятьдесят. Проснувшись, она пошевелилась и почувствовала, что груз на спине никуда не делся.

– Как там дела у людей? – спросила она своего друга Кита.

– Там всё бурлит! – оживлённо ответил Кит. – Гарпуны и охоту на китов стали запрещать!

– Это хорошо, – сказала Гигантская Черепаха. – А с этой... космологией-то у них как?

Кит немного напрягся, что-то вспоминая, потом выпалил:

– Современный этап характеризуется активной полемикой между двумя точками зрения на нестационарную Вселенную: концепция одноразовой Вселенной против концепции многократовой, циклической Вселенной. Обе концепции содержались в новаторской работе Александра Фридмана, опубликованной в 1922 году. Циклические модели были детально рассмотрены Ричардом Толменом в тридцатых годах. Он обратил внимание, что энтропия – мера беспорядка – должна расти согласно второму закону термодинамики. Значит, энтропия должна повышаться от цикла к циклу, что делает Вселенную не совсем периодической.

– Какой-то пассажир лайнера уронил в воду популярный журнал? – догадалась Гигантская Черепаха.

– Ага, – немного покраснел Кит и продолжил: – В 1948 году Георгий Гамов со своими учениками предложил своеобразную «термоядерную» модель Вселенной, по которой циклическая Вселенная предыдущего цикла сжалась до компактного и очень горячего состояния, в котором существовали только протоны, нейтроны, электроны и гамма-кванты. Этот горячий плотный газ из элементарных частиц Гамов назвал «улемом» – первичным веществом Вселенной. Все более тяжёлые ядра химических элементов, созданные в звёздах прошлого цикла, развалились в сжатой Вселенной с температурой в многие миллиарды градусов. Когда Вселенная начала расширяться, «улем» стал остывать, и термоядерные реакции между протонами и нейтронами привели к созданию ядер гелия и дейтерия – тяжёлого водорода. Группа Гамова рассматривала Большой Взрыв как упругий Большой Отскок Вселенной, сжавшейся до размера около светового года.

– Это что такое – световой год? – спросила озадаченная Черепаха.

– Глубоководная рыба-удильщик привлекает добычу с помощью своего фонарика. Световой год – это такое расстояние между прожорливым удильщиком и его едой, которое свет фонарика преодолевает целый год.

– Что ж он так далеко уплыл-то от еды? – расстроилась Черепаха. – Помрёт с голоду, бедняга.

Кит продолжил цитирование популярного журнала:

– Хотя Гамов и его ученики не смогли указать на физический механизм такого отскока Вселенной, они предсказали реликтовое излучение, которое должно было остаться от когда-то горячей Вселенной, и верно оценили его температуру в несколько градусов Кельвина.

Когда Пензиас и Вильсон в 1965 году открыли реликтовое излучение с температурой около трёх градусов Кельвина, то космолог Роберт Дикке и учёные его группы, интерпретируя открытие Пензиаса и Вильсона и склоняясь к цикличности многократовой Вселенной, повторили гипотезу Гамова и его группы о том, что в результате предыдущего сжатия Вселенной образовался коллапсирующий огненный шар, превративший все химические элементы снова в протоны, а потом по какой-то причине сменивший сжатие на расширение. Свечение этого огненного шара со временем остыло и превратилось в нынешнее реликтовое излучение. К сожалению, группа Дикке не указала в публикации, что группа Гамова уже давно вычислила температуру реликтового излучения, и это нанесло серьёзный ущерб научной репутации команды Дикке.

Представление о том, что Вселенная в момент сжатия была компактным, но вовсе не микроскопическим объектом, без особых изменений просуществовало около двух десятков лет. По оценке нобелевского лауреата Стивена Вайнберга, сделанной в 1976 году, Вселенная при сжатии могла иметь минимальный размер около светового года.

– Это же сколько будет в километрах? – спросила медленно соображающая Черепаха.

– В году 30 миллионов секунд. Их надо умножить на скорость света – 300 тысяч

километров в секунду. Получится десять триллионов километров.

– Ой, много. Значит, сторонники циклической Вселенной скоро построят хорошую космологическую модель и мои мучения закончатся?

– Э-э... не хочется тебя зря обнадеживать. Сторонники циклической Вселенной до сих пор не знают, что привело сжимающуюся Вселенную к отскоку. Они предложили несколько вариантов, вроде несимметричного коллапса, но позже эти варианты были опровергнуты вычислениями и математическими теоремами.

– Может, мне ещё немножко поспать? – призадумалась Гигантская Черепаха.

Пока она не спеша размышляла над этой привлекательной идеей, Кит снова примчался с новостями:

– Сторонники одноразовой модели побеждают! Смотри, что я стащил с яхты одного богача.

И Кит показал Черепахе радиоприёмник, откуда лился уверенный голос:

– В 1981 году Алан Гус предложил принципиально новую инфляционную космологию Вселенной, которая базируется на трёх китах... Во-первых, Вселенная в момент рождения была микроскопической по размерам и подчинялась квантовым законам. Во-вторых, в начале своей эволюции Вселенная расширялась с сильным ускорением, вызванным новым отталкивающим полем «инфлантоном», которое увеличило размер Вселенной в гигантское число раз за ничтожную долю секунды...

– В какое число раз и за какую долю секунды? – переспросила Черепаха.

– Голос это в начале говорил, но я не запомнил, – застенчиво признался Кит. – Но очень во много раз и за очень крошечную долю секунды.

– Боюсь, попортят они мой панцирь своим инфлантоном, – обеспокоилась Черепаха. – Больно уж он взрывучий. А что тебя заинтересовало в этой передаче?

Кит в смущении погладил поседевший ус и сказал:

– Там говорится о трёх космологических китах. Может, мне удастся устроиться четвёртым, хоть на полставки?

– А третий-то кит какой?

– Он какой-то самый тёмный...

Голос из приёмника продолжал:

– ...В-третьих, когда в 1998 году выяснилось, что Вселенная до сих пор расширяется со значительным ускорением, то теорию инфляции пришлось расширить и включить в неё ещё одну сущность: новое физическое поле или среду, которую принято называть «тёмной энергией». Предположительно она тоже носит квантовый характер, но никто пока не смог вычислить значение этой ускоряющей силы из первых квантовых принципов. Отметим, что значительная часть массы современной Вселенной содержится в «тёмной материи» неизвестной природы. Следуя общепринятой квантово-космологической парадигме, «тёмную материю» обычно тоже считают квантовым феноменом в виде большого количества элементарных частиц – аксионов или вимпов.

– О чём он говорит? Я не понимаю, – пожаловалась Черепаха своему приятелю Киту.

– Твоей спине стало легче?

– Нет.

– Ну и зачем тебе тогда понимать, о чём они говорят?

– Тоже верно, – вздохнула Черепаха. – Но как-то это всё мутно.

– Космологические модели менялись уже много раз. Может быть, этот инфляционно-аксионный криль тоже не всем придётся по вкусу! – засмеялся Кит.

Кит как в воду смотрел. Десятки лет экспериментаторы безуспешно разыскивали загадочные элементарные частицы, которые могли бы объяснить феномен «тёмной материи», а теоретики делали бесчисленные неудачные попытки вывести «тёмную энергию» из существующей квантовой теории.

В конце концов, после более чем тридцатилетнего господства теории инфляции в космологии, некоторые видные учёные стали громко выражать своё недовольство этой

теорией, утверждая, что она неудовлетворительна, потому что вводит слишком много предположений в виде гипотетических субстанций «инфлантона», «тёмной энергии» и неизвестных ранее эффектов, вроде всемирного «фазового перехода». При этом, чтобы получить наблюдаемую ныне Вселенную, требовалось задать начальные значения её расширения с невероятной точностью. Ничтожное отклонение – и нынешняя Вселенная исчезнет. Пауль Стейнхард, Эйнштейновский профессор Принстонского университета (то есть он занимает место Эйнштейна) и директор Принстонского института теоретических исследований, в 2014 году написал в главном научном журнале Nature статью против теории инфляции. Он отметил, что теория инфляции содержит такое количество свободных параметров, что их подгонкой задним числом может объяснить любой эксперимент. По сути, её невозможно опровергнуть путем наблюдений! Стейнхардт заявил: «Инфляционная парадигма фундаментально непроверяема и, таким образом, научно бессмысленна».

– А почему профессор беспокоится не о проверяемости, а о непроверяемости теории? – спросил Андрей. Никки ответила:

– Философ науки Карл Поппер сформулировал принцип, согласно которому теория является научной, если существует принципиальная возможность её опровержения путём постановки того или иного эксперимента, даже если такой эксперимент ещё не поставлен. Если теорию нельзя опровергнуть даже в принципе, то она не является научной. Но инфляционисты считают, что принцип Поппера не применим к их теориям, а некоторые из них полагают, что принцип неприменимой экспериментальной проверки современных теорий устарел и не может служить руководством в работе теоретиков.

В 2017 году молодая сотрудница Принстонского университета Анна Иджас, а также Стейнхард, который является одним из отцов инфляционной теории, и профессор Абрахам Лоеб, глава кафедры астрономии Гарварда и директор Института теории и вычислений Гарвардско-Смитсоновского астрофизического центра, резко выступили против теории инфляции в популярном журнале «Сайентифик Америкэн». Они снова указали на то, что у теории инфляции имеются бесконечные возможности объяснить всё, что угодно, а «теория, которая может предсказать всё, что угодно, ничего не предсказывает». Гипотетические сущности вроде «инфлантона» и «тёмной энергии», на которых базируется теория инфляции, так и не нашли никакого подтверждения. Кроме того, в рамках теории инфляции появилась концепция мультивселенной, согласно которой существует не одна, а множество (например, по одним из многих расчетов, 10 в степени 500) вселенных.

– Это сколько? – не поняла Галатея.

– Ну... миллион – это 10 в степени 6 , то есть десятка, умноженная на десятку, – и так шесть раз. Миллион миллионов – это 10 в степени 12 . Если сказать фразу «миллион миллионов миллионов...», где слово миллион повторится восемьдесят три раза, то мы получим представление о количестве вселенных, которое даёт теория инфляции.

– Ничего не поняла, – вздохнула Галатея, – Но продолжай, пожалуйста.

– Эти вселенные не соприкасаются и не сообщаются друг с другом, но их фантастическое количество позволяет если не решить, то как-то обойти проблему тонкой подгонки начальных параметров Вселенной. Действительно, если вселенных так много, то почему хотя бы одной из них не иметь параметров, благоприятных для возникновения разумной жизни? Именно в такой комфортной Вселенной возникнут учёные, которые зададутся вопросом о строении мира. Трое упомянутых критиков характеризуют концепцию «мультивселенной» как «мультибеспорядок» (в самом мягком переводе, хотя подходит и выражение «мультикошмар») и считают эту концепцию, наряду с тонкой подгонкой начальных параметров, фатальным недостатком теории инфляции.

В ответ на эту критику четверо учёных-инфляционистов опубликовали письмо, под которым собрали ещё три десятка подписей видных учёных. В числе прочих аргументов инфляционисты привели и такой: в теории инфляции работает девять тысяч учёных, написавших четырнадцать тысяч статей. Неужели это может быть не наукой?

Питер Войт, математик из Колумбийского университета, известный своей борьбой

против теории струн, вступил в дискуссию на стороне антиинфляционистов. Он считает, что началась уже не научная, а политическая борьба. Войт так высказался о научности концепции мультивселенной: «Смех в том, что большинство учёных, с которыми я когда-либо говорил об этом, не думают, что претензии на мультивселенную являются наукой, но не видят причин тратить своё время на споры с лженаукой. Она просто исчезнет сама по себе, так как со временем становится всё яснее, что мультивселенная, с научной точки зрения, – пустая идея. К сожалению, я не вижу, как эта идея исчезает, и думаю, что она наносит очень серьёзный ущерб физике и её общественному имиджу. В настоящее время ведётся политическая кампания, и одна сторона очень решительно настроена на выигрыш и тратит на это много энергии. Другая сторона должна активизироваться и заставить себя услышать».

Так как трое критиков теории инфляции придерживаются мнения, что Большой Взрыв – это Большой Отскок, а Вселенная в своём минимальном размере не была квантовым объектом, то эту полезную дискуссию (а научные дискуссии все без исключения являются полезными) можно рассматривать как борьбу сторонников циклической Вселенной против модели одноразовой Вселенной.

– Одноразовая Вселенная – это как одноразовый памперс? – хихикнул Андрей. – Не очень престижный статус.

– Для объяснения отскока Вселенной группа Стейнхарда предложила мембранную модель, предполагающую введение нового пространственного измерения, но эта модель не является единственной или самой убедительной моделью циклической Вселенной. Например, есть космологическая модель Никодима Поплавского, где за отскок отвечает сверхвысокое давление, существующее в неэйнштейновской теории гравитации, а сама Вселенная пульсирует внутри огромной чёрной дыры.

– Чёрной дыры мне в панцире только не хватало, – проворчала Гигантская Черепаха, которая внимательно прислушивалась к обсуждению. – Особенно огромной.

– Многие учёные удивительным образом перестали видеть фундаментальную разницу между моделями, создаваемыми в рамках теории гравитации, и моделями, возникающими среди сотен неэйнштейновских подходов. На самом деле в космологии существует только одна проверенная теория – общая теория относительности Эйнштейна (все остальные – гипотезы), а в физике известны и экспериментально исследованы только четыре фундаментальных взаимодействия (гравитационное, сильное, слабое и электромагнитное). Следуя принципу Оккама, космологические модели нужно создавать на основе этих известных вещей и выходить за рамки известных теорий и экспериментальных фактов только в самом крайнем случае. Тем не менее ведущие физические журналы полны космологических статей, основанных на неэйнштейновских теориях, введении новых измерений и физических полей, ранее не известных науке.

К космологическим моделям, которые разрабатываются в рамках теории Эйнштейна, можно отнести модель с переменной гравитационной массой, в которой Большой Взрыв, или Большой Отскок, произошёл из-за быстрого уменьшения гравитационной массы коллапсирующей Вселенной, что породило сильную антигравитацию. Появились интересные статьи, в которых обсуждается идея, что из прошлого цикла Вселенной к нам проникли не только протоны, но и множество уцелевших чёрных дыр, которые и играют роль тёмной материи, а вокруг самых массивных из них формируются галактики.

В настоящий момент общепринятой и не вызывающей серьёзных возражений теоретической модели Вселенной не существует. Человечество вкладывает в решение космологических проблем миллиарды долларов, поэтому дискуссии вокруг тёмной энергии и тёмной материи вышли за рамки чисто академических. Научное сообщество совершает огромные усилия, публикуя ежегодно тысячи статей, связанных с тёмными сущностями; значительные суммы выделяются на космические проекты, наземные телескопы и подземные лаборатории, изучающие природу тёмной материи и тёмной энергии. Но число вопросов к моделям Вселенной не уменьшается, а только растёт:

1. Является ли Вселенная одноразовой расширяющейся структурой или циклической системой с периодами сжатия и расширения?
2. Каков был минимальный размер Вселенной?
3. Какова была температура и плотность Вселенной в момент максимального сжатия?
4. Какие объекты (например, чёрные дыры, барионы) прошлых космологических циклов могут уцелеть при сжатии Вселенной до минимального размера и попасть в современный цикл?
5. Почему произошёл Большой Взрыв? Существовало ли ускоренное расширение в начальный момент Большого Взрыва, и чем оно было вызвано?
6. Почему так однородна и изотропна была Вселенная при отделении излучения от материи, случившемся 380 тысяч лет после Большого Взрыва? Именно это реликтовое излучение наблюдают сейчас астрономы. С чем связаны глобальные и локальные отклонения реликтового излучения и других космологических параметров от однородности и изотропии?
7. Почему Вселенная расширяется с ускорением до сих пор? Какие силы обеспечивают современное ускорение? Как долго будет разлетаться Вселенная?
8. Тёмная материя – что это такое? Состоит ли она из физических объектов, и какова их природа? Или теория Эйнштейна нуждается в модификации?
9. Если Вселенная – циклическая система, то какая сила обеспечит изменение направления движения галактик – с разбегания на сближение?
10. Второй закон термодинамики гласит, что все процессы ведут к увеличению энтропии. Если Вселенная циклична, то как решить проблему непрерывного роста энтропии в такой системе? Ведь если какой-то параметр во Вселенной непрерывно растёт, то о какой цикличности можно говорить?
11. Является ли наша Вселенная единственной, или существует множество Вселенных, которое предполагается концепцией мультивселенной?
12. Является ли Вселенная преимущественно квантовым объектом, или же она главным образом подчиняется общей теории относительности Эйнштейна?
13. Нужна ли для понимания Вселенной квантовая теория гравитации? Возможно ли в принципе построение такой теории?

Это «чёртова дюжина» самых главных космологических вопросов, которые остаются нерешёнными. И пока они не решены, Черепахе придётся подпирать модель Вселенной.

Всегда находятся учёные, считающие, что именно они построили самую верную модель Вселенной, но при детальном и объективном рассмотрении всегда обнаруживается, что эти теории всё ещё покоятся на прочном панцире Черепахи, правда, названия у этого панциря могут быть самые разные.

Истина заключается в том, что мы не нашли окончательных ответов на главные вопросы: «Как была создана Вселенная?» и «Как она устроена?» Более того, чем больше мы узнаём о Вселенной, тем больше вопросов у нас возникает. Поэтому космология остаётся одной из самых интересных и увлекательных наук, а Гигантской Черепахе придётся ещё немного потерпеть несовершенство наших знаний о Вселенной.

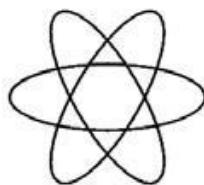
– Ладно, потерплю ещё, – сказала гигантская Черепаха, выслушав эту тираду. – Но только недолго!

Галатея спросила Никки:

– А что такое «недолго» для существа с возрастом в шесть тысяч лет?

– Хороший вопрос, – задумчиво ответила Никки. – И что будет, если гигантской Черепахе наконец надоест подпирать наши неуклюжие модели Вселенной?

Примечания для любопытных



Николай Коперник (1473–1543) – польский астроном, автор гелиоцентрической модели мира, сменившей старую геоцентрическую, в центре которой находилась Земля.

Иммануил Кант (1724–1804) – немецкий философ и астроном, который предположил нестационарность Вселенной, состоящей из огромного количества галактик, похожих на наш Млечный Путь.

Весто Слайфер (1875–1969) – американский астроном Лоуэлловской обсерватории, измеривший в 1907 году скорость движения галактики Туманность Андромеды, а в последующие годы – скорость десятков других галактик. Его работы стали основой современной наблюдательной космологии.

Генриетта Ливитт (1868–1921) – американский астроном Гарвардской обсерватории. В 1908 году показала, что у цефеид, нового класса переменных звёзд, период пульсаций связан с их светимостью. Эти звёзды позволили впервые измерить расстояния до других галактик.

Эдвин Хаббл (1889–1953) – американский астроном обсерватории Маунт-Вилсон. Измерил расстояние до Туманности Андромеды с помощью цефеид и показал, что скорость роста разбегания галактик растёт с увеличением расстояния до них (закон Хаббла).

Альберт Эйнштейн (1879–1954) – физик, нашедший уравнения современной теории гравитации, описывающей динамику Вселенной. Лауреат Нобелевской премии по физике (1921).

Александр Фридман (1888–1925) – физик и астроном, нашедший решения уравнения Эйнштейна, которые описывают нестационарную, в том числе и циклическую, Вселенную.

Жорж Леметр (1894–1966) – бельгийский астроном. Нашёл нестационарные решения уравнения Эйнштейна для Вселенной и выдвинул концепцию «атомного взрыва» огромного первичного атома, который и стал началом расширения Вселенной.

Ричард Толмен (1881–1948) – американский физик, автор известной книги «Относительность, термодинамика и космология» (1934), в которой обсуждаются изменения энтропии в циклической модели Вселенной.

Георгий Гамов (1904–1968) – физик и астроном, родившийся в России. Вместе с учениками выдвинул концепцию горячей циклической Вселенной и правильно предсказал наличие и уровень реликтового излучения.

Арно Пензиас (р. 1933) – американский астроном и сотрудник компании Белл, открывший реликтовое излучение в 1965 году и получивший за это Нобелевскую премию по физике за 1978 год.

Роберт Вильсон (р. 1936) – американский астроном и сотрудник компании Белл, открывший реликтовое излучение вместе с Пензиасом и разделивший с ним Нобелевскую премию (1978).

Роберт Дикке (1916–1997) – американский астроном и разработчик астрономических приборов. Член Национальной академии США.

Стивен Вайнберг (р. 1933) – американский физик и астроном. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1979 год за работы по объединению электромагнитного и слабого взаимодействия.

Карл Поппер (1902–1994) – философ и социолог. Родился в Австрии, работал в Новой Зеландии и Англии. Один из самых влиятельных философов науки в XX веке. Рыцарь, член Лондонского королевского общества.

Сказка о тёмной материи тёмного космоса

Если человек живёт в большом городе, небосклон которого загромождён высокими зданиями, а вечера утопают в электрических огнях, то он редко видит звёзды и не интересуется ими. Поэтому так много астрономов вышло из пустынь, степей и прерий, великолепное звёздное небо которых пробирает даже самые чёрствые души. Жителям приморских городов тоже повезло: там морской горизонт ничем не загорожен и смыкается с космической бездной, от которой легко кружится юная голова.

В самом начале двадцатого века на берегу синего-синего моря, которое люди почему-то называют Чёрным, жил маленький мальчик. Он слышал вокруг болгарскую речь, потому что приморский городок был болгарским, чешскую – ведь его мать была чешкой, и немецкую – от отца, богатого швейцарского бизнесмена. Многоголосый мир, тёплое шумное море и холодные загадочные звёзды, весёлая мать и рассудительный отец, который ценил честность коммерсанта, – эмоциональное и рациональное слились в юном Фрице Цвикки в удивительный сплав, определивший его яркую жизнь и колоритный характер.

В шесть лет мальчика отправили для обучения коммерческому делу в небольшой швейцарский городок, к бабушке и дедушке. Но мальчик был уже очарован звёздами, он не уставал любоваться ими, когда они поднимались над швейцарскими заснеженными вершинами. Поэтому он решил изучать не коммерцию, а физику и математику – сначала в школе, а потом в Цюрихском политехническом институте – том самом, где учился сам Альберт Эйнштейн.

Мальчик вырос и превратился в молодого способного учёного. В 1925 году он получил стипендию и уехал в Америку, в Калифорнию, где располагался быстро растущий Калифорнийский технологический институт и обсерватории, Маунт-Вилсоновская и Паломарская. Здесь можно было увидеть звёздное небо так близко, как удавалось немногим из землян.

За следующие двенадцать лет Фриц Цвикки получил множество научных результатов, что поставило его в ряд величайших астрономов XX века. Но почти в каждом своём открытии он настолько опережал своё время, что коллеги категорически его не понимали. Поэтому Фриц Цвикки жил в состоянии острого конфликта с научным сообществом. Как вспоминал один из очевидцев, «окружающие видели в нём сумасшедшего, а он их считал глупцами». В результате у Цвикки, который нисколько не скрывал своего мнения о коллегах, возникли проблемы с публикациями трудов, с признанием его приоритета и с получением наблюдательного времени на крупнейших телескопах с диаметром в 2,5 и 5 метров.

Важнейшим открытием Фрица Цвикки является объяснение в 1934 году (вместе с Вальтером Бааде) механизма взрыва сверхновых звёзд. Цвикки и Бааде предположили, что ядро массивной звезды сжимается в плотный нейтронный шар размером в десяток километров. При этом выделяется столько энергии, что внешняя оболочка звезды разлетается в разные стороны, выпуская наружу мощное световое излучение, которое можно заметить на расстоянии даже миллиардов световых лет. Сверхновые рождают не только яркий свет, но и космические лучи, а на месте их взрыва остаётся маленькая нейтронная звезда. Спустя тридцать три года предсказание Цвикки и Бааде о существовании нейтронных звёзд смогла подтвердить Джоселин Белл, открывшая в 1967 году пульсары, которые представляют собой нейтронные звёзды с сильным магнитным полем.

Астроном Цвикки нашёл в небе 129 сверхновых звёзд, установив этим рекорд. Телескопы, снабжённые компьютерами, довели к концу двадцатого века число открытых сверхновых до многих тысяч. Четыре Нобелевские премии по физике были присуждены за работы, связанные с нейтронными звёздами и сверхновыми. Более четверти миллиона научных статей опубликовано о сверхновых, название которым придумали Цвикки и Бааде. Знаменитый физик Кип Торн назвал статью Цвикки – Бааде 1934 года о сверхновых, нейтронных звёздах и космических лучах «одним из самых пророческих документов в

истории физики и астрономии».

В 1937 году Цвикки высказал идею о гравитационном линзировании на скоплениях галактик.

– Что это такое? – поинтересовалась Галатея.

– Эйнштейн предсказал, что свет звезды искривляется в гравитационном поле Солнца. Астрономы стали интересоваться: а можно ли заметить искривление звёздного света в поле другой звезды? Но расчёты показали, что это очень маловероятно из-за маленького углового размера звёзд. Цвикки, зная, что скопления галактик имеют гораздо больший размер, предположил, что свет далёких объектов может искривляться на таких скоплениях.

Увы, Цвикки умер за несколько лет до подтверждения этого эффекта в 1979 году. Сейчас гравитационное линзирование на скоплениях галактик является одним из самых мощных современных методов исследования Вселенной.

Но самым интригующим открытием Цвикки стало доказательство существования тёмной материи. В 1933 году он опубликовал исследование скоростей галактик в Скоплении Волос Вероники. Зная скорости движения отдельных галактик, он вычислил массу всего скопления.

– А как он это сделал? – спросила неугомонная Галатея.

– Каждый мальчик, бросая камень вверх, или лучше – в колодец, чтобы случайно ни в кого не попасть, может вычислить массу Земли, измерив время падения камня.

Андрей сказал:

– Я не знаю ни одного мальчишки, который бы замерял время полёта камня. Они их просто бросают – и всё.

– Да, поэтому мало кто из них становится учёным. Вычислив общую массу галактического скопления Комы, Цвикки оценил её вторым способом: подсчитав количество галактик в скоплении и умножив его на типичную массу галактики. Оказалось, что суммарная масса видимых галактик в сотни раз меньше, чем масса скопления, полученная из вычислений, основанных на скоростях движения галактик. Значит, основная масса вещества в Скоплении Волос Вероники является невидимой для наблюдателя? Но что она собой представляет?

До Цвикки такие астрономы, как Джеймс Джинс, Якобус Каптейн и Ян Оорт, изучали возможность наличия в нашей Галактике тёмной материи. Но только после убедительных работ Цвикки существование невидимой составляющей космоса можно было считать доказанным.

Фриц Цвикки опубликовал за свою жизнь десять книг, включая семитомный каталог галактик, написал триста статей и получил пятьдесят патентов на реактивные двигатели. За инженерные работы президент США вручил Цвикки медаль.

В честь Фрица Цвикки назван астероид 1803 и крупный лунный кратер. В отличие от своих соседей, кратер Цвикки оказался не круглым, а многоугольным. Да, Фриц Цвикки был воистину необычным человеком.

Подтвердить существование феномена тёмной материи и привлечь к нему всеобщее внимание смогла маленькая девочка Вера, которой в 1933 году было всего пять лет. Пятилетние дети – самые честные учёные. Их любопытство к явлениям природы не замутнено карьерными соображениями, индексами цитирования и прошениями о финансовых грантах.

Маленькая девочка Вера, с одной стороны, была необыкновенной девочкой, потому что она часто задавала очень интересные вопросы; с другой стороны – она была вполне обычной девочкой, потому что ведь никто не запрещает обычным девочкам и мальчикам задавать интересные вопросы – и тем самым стать необыкновенными. Но интересные вопросы задавать совсем не легко: для этого нужно держать глаза всё время открытыми – когда не спишь, конечно, – и удивлёнными.

Едет маленькая девочка Вера на заднем сиденье автомобиля своих родителей, смотрит в окно и задает такой вопрос:

– Почему луна летит туда же, куда мы едем? Деревья и холмы летят назад, а луна движется вместе с нами. Откуда луна знает, что мы едем из Филадельфии в наш дом?

Это был такой отличный вопрос, что девочка Вера навсегда запомнила удовольствие от него, хотя и не запомнила, что ей ответили родители. И она решила, что вопросы всегда интереснее ответов, и что ей повезло – она живёт в любопытнейшем из миров.

– Мы тоже в нём живём и тоже знаем, какой он интересный! – ревниво сказала Галатея.

– Когда повзрослевшей десятилетней Вере не спалось, она не занималась глупым счётом баранов, а следила в окошко своей крохотной спальни за движением звёзд по северному небосклону. Они двигались хороводом вокруг Полярной звезды, а та важно и неподвижно висела на небе как приклеенная, чувствуя себя центром вращения мира. Девочка лежала, смотрела на движущиеся звёзды и мечтала узнать об их тайнах побольше.

Детские мечты сбываются нечасто, но в данном случае случилось удивительное: девочка Вера выросла и стала изучать именно движение звёзд – правда, не вокруг Полярной звезды, ведь это кажущееся движение, вызванное вращением Земли вокруг своей оси. Вера Рубин стала изучать движение звёзд вокруг центров галактик. Она стала опытным расшифровщиком звёздных спектров.

Научным руководителем диссертации Веры Рубин стал российский иммигрант Георгий Гамов. Родители Веры тоже были иммигрантами из бывшей Российской империи: мать из Бессарабии или Молдовы, отец – из Литвы.

В середине 1960-х годов Вера Рубин стала первой женщиной, которую пригласили в Паломарскую обсерваторию, чтобы вести наблюдения на её телескопах.

– Как это первой? – не поняла Галатея.

– До 70-х годов XX века наблюдения на крупных телескопах в Калифорнии, да и в других обсерваториях, велись только мужчинами. Разрушение этой возмутительной традиции началось с Веры Рубин. Она вместе со своим соавтором Кентом Фордом внимательно изучила вопрос о движении звёзд вокруг галактических центров. Эта тема была важной, но не сулила каких-то сенсаций – может, именно поэтому Вера за неё взялась. Она признавалась, что не любит проблем, где наблюдатели теснятся, как в переполненном вагоне. Но результаты, которые она получила, оказались сенсационными – звёзды, вместо того чтобы двигаться согласно закону Кеплера, то есть уменьшать скорость с увеличением расстояния до галактического центра, двигались примерно с одинаковой скоростью на самых различных расстояниях. Словно каждую галактику обнимало массивное облако тёмной материи, которое весило гораздо больше звёздного диска галактик и заставляло звёзды двигаться гораздо быстрее, чем им вроде бы полагалось, исходя из суммарной массы всех звёзд.

Когда учёные убедились в справедливости результатов Рубин – Форда, начались интенсивные наблюдательные и теоретические исследования природы этой тёмной материи. Что это такое?

Логично было предположить, что астрономы пропустили в космосе какие-то невидимые объекты: например, такие звёзды, как коричневые карлики: размером с Юпитер, но массой в десятки раз больше, чем у него. Действительно, совместными усилиями астрономов и космических телескопов таких звёзд было открыто огромное количество – они оказались самой многочисленной звёздной компонентой нашего Млечного Пути. Но их масса недостаточна для нужного увеличения массы нашей Галактики. Важным открытием стало обнаружение межгалактических холодных облаков, состоящих из водорода и гелия, – они имеют температуру около нуля градуса в Кельвинах и очень прозрачны, поэтому свет звёзд легко сквозь них проходит. Лишь спектральные линии, которые межгалактический водород выгрызает в звёздных спектрах, выдаёт такие невидимые облака. Их масса в скоплениях галактик оказалась в десять раз больше, чем масса всех звёзд. Но этого всё равно было недостаточно, чтобы объяснить результат Цвикки по скоплениям галактик. Может, тёмная материя состоит из крошечных – в несколько километров, – но очень массивных объектов, таких как нейтронные звёзды и чёрные дыры звёздных масс? Астрономы

разработали специальную наблюдательную программу для поиска таких объектов, но после многолетних наблюдений установили, что таких объектов звёздных масс слишком мало для объяснения загадки «тёмной материи».

Может быть, «тёмная материя» состоит из элементарных частиц, которых очень много, но они не регистрируются, потому что слабо взаимодействуют с веществом?

Очень перспективным кандидатом на роль «тёмной материи» казались нейтрино – крошечные частицы, предсказанные Вольфгангом Паули в 1930 году и открытые четверть века спустя. Нейтрино вокруг нас очень много, например, через человеческий глаз каждую секунду пролетают сотни миллиардов нейтрино, рождённых на Солнце...

– Кыш, кыш! – Галатея замахала рукой перед лицом, отгоняя вездесущие нейтрино.

– Они так слабо взаимодействуют с веществом, что легко пролетают и человека, и Землю насквозь, как свет сквозь самое прозрачное стекло. Но масса нейтрино оказалась такой крошечной, что стало ясно: сильно повлиять на массу Вселенной эта элементарная частица не в состоянии. Более того, когда учёные попробовали рассчитать, какими скоростями должны обладать частицы тёмной материи, чтобы с их помощью можно было объяснить наблюдаемое вращение и структуру галактики, то оказалось, что они должны двигаться медленно, то есть тёмная материя должна быть «холодной». «Горячие» нейтрино, которые движутся почти со скоростью света, на роль такой «холодной» тёмной материи никак не годились.

Физики назвали гипотетические неуловимые частицы тёмной материи Слабо Взаимодействующими Массивными Частицами и стали искать её повсюду. Они проводили эксперименты на Большом Адронном Коллайдере в Европе, они запускали детекторы частиц на воздушных шарах над Антарктидой. В разных странах было организовано около десятка подземных лабораторий, которые спускали многотонные детекторы в шахты на глубины до двух километров, в надежде зарегистрировать там загадочные частицы. Но ничего не получалось. Детекторы частиц тёмной материи стали выводить в космос – как на отдельных спутниках, так и в качестве приборов на Международной космической станции, где для поиска частиц тёмной материи установлено бочкообразное устройство стоимостью два миллиарда долларов.

– Ну и поймала такая бочка эти частицы? – нетерпеливо спросила Галатея.

– Нет, – покачала головой Дзинтара, – частицы тёмной материи всё ещё остаются неуловимыми. Поэтому возникла собравшая немало сторонников идея, что надо изменить законы гравитации, которые действуют на масштабах галактики и всей Вселенной. Это позволит обойтись без тёмной материи, но цена такого решения будет велика: придётся отказаться от проверенной и красивой теории Эйнштейна – Ньютона.

В 2015 году детектор гравитационных волн ЛИГО поймал первую в истории гравитационную волну от слияния двух чёрных дыр с массой в 29 и 36 масс Солнца. Этот результат поразил учёных: оказывается, в космосе существует большое количество чёрных дыр, гораздо более тяжёлых, чем обычные дыры звёздных масс! Сразу возникло предположение, что тёмная материя – это большое количество чёрных дыр в десятки масс Солнца. Но откуда взялись такие массивные чёрные дыры, ведь обычные модели звёздной эволюции их не предсказывают? Появилась смелая гипотеза, что эти чёрные дыры пришли к нам из предыдущего цикла Вселенной, потому что чёрные дыры – это единственные макроскопические объекты, которые могут пережить коллапс мира и, пройдя через огненную фазу максимально сжатой Вселенной, попасть в следующий цикл её жизни.

Итак, «тёмная материя» (а её, по последним данным, в пять-шесть раз больше, чем обычного газа и звёзд) всё ещё остаётся загадкой, которую предстоит решить учёным будущего. Чёрные ли это дыры? Элементарные ли это частицы? Несомненно, к середине XXI века эта загадка будет разгадана.

Вера Рубин почти всю жизнь проработала в небольшом частном институте Карнеги, расположенном в парковой зоне американской столицы, и была независимым исследователем. Её работы часто встречали непонимание астрономического сообщества, но

в конце XX века тёмная материя, которую в 1933 году Фриц Цвикки нашёл в скоплениях галактик, а Вера Рубин и Кент Форд в 1970-х обнаружили внутри отдельных галактик, превратилась в объект активнейших исследований. В начале XXI века уже тысячи учёных изучали проблему тёмной материи. Но ни Фриц Цвикки, обнаруживший тёмную материю в скоплениях галактик, ни Вера Рубин, которая открыла её внутри галактик, не получили Нобелевской премии.

Это вызывало негодование многих, но сама исследовательница не вмешивалась в эти споры. Она скромно говорила: «Мне жаль, что я так мало знаю. Извините, мы все так мало знаем. Но в этом же и состоит всё удовольствие, не так ли?»

Кроме научных результатов, Вера Рубин воспитала четверых детей – они все стали учёными и защитили диссертации в области естественных наук.

– Почему они все выбрали науку своей профессией? – удивилась Галатея.

– Их отец был физиком, мать – астрономом, которая получала столько удовольствия от своей работы, что десятилетний сын как-то спросил удивлённо: «Мама, тебе за твою работу ещё и деньги платят?»

Вера Рубин не только изучала загадки, перед которыми стояла современная ей наука, но и раздумывала над проблемами будущего.

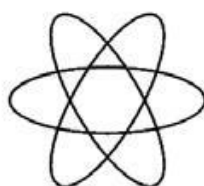
«Какие задачи станут решать астрономы будущего? Какими вопросами будут задаваться астрономы Вселенной через сто лет? Через тысячу лет? Легко перечислить нерешённые вопросы настоящего времени. Каков возраст Вселенной? Какова скорость расширения Вселенной? Какова масса Вселенной? Что такое тёмная материя? Достаточно ли её гравитационного притяжения, чтобы остановить расширение Вселенной и заставить её сжиматься? Есть ли у ближайших звёзд планеты, на которых зародилась жизнь и разум? Достаточно ли они близки к нам, чтобы мы могли установить с ними связь в обозримом времени?»

Но есть ещё проблемы, о которых мы знаем так мало, что с трудом можем сформулировать нужные вопросы. Вот очень приблизительный их список: существуют ли другие вселенные? Будем ли мы когда-нибудь общаться с ними? Как изменится наше представление о Вселенной при обнаружении гравитонов? Когда мы вглядываемся во Вселенную, мы смотрим в наше прошлое, но наши „глаза“ слабы, и мы ещё не можем проникнуть взглядом на большие расстояния. Загадки края вселенной превосходят наше понимание. Как Колумбы или викинги, мы заглянули в новый мир и увидели, что он более загадочен и сложнее, чем мы себе представляли. Самые большие загадки Вселенной остаются нерешёнными. Они станут приключениями для учёных будущего. Мне это нравится».



Вера Рубин сказала, обращаясь к молодёжи: «Для тех из вас, кто хочет быть учёным, у меня есть один совет. Не сдавайтесь! Наука трудна и требовательна, но каждый из вас должен верить в то, что вы можете добиться успеха. Сегодня может показаться невероятным, но среди вас нет никого, кто не мог бы внести важный, значительный вклад в мир науки. Наука ревнива, агрессивна, требовательна. Но она также великолепна, вдохновляет и окрыляет. Каждый из вас может изменить мир, потому что вы состоите из звёздного вещества и связаны со Вселенной».

Примечания для любопытных



Фриц Цвикки (1898–1974) – знаменитый швейцарский астроном, родившийся в Варне

(Болгария) и почти всю жизнь проработавший в Калифорнии (США). Атеист. Открыл тёмную материю в скоплениях галактик, ввёл вместе с В. Бааде понятие «сверхновой», как взрыва, который превращает обычную звезду в нейтронную. Предсказал гравитационное линзирование галактик друг на друге. Получил в 1949 году за работы в области разработки реактивных двигателей Президентскую модель свободы от американского президента Трумэна. В 1972 году получил золотую медаль Королевского астрономического общества за выдающийся вклад в астрономию и космологию. В честь Цвикки назван астероид номер 1803 и лунный кратер размером в 150 км.

Калифорнийский технологический институт – знаменитый университет в Южной Калифорнии, основанный на частные пожертвования в 1891 году. В его состав входит Паломарская обсерватория, обладающая пятиметровым телескопом, и Лаборатория реактивного движения, которая работает на НАСА. В Калтехе учится всего 2200 студентов и аспирантов. Выпускники и сотрудники Калтеха получили тридцать семь Нобелевских премий.

Вальтер Бааде (1893–1960) – известный немецкий астроном, работавший в 1931–1959 годах в США. Вместе с Ф. Цвикки определил сверхновые звёзды как новую категорию астрономических объектов и предсказал появление нейтронных звёзд на месте взрыва сверхновых. Открыл десять астероидов. Астероид номер 1501 и лунный кратер названы в честь Бааде.

Вольфганг Паули (1900–1958) – физик-теоретик, один из основателей квантовой теории. Лауреат Нобелевской премии по физике (1945).

Кип Торн (р. 1940) – известный американский физик-гравитационист, соавтор классической монографии по теории Эйнштейна и космологии. Один из лидеров проекта ЛИГО, в результате которого открыты гравитационные волны. Лауреат премий Грубера, Шау, Харвея и Кавли (2016). Лауреат Нобелевской премии (2017).

Джоселин Белл (р. 1943) – знаменитая британская женщина-астроном, открывшая в 1967 году пульсары, будучи юной аспиранткой. Не получила за это открытие Нобелевской премии, хотя её научный руководитель получил. Награждена Королевской медалью (2015 год) и другими научными наградами.

Вера Рубин (1928–2016) – знаменитая американская женщина-астроном, которая открыла, что звёзды в галактиках, включая Млечный Путь, движутся быстрее, чем позволяет притяжение видимой материи, – так, словно в галактиках содержится большое количество невидимого вещества. В начале XXI века на эту тему публиковалось полторы тысячи научных статей в год. Вера Рубин получила за свои работы множество наград, включая золотую медаль Королевского астрономического общества (1996) и премию Грубера по космологии (2002).

Закон Кеплера – закон, сформулированный Иоганном Кеплером (1571–1630), согласно которому, скорость обращения планет падает с ростом расстояния от Солнца. Увеличение расстояния в четыре раза вызывает уменьшение скорости обращения в два раза.

Сложная сказка о простых частицах

Королева Никки приехала в гости и присоединилась к детям, которые слушали традиционную вечернюю сказку, что читала их мать, Дзинтара.

– Из чего состоят наши тела, вода, камни, деревья и всё в природе, что нас окружает? Этим вопросом задавались ещё древние греки. Грек Демокрит был младшим сыном в богатой семье. Он взял свою долю наследства деньгами и отправился путешествовать. Он объездил многие страны и города, включая Египет, где жили и работали самые выдающиеся математики и учёные Средиземноморья. Он был равнодушен к славе и был всегда весёлым, за что получил прозвище «смеющийся философ». Демокрит стал учеником Левкиппа, и после долгих бесед и споров они пришли к выводу, что все тела нашего мира состоят из мельчайших неделимых частиц – атомов. Они цепляются друг за друга специальными крючками и образуют разные предметы. Между атомами лежит пустота.

Диоген Лаэртский, греческий историк, так описывал мировоззрение Демокрита: «Начала Вселенной суть атомы и пустота, всё остальное лишь считается существующим. Миры бесконечны и подвержены возникновению и разрушению. Ничто не возникает из несуществующего, и ничто не разрушается в несуществующее. Атомы тоже бесконечны по величине и количеству, они вихрем несутся по Вселенной и этим порождают всё сложное – огонь, воду, воздух, землю, ибо все они суть соединения каких-то атомов, которые не подвержены воздействиям и неизменны в силу своей твёрдости. Солнце и луна состоят из таких же телец, гладких и круглых, точно так же и душа; а душа и ум – одно и то же».

– Мне кажется, что моя душа отличается от души Андрея, – сказала Галатея, – Моя душа состоит из зелёных кругленьких телец, а его – склеена из коричневых квадратных частиц.

– Из кубических, – поправил педантичный Андрей младшую сестру.

– Именно это я и имею в виду! – хихикнула Галатея.

– Теория Левкиппа и Демокрита вызвала резкую критику. Афины, тогдашний центр европейской научной мысли, не признали этого учения. Платон высказался за то, что все книги Демокрита надо сжечь. Действительно, ни одной из его книг до нас не дошло, история сохранила лишь отдельные его высказывания. Ещё один титан античности, Аристотель, считал, что ветер, огонь, вода и земля являются непрерывными субстанциями, поэтому существование пустоты между атомами Демокрита противоречит законам природы. Даже спустя тысячи лет, в Средние века, церковь категорически отрицала учение, по которому всё в мире состоит из атомов, и жестоко преследовала сторонников атомизма, считая их еретиками.

История показала, что Демокрит был прав. Учение об атомах стало основой современного научного мировоззрения. По лестнице размеров астрономы идут вверх, в макромир, а физики и химики – вниз, в микромир, но куда бы мы не пришли, мы имеем дело с атомами. Но являются ли атомы простейшими и неделимыми элементами мира? Нет, атомы оказались далеко не такими круглыми и гладкими, как думал Демокрит. Учёные выяснили, что атомы сами состоят из более простых частиц, которые стали называть элементарными. Первой элементарной частицей стал отрицательно заряженный электрон, открытый Дж. Томсоном в 1897 году. Через двадцать с лишним лет Резерфорд и другие физики доказали существование ещё одной элементарной частицы – положительно заряженного массивного протона.

В начале XX века был период, когда, как казалось физикам, мечта человека о познании мельчайших неделимых частиц мира осуществилась. Трёх сортов стабильных частиц – электронов, протонов и фотонов – хватало для объяснения светового электромагнитного излучения от атомов и для построения самих атомов, положительно заряженные ядра которых состояли, по тогдашним воззрениям, из неравной смеси протонов и электронов, а оболочки – из отрицательно заряженных электронов. Значит, именно эти три частицы являются теми простейшими кирпичиками, из которых построен наш мир? Но модель атомного ядра, состоящего из протонов и электронов, вызвала сомнения. Резерфорд и другие физики подозревали, что в ядре существует нейтрон – нейтральная частица, которая прибавляет ядру массу, не добавляя заряд. Именно количеством нейтронов в ядре и отличаются друг от друга изотопы одного и того же химического элемента. В 1932 году нейтрон был открыт Чедвиком. Казалось, что можно вздохнуть с облегчением: мир атомов прекрасно строился из протонов, нейтронов и электронов. Добавить сюда фотоны – и получится, что для построения Вселенной достаточно всего четырёх сортов частиц, из которых только нейтрон был нестабильным и имел время жизни на свободе около четырнадцати минут, хотя внутри ядра он сохранял устойчивость и жил неограниченно долго.

Но была одна проблема: при бета-распаде нестабильных ядер оттуда вылетали электроны. Когда учёные подсчитали энергетический баланс этой реакции, то обнаружили, что энергия системы до распада и после различается, словно закон сохранения энергии не выполняется. Вольфганг Паули в 1930 году выдвинул идею нейтрино – лёгкой нейтральной частицы, которая уносит часть энергии бета-распада. С учётом нейтрино, которое было очень трудно обнаружить, закон сохранения удавалось спасти.

– Значит, для построения мира нужно было пять частиц? – уточнила Галатея.

– Для ядерных сил, скрепляющих атомное ядро, японец Юкава в 1934 году предложил модель, в основе которой лежит новая и нестабильная элементарная частица пимезон.

– Шесть частиц? – Галатея стала загибать пальцы на второй руке.

– В 1936 году нашли частицу, которую приняли за мезон Юкавы. Но это оказался мюон, совсем не та частица, которая ожидалась. Как сказал профессор Исидор Раби, когда был открыт мюон: «Кто заказал это?» Пимезон Юкавы был открыт в 1947 году.

– Уже семь частиц! – продолжила счёт девочка.

– Модель элементарных частиц затрещала по швам. В том же году были открыты две новые элементарные частицы – К-мезон и лямбда-гиперон. В 1955 году был открыт антипротон, в 1956 году – нейтрино, предсказанное Паули. Элементарные частицы посыпались, как горох из разорвавшегося мешка.

– Ой! – Галатея посмотрела на свои загнутые пальцы: её персональный компьютер исчерпал память.

– К ним пришлось добавить античастицы, которых, согласно уравнению Дирака, было ровно столько же, сколько обычных частиц. Элементарных частиц открывалось по несколько штук в год, и за несколько десятков лет учёные нашли сотни таких частиц. Целый зоопарк в микромире: даже нейтрино оказалось не одного, а трёх сортов – электронное, мюонное и тау-нейтрино. Стало понятно, что привычные «элементарные частицы» не могут претендовать на звание «элементарных», тем более что они крайне нестабильны и никак не походят на неизменные атомы Демокрита. Значит, они сами построены из более простых и неделимых частичек? Начались интенсивные поиски по-настоящему элементарных частиц. Но пусть лучше об этом расскажет известный физик Ричард Фейнман, или, вернее, его дух, который живёт в моём домашнем компьютере.

Динамики компьютера вдруг ожили, и дух Фейнмана сказал:

– Число частиц в мире не ограничено и зависит от энергии, потраченной на разрушение ядра. В настоящее время открыто более четырёхсот таких частиц. Мы не можем смириться с тем, что существуют четыре сотни элементарных частиц – это слишком сложно! Природа продолжает нагромождать эти частицы как бы с целью нас одурманить. Если 99 % явлений в мире можно объяснить при помощи электронов и фотонов, то оставшийся 1 % явлений потребует в десять или двадцать раз больше дополнительных частиц.

– И что же делать? – спросила Галатея.

– Думать! – рявкнули динамики голосом Фейнмана. – Великие изобретатели вроде Гелл-Манна чуть с ума не посходили, пытаясь вывести правила, которым подчиняются эти частицы, и в начале 70-х годов XX века создали теорию сильных взаимодействий (или «квантовую хромодинамику»), в которой основными действующими лицами являются частицы, получившие название «кварки». Все частицы, состоящие из кварков, разделяются на два класса: одни частицы, например протоны и нейтроны, состоят из трёх кварков (такие частицы получили ужасное название «барионы»), другие – например пион – состоят из кварка и антикварка (они называются «мезонами»), Дзинтара снова взяла нить повествования в свои руки.

– Физики любят исследовать элементарные частицы, сталкивая их лбами. Разгоняют частицы на ускорителях, и – бабах! – только искры из глаз у частиц сыплются. Физики изучают эти искры и траектории заплаканных частиц, разлетающихся после соударения, и узнают о строении частиц много нового.

– Ужас! – сказала Галатея. – Надо организовать союз защиты элементарных частиц.

– Таким способом Эрнст Резерфорд исследовал строение атома: облучил атомы положительно заряженными альфа-частицами и обнаружил, что альфа-частицы иногда сильно отклоняются при рассеянии на атомах. Это возможно, только если атом является не рыхлой крупной структурой, как думал Томсон, а содержит в себе крошечное и плотное ядро с положительным зарядом. Так Резерфорд доказал, что в атоме есть ядро с размером в десять тысяч раз меньше, чем сам атом.

Аналогичное открытие сделали физики более полувека спустя. Они по рассеянию протонов друг на друге нашли, что протон не представляет собой однородный шар – в нём прячутся маленькие и плотные части, которые позже стали называть кварками и глюонами.

Химик Менделеев проанализировал свойства химических элементов и нашёл в них закономерности, которые привели к открытию Периодического закона. На основании этого закона Менделеев предсказал существование ещё не открытых химических элементов и даже заранее вычислил их массу и другие характеристики.

Аналогично поступили и физики: они изучили свойства всех известных элементарных частиц и нашли, что их можно разделить на три группы: лептоны, кварки и кванты полей.

Исходя из этой классификации, шотландец Хиггс, бельгиец Энглерт и другие физики создали теорию элементарных частиц и предсказали открытие нескольких ранее неизвестных частиц, в частности бозон Хиггса. Для этих неоткрытых частиц удалось вычислить массу и другие характеристики. Несколько десятилетий экспериментаторы, работающие на ускорителях, искали эти частицы – и нашли абсолютно все, включая бозон Хиггса, который журналисты любят называть «частицей бога» – настолько фундаментальной во всех смыслах оказалась эта частица.

– Звучит как-то двусмысленно, – сказал Андрей, – Словно бог состоит только из бозонов Хиггса.

– Термин «божья частица» появился в заголовке книги нобелевского лауреата Леона Ледермана. Он сначала хотел назвать бозон Хиггса «чёртовой частицей», но редактор книги не согласился – и «чёртову» частицу переделали в «божью», тем более что в английском языке для этого просто нужно отрезать вторую половину слова.

– Как тонка оказалась грань между чёрным и белым! – хихикнула по-детски королева Никки, слушавшая сказку с таким же вниманием, как и дети.

– Эксперименты, полностью подтвердившие теорию кварков, сделали её Стандартной для элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий. В 2013 году за эту теорию Питеру Хиггсу и Франсуа Энглерту была присуждена Нобелевская премия.

Что говорит Стандартная теория об основных группах элементарных частиц?

Самым известным представителем группы лептонов является электрон. Два других лептона – мюон и частица тау – похожи по свойствам на электрон, только гораздо тяжелее его и нестабильны. Мюон тяжелее электрона в 207 раз, и живёт он всего две миллионных доли секунды.

– Так мало? – удивилась Галатея.

– Так много! – возразила Дзинтара. – Другие нестабильные элементарные частицы живут гораздо меньше. Среди нестабильных частиц дольше мюона живёт только свободный нейтрон. Мюоны рождаются при столкновении космических лучей с атмосферой, но за счёт своей длинной жизни, которая дополнительно продлевается из-за скорости частицы...

– Согласно теории относительности Эйнштейна, – отметил педантичный Андрей, состоящий частично из коричневых кубиков.

– ...мюоны могут достигать поверхности Земли. То есть мы все живём в потоке мюонов, летящих сверху. Исследователи пробуют использовать этот поток для просвечивания египетских пирамид и поиска там пустот, в которых могут размещаться гробницы фараонов.

– Да, это лучше, чем лопатой махать! – согласилась Галатея.

– Частица тау живёт в миллионы раз меньше, чем мюон, зато тяжелее электрона в три с половиной тысячи раз. Этим трём лептонам соответствуют три вида нейтрино. Все они стабильны. Нестабильный мюон любит распадаться на электрон и два вида нейтрино – мюонное и электронное, а частица тау может распасться на мюон, мюонное нейтрино и тау-нейтрино. Группа из шести лептонов дополняется шестью соответствующими античастицами.



Вторая группа элементарных частиц, самая загадочная – кварки. Это те самые внутренние уплотнения, найденные в протоне.

– Найденные в результате жестокого обращения с элементарными частицами, – отметила Галатея.

– В свободном состоянии никто кварки не наблюдал, они могут существовать только связанными друг с другом.

– Какая дружба! – снова не удержалась от комментария Галатея.

– Как и лептонов, кварков тоже шесть плюс столько же антикварков. Шесть кварков называют так: «нижний», «верхний», «прелестный», «очарованный», «странный» и «истинный». Самый лёгкий – «верхний кварк», всего лишь в несколько раз превосходит электрон по массе, зато самый тяжёлый – «истинный кварк» – в сотни тысяч раз тяжелее электрона.

– «Истинный» и «очарованный»! – восхищённо повторила Галатея, – Я уверена, что состою только из самых прелестных кварков!

– Соединения кварков называются адронами. Адронов очень много, но самые известные из них – протон и нейтрон, каждый из которых состоит из трёх кварков. Мезоны – это тоже адроны, возникшие при соединении двух кварков, но могут существовать адроны из четырёх и пяти кварков. Если принять заряд электрона за единицу, то все кварки имеют электрические заряды $1/3$ и $2/3$, только разного знака. Так как в природе не наблюдается элементарных частиц с таким дробным зарядом, то кварки должны соединяться таким образом, чтобы итоговая частица имела целый заряд (как у электрона) или была нейтральна.

– Какая избирательная у них дружба... – задумалась Галатея. – Значит, два кварка с электрическим зарядом в $2/3$ никогда не смогут соединиться? Как это грустно! Вдруг они нравятся друг другу?

– В многочисленных столкновениях частиц в ускорителях рождается множество новых частичек, и некоторые из них являются просто возбуждённым состоянием какого-нибудь адрона, например протона. Но какие бы экзотические частицы не возникали, электрический заряд всегда сохраняется: суммарный заряд множества частиц, возникших при соударении, точно равен заряду частиц, которые столкнулись. Это правило называется законом сохранения электрического заряда. Кроме электрического заряда, кварки имеют такую характеристику, как «цвет» – «красный», «зелёный» и «синий», – и тоже подчиняются своеобразным законам сохранения: например, протоны и нейтроны – это бесцветные частицы, которые должны быть образованы кварками трёх разных цветов, которые в сумме дают белый цвет.

– Неправильно, я наверняка состою из цветных протонов, – хмыкнула Галатея.

– Очень интересным классом элементарных частиц оказались кванты поля. Один из них – фотон, отвечающий за электромагнитные взаимодействия, хорошо изучен. Но во Вселенной известно четыре фундаментальных взаимодействия. Учёные очень давно пытались объединить их. Например, Эйнштейн всю вторую половину своей жизни стремился слить гравитацию и электромагнитные взаимодействия в рамках единой теории, но ему это не удалось. А ведь он ещё не трогал ядерные и слабые взаимодействия! Современные физики пошли иным путём, оставив в сторону гравитацию и пытаясь объединить три других взаимодействия. Этот путь оказался успешнее: в 1967 году Стивену Вайнбергу, Шелдону Глэшоу и Абдус Саламу удалось объединить электрические и слабые взаимодействия. Эта теория получила общее признание, когда все элементарные частицы, предсказанные ею, были открыты. В 1973 году в единую теорию были включены сильные взаимодействия. Эта единая теория трёх фундаментальных взаимодействий и стала основой Стандартной теории, согласно которой переносчиками слабого взаимодействия стали бозоны трёх типов, а за сильное взаимодействие стали отвечать глюоны – восемь нейтральных частиц, не имеющих массы, что сближает их с фотонами.

– Значит, можно создать глюонный фонарик? – спросила Галатея.

Дзинтара задумалась:

– Ну, кварк-глюонные струи удастся получить, но вот насчёт фонарика – не знаю...

– Итак, – сказал Андрей, – у нас есть следующее число «атомов» Демокрита: двенадцать лептонов, двенадцать кварков и двенадцать квантов?

– Нет, добавь сюда ещё и бозон Хиггса, тяжёлую частицу, которая играет важную роль в образовании частиц, в частности отвечает за появление массы у бозонов. Хиггс придумал поле, которое действует на бозоны, как вода на плавающие на ней пушинки одуванчика: без воды невесомые пушинки беззаботно летят в любом направлении, а при взаимодействии с водой становятся медленными, инертными. А бозон Хиггса – это волна на поверхности поля Хиггса. Его масса была вычислена из сложных уравнений, и именно такая частица была найдена в 2012 году при экспериментах на Большом Адронном Коллайдере. Это стало завершающим штрихом в подтверждении Стандартной теории. Она доказала, что в мире существует Квантовая Лестница, которая описывает три уровня энергии: атомный, ядерный и кварковый.

– Что это за лестница? – полюбопытствовала Галатея.

– Вы знаете про квантовые уровни в атоме – они дают разный цвет фотонам, вылетающим из атома, и связаны с перестройкой его электронных оболочек.

Внутри ядра атома тоже есть своя структура квантовых уровней, которые экспериментаторы изучают по дискретной энергии вылетающих из ядра электронов при ядерных превращениях.

Оказалось, что в таких элементарных частицах, как протоны и нейтроны, тоже существуют квантовые уровни, которые видны по энергиям вылетающих оттуда мезонов.

– Ух ты, действительно, лестница, идущая внутрь вещества, – поняла Галатея.

– Давно было известно, что химические связи между атомами и молекулами оказываются остаточным явлением от электромагнитного взаимодействия электронов и атомного ядра. Сейчас стало понятно, что ядерные силы между нуклонами ядра, связанные с обменом пимезонами, являются слабым отголоском могучих сил, которые удерживают кварки внутри каждого нуклона и не дают им вылетать наружу.

– Ой, какая сложная сказка получается! – пожаловалась Галатея. – А ведь обещали историю про самые простые частицы нашего мира.

– Да, но никто не обещал, что это будет простая история. И в ней ещё масса нерешённых проблем. Насколько полна Стандартная теория? Да, она не включает в себя гравитационное взаимодействие. Но недостаток ли это? Есть ли у гравитационного взаимодействия свой квант – гравитон? Неизвестно. Многие уверены, что есть. Так же был уверен и Менделеев, который оставлял в своей таблице место для элемента эфира – среды, в которой распространяется свет. Как потом выяснилось, никакого эфира нет, а электромагнитные волны прекрасно распространяются в вакууме. Есть и другое мнение – что гравитационное поле – особенное. Оно не квантовое, но создается коллективным действием обычных квантовых полей.

Есть ли ещё более фундаментальная теория всего, которая объединяет и элементарные частицы, и гравитационное поле и делает это на более простой основе, чем Стандартная теория?

Когда было завершено построение Стандартной модели, объяснившей все известные элементарные частицы и правильно предсказавшей серию новых частичек и бозон Хиггса, то

огромное количество теоретиков в области элементарных частиц оказалось на перепутье: что делать дальше? Часть квантовых теоретиков прорвалась вслед за Гусом в космологию, породив там обширное поле теории инфляции, где растёт множество экзотических цветов. Значительная часть квантовых физиков решила остаться в долине элементарных частиц и строить новую теорию элементарных частиц и квантовых полей, которая бы включала и гравитацию.

Если обычная квантовая механика рассматривает элементарную частицу как точечный объект с некоторыми свойствами, то теория струн рассматривает такие частицы как очень маленькие струны, которые могут колебаться, возбуждаться, объединяться и т. д. Это позволяет избежать проблемы перенормировки, свойственной точечным квантовым объектам...

– Что это за проблема пере...сортировки? – полюбопытствовала Галатея.

– Если представить электрон заряженным точечным объектом и попытаться вычислить энергию электрического поля, которое его окружает, то мы получим бесконечность – ведь напряжённость электрического поля обратно пропорциональна радиусу и стремится в бесконечность при уменьшении радиуса до нуля. Теоретикам удалось с помощью хитрых способов вычитания бесконечности из бесконечности получить правильные результаты, которые совпадают с экспериментом. Это хитрое вычитание называется перенормировкой, но физический смысл этой процедуры непонятен, как и непонятно, как быть с бесконечной энергией электрона? Видимо, где-то устремление радиуса электрона к нулю нужно останавливать, но где? Ричард Фейнман занимался этой проблемой.

Дух Фейнмана вступил в разговор:

– Швингер, Томонага и я независимо друг от друга придумали уловку, как проводить конкретные расчёты в случаях, когда получаются бесконечности. Мы получили за это Нобелевскую премию. Наконец-то люди смогли вычислять при помощи квантовой электродинамики!

– Что за уловка? – поинтересовался Андрей.

– Эта уловка имеет специальное название – «перенормировка». Но каким бы умным не было это слово, я бы назвал её дурацким приёмом! Необходимость прибегнуть к такому фокусу-покусу не позволила нам доказать математическую согласованность квантовой электродинамики. Я подозреваю, что перенормировка математически незаконна. Будущим физикам ещё предстоит разобраться в этой интригующей проблеме. Природа преподносит нам такие чудесные загадки! Почему она повторяет электрон частицами, массы которых в 206 и 3640 раз больше? Тайны, вроде этих повторяющихся циклов свойств частиц, делают работу физика-теоретика очень интересной. Я считаю совершенно неудовлетворительным, что не существует теории, адекватно объясняющей массы наблюдаемых частиц. Мы пользуемся этими числами во всех наших теориях, но не понимаем их: что они собой представляют или откуда они берутся. Я считаю, что с фундаментальной точки зрения это очень интересная и важная проблема.

Дзинтара сказала:

– Спасибо, мистер Фейнман, нам пора двигаться дальше.

Дух Фейнмана буркнул:

– Я профессор, а это означает, что я не способен вовремя остановиться.

Дзинтара улыбнулась.

– Теория струн, обойдя проблему перенормировки, породила другие теоретические проблемы, например многомерность мира: теоретически приемлемую теорию струн удаётся сформулировать, только если принять, что наше пространство имеет десять или двадцать шесть размерностей, большая часть из которых свернута в компактное, практически незаметное для нас состояние. Здесь возникает такое разнообразие решений, что математик Питер Войт считает, будто теория струн уже не является научной теорией. Её можно назвать математической моделью, которая не отражает физическую реальность и потому не может претендовать на научное описание этой реальности.

Главная проблема теории струн – её оторванность от эксперимента. Фактов, которые бы не могла объяснить Стандартная теория и которые бы требовали объяснения в рамках более общей теории, чрезвычайно мало, или, как полагают многие, их вообще нет. Одна из проблем Стандартной теории – она не предсказывает массу нейтрино, которая у них, видимо, есть. Например, часть теоретиков считает, что Стандартная теория неполна, потому что не включает

частицы, образовавшие тёмную материю космоса. Но совсем не обязательно, что тёмная материя состоит из элементарных частиц – другие исследователи полагают, что она состоит из таких макрообъектов, как чёрные дыры.

Отсутствие связи с реальностью породило своеобразные социологические проблемы в теории струн. В условиях слабости экспериментальной базы теоретиков стали судить не по созданию теории, которая бы подтверждалась наблюдениями, а по количеству статей и их цитируемости. А в оценке самих теорий стали участвовать такие факторы, как мода, престиж и вероятность карьерного роста.

В первой трети XX века теоретиков в мире было гораздо меньше, чем сейчас, но они совершили научную революцию, создав атомную теорию и ядерную физику, специальную теорию относительности и современную теорию гравитации, квантовую механику и космологию. Современных теоретиков раз в сто больше, но список их научных достижений, полученных за аналогичный период конца XX и начала XXI века, гораздо скромнее – имеются в виду реальные достижения, а не количество публикуемых статей и индексы цитируемости. Ли Смолин, известный теоретик, пишет в своей книге «Проблемы с физикой», вышедшей в 2006 году: «Почему, несмотря на такие усилия тысяч самых талантливых и хорошо подготовленных учёных, так мало сделано в фундаментальной физике за последние двадцать пять лет?»

Математик Питер Войт, выпускник Гарварда, который получил докторскую степень в Принстонском университете и ныне преподаёт в Колумбийском, написал книгу «Даже не неправильно» с критическим взглядом на господствующую в фундаментальной физике теорию струн.

– Даже не неправильно? – удивилась Галатея замысловатой фразе.

– Физики делят теории на правильные, которые можно подтвердить экспериментом, и неправильные, которые можно опровергнуть. Но Вольфганг Паули ввел новую категорию теорий: «даже не неправильные» – для теорий, которые нельзя ни подтвердить, ни опровергнуть каким-либо способом. Войт предложил свой труд издательству Кембриджского университета. Вскоре ему показали анонимный отзыв на книгу одного из струнных теоретиков. Войт пишет в своей книге, которая была опубликована в 2006 году, но в другом издательстве: «Прежде чем я увидел этот отзыв, я слегка беспокоился о некоторых вещах, которые написал, чувствуя, что слишком близко подошёл к обвинению струнных теоретиков в интеллектуальной нечестности. Увидев этот отзыв, я перестал беспокоиться об этом. Очевидно, что уровень такой нечестности и нежелание многих теоретиков струн признать проблемы своего предмета далеко превзошли мои первоначальные ожидания».

Сабина Хоссенфелдер из Франкфуртского института передовых исследований, работающая в области физики элементарных частиц и квантовой гравитации, в апреле 2017 года опубликовала в журнале «Nature» комментарий, заголовок которого можно перевести так: «Наука должна заслужить доверие». Комментарий начинается так: «Я теоретик в физике элементарных частиц, и я сомневаюсь в теоретической физике элементарных частиц... Я боюсь, что публика имеет веские причины не доверять учёным, и – печально, но правда – мне тоже всё сложнее им доверять». Она называет это кризисом фундаментальной науки, потому что «мы создаём гигантское количество новых теорий, и ни одна из них никогда не была подтверждена экспериментально». Она приводит уже ставший знаменитым пример: в декабре 2015 года группа учёных, работавшая на Большом Адронном Коллайдере, сообщила о признаке существования новой частицы, которая не укладывалась в Стандартную теорию элементарных частиц. Результат имел невысокую статистическую достоверность, и в августе 2016 года эта же группа сделала вывод, что никакой новой частицы нет – приборы просто показали статистическую флуктуацию. Но для объяснения существования этой несуществующей частицы теоретиками за восемь месяцев было опубликовано 600 научных статей, включая публикации в самых престижных физических журналах. Как отметила Сабина Хоссенфелдер, ни одна из этих теоретических публикаций «не описывала реальность».

Сабина подчеркнула, что такая же ситуация складывается в астрофизике, где существуют проблемы космологической постоянной и тёмной материи, а также в теории инфляции. «Теоретики вводят одно или несколько новых полей и потенциалов, которые управляют динамикой Вселенной... Существующие наблюдательные данные не позволяют сделать выбор между моделями. И если даже обнаруживаются новые данные, всё ещё остаётся бесконечно

много моделей, о которых можно писать статьи. По моим оценкам, сейчас в литературе описано несколько сот таких моделей. Для каждого выбора инфляционных полей и потенциалов можно вычислять наблюдаемые величины и затем двигаться к следующим полям и потенциалам. Вероятность того, что любая из этих моделей описывает реальность, бесконечно мала – это рулетка на бесконечно большом столе. Но согласно существующим критериям качества, это первоклассная наука. Такой же поведенческий синдром возник в астрофизике, где теоретики придумывают поля для объяснения космологической постоянной... и предлагают всё более сложные „невидимые сорта“ частиц, которые – может да, а может нет – составляют тёмную материю».

Сабина пишет: «Нетрудно понять, как мы попали в такую ситуацию. Нас судят по количеству публикаций... и более строгие критерии качества для новых теорий обрежут нашу продуктивность. Но „давление публикаций“ поощряет к количеству в ущерб качеству, о чём уже неоднократно говорилось раньше...»

Никки, внимательно слушавшая эту совсем не сказочную историю, кивнула головой:

– Научное бесплодие в фундаментальной науке обычно связано с потерей независимости учёных. Молодой выпускник университета, чтобы выжить в гуще конкурентов, примыкает к самой популярной теории и старается дружить со всеми, особенно вышестоящими мэтрами, потому что именно от них зависит его будущая карьера, публикации и гранты. Такой теоретик пороха не выдумает по определению, потому что тот взорвёт все с таким трудом установленные связи и вызовет ненависть к своему изобретателю.

Дзинтара вздохнула:

– В книге Питера Войта в адрес тесного круга учёных вокруг лидирующей теории, которые вытесняют из науки всех несогласных, использован термин «мафия»; в книге Ли Смолина этот же феномен называется деликатно «социологические проблемы в науке».

Никки усмехнулась:

– Как терминами ни жонглируй, очевидно, что фундаментальная наука без фундаментальной свободы обречена на пробуксовку. Кроме того, удивительно субъективной остаётся такая важная вещь, как оценка новой теории. Я думаю, что можно ввести надёжный параметр научности и перспективности новой физической теории. Например, вычислить отношение наблюдаемых феноменов, предсказанных данной теорией, к числу сильных физических предположений теории. Естественно, так можно проверять лишь теории физических явлений.

Математические теории, не имеющие отношения к реальному миру, в принципе нельзя проверить экспериментом.

Дзинтара заинтересованно спросила:

– А можно пример оценки физических теорий?

– Теория гравитации Эйнштейна сделала одно существенное предположение: гравитация – это искривлённое пространство-время. На основе этого предположения удалось объяснить не только весь спектр ньютоновских явлений – ведь способность объяснить эмпирический базис старой теории является обязательным условием любой новой физической теории, – но и аномальную прецессию орбиты Меркурия, отклонение света звезды возле Солнца, замедление времени в гравитационном поле Земли, а также существование чёрных дыр и гравитационных волн. То есть параметр научной надёжности для теории Эйнштейна – пять. По этому параметру теория струн или инфляционная теория имеют уровень надёжности гораздо меньший. А если теория имеет параметр научной надёжности, равный единице и меньше, то эта теория ещё не стала физической теорией, а находится в статусе недоказанных гипотез или просто математических построений, не претендующих на объяснения реальности. Этот параметр оценки теорий близок к известному отношению «цена – качество» для оценки любого изделия. А чем является фундаментальная теория, как не изделием человеческого разума?

Дзинтара сказала:

– Как бы ни были велики успехи фундаментальной физики за прошедшие сто лет, вопросов, на которые мы ещё не знаем ответа, остается всё равно множество. Вот «чёртова дюжина» самых главных вопросов, которые остаются нерешёнными в фундаментальной физике и физике элементарных частиц:

1. Стандартная модель опирается на девятнадцать числовых параметров, например шесть масс лептонов, шесть масс кварков, массу бозона Хиггса и три константы, характеризующие

интенсивность электромагнитного, сильного и слабого взаимодействия. Можно ли построить более простую модель? Связаны ли между собой лептоны и кварки?

2. Из чего состоят кварки? Откуда берётся такой разброс в массах кварков?

3. Почему кварки нельзя наблюдать в свободном состоянии?

4. Есть ли другие ступени у Квантовой Лестницы? Может быть, ступени этой Квантовой Лестницы уходят в бесконечную глубину, по которой предстоит идти вечно? Но даже если этот увлекательный путь существует, насколько он практически полезен? Не станет ли он лишь интеллектуальным удовольствием без какой-либо связи с реальностью?

5. Как решить застарелые проблемы квантовой расходимости, связанные с предполагаемой точностью электрона и других элементарных частиц?

6. Есть теории, которые предсказывают существование магнитных монополей – частиц, которые несут в себе отрицательный или положительный магнитный заряд, так же как электроны и позитроны обладают отрицательным и положительным электрическим зарядом. Но пока никто не открыл магнитных монополей. Есть ли они?

7. Есть теории, которые предсказывают распад протонов за времена, превосходящие длительность жизни Вселенной, но пока никто не наблюдал такой распад протона в окружающем нас мире, полном протонов. Реален ли этот эффект?

8. Что определило наблюдаемые величины фундаментальных констант нашего мира – гравитационной постоянной, скорости света, постоянной Планка, заряда электрона? Физик Эддингтон попытался найти алгебраическое уравнение, числовые решения которого дали бы мировые константы. Многие считают, что вселенных с разными величинами констант много, и мы живём в такой, где константы благоприятствуют возникновению звёзд, планет и разумной жизни, иначе некому было бы задаваться такими вопросами. Так ли это?

9. Один из фундаментальных вопросов, на который современная физика не знает ответа: почему тела гравитируют, или, вернее, искривляют вокруг себя пространство? Откуда пространство на миллиарды километров вокруг звезды знает, что ему нужно искривиться; как звезда или элементарные частицы, из которых она состоит, сообщают ему об этом?

10. Многие полагают, что существует квантовая теория гравитации, которая является аналогом квантовой электродинамики, только вместо фотона там живёт и работает гравитон – элементарная частица гравитационного поля. Другие считают гравитационное поле особенным: не квантовым, но возникшим при каком-то загадочном действии других квантовых полей, описанных в Стандартной теории. Кто прав? А может, существует какой-то третий вариант?

11. В общей теории относительности есть туманное место о законе сохранения энергии, дискуссии о котором затруднительны, потому что закон сохранения энергии канонизирован, и покушаться на него могут только еретики. Может, пора обсудить это место в теории Эйнштейна без запаха костров инквизиции?

12. Есть теории, которые предсказывают пространственно-временные червоточины. На них возлагаются надежды тех, кто мечтает о межзвёздных путешествиях. Насколько реальны такие червоточины и такие надежды?

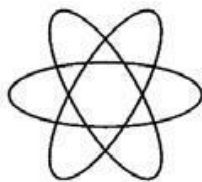
13. Проблема физики внутри чёрных дыр: что там происходит? Насколько отличается физика мира внутри чёрной дыры и снаружи?

Никки подумала и добавила вопрос от себя:

– Математических теорий много, а физический мир – один. Вопрос не в математической корректности теории, вопрос в том, насколько данная теория правильно отражает мир. Где математика, а где реальность? Это главный вопрос, который стоит перед физикой фундаментальных взаимодействий.

– Ничего себе, – сказала Галатея. – Непростая сказочка получилась!

Примечания для любопытных



Демокрит (460–370 гг. до н. э.) – древнегреческий философ, выдвинувший вместе со своим учителем Левкиппом концепцию атомизма.

Дж. Дж. Томсон (1856–1940) – британский физик, директор знаменитой Кавендишской лаборатории. Открыватель элементарной частицы электрона (1897). Лауреат Нобелевской премии (1906).

Эрнст Резерфорд (1871–1937) – британский физик из Новой Зеландии, создатель планетарной теории атома, открыватель атомного ядра и протона. Лауреат Нобелевской премии 1908 года.

Джеймс Чедвик (1891–1974) – британский физик, ученик Резерфорда, открывший в 1932 году нейтрон. Лауреат Нобелевской премии (1935).

Хидэки Юкава (1907–1981) – японский физик, разработавший теорию ядерных сил. Лауреат Нобелевской премии (1949).

Исидор Раби (1898–1988) – американский физик. Лауреат Нобелевской премии (1944) за работы в области атомного ядра. Учитель Швингера.

Марри Гелл-Манн (р. 1929) – американский физик. Лауреат Нобелевской премии (1969) за классификацию элементарных частиц.

Питер Хиггс (р. 1929) – шотландский физик. Лауреат Нобелевской премии (2013) за предсказание бозона Хиггса и вклад в создание Стандартной теории элементарных частиц.

Франсуа Энглерт (р. 1932) – бельгийский физик, получивший в 2013 году Нобелевскую премию вместе с П. Хиггсом за работы в области теории элементарных частиц.

Леон Ледерман (р. 1922) – американский физик. Лауреат Нобелевской премии за 1988 год за открытие мюонного нейтрино.

Абдус Салам (1926–1996) – пакистанский физик, разделивший с Вайнбергом и Глэшоу Нобелевскую премию за работы по электрослабому взаимодействию.

Шелдон Глэшоу (р. 1932) – американский физик. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1979 год за единую теорию электрослабых сил.

Ричард Фейнман (1918–1988) – американский физик, автор известного курса общей физики. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1965 год за фундаментальные работы в области квантовой электродинамики, в том числе и за теорию перенормировки.

Синъитиро Томонага (1906–1979) – японский физик. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1965 год за фундаментальные работы в области квантовой электродинамики и физики элементарных частиц (вместе с Фейнманом и Швингером).

Джулиан Швингер (1918–1994) – американский физик. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1965 год за фундаментальные работы в области квантовой электродинамики.

Сказка о миллионе неоткрытых планет

Среди пыльных гор Нью-Мексико спрятался маленький город Санта-Рита – скорее поселок, большинство жителей которого работали шахтёрами. Они редко поднимали голову от земли, а если и смотрели устало на Луну, то просто как на бесплатный фонарь, который помогает не споткнуться на ухабистой дороге, когда бредёшь домой после тяжёлой работы в руднике.

В этом городке родился и вырос мальчик Джек, который в отличие от других часто и подолгу смотрел на небо и на Луну. Все окрестные горы мальчик знал, как свои пять пальцев, но на Луне тоже были горы. Они были далёкими и недоступными – и именно поэтому такими манящими. Вот было бы здорово полазить по лунным горам с геологическим молотком! Там, наверное, есть такие каменные диковины, такие минералы, которых ни за что не отыщешь на Земле!

Мальчик подрос и переехал в город Силверси-ти, что означает Серебряный город. В 1953 году он закончил школу, казалось бы, ничем не отличаясь от своих сверстников. На самом деле

Джек Шмитт оказался необыкновенным мальчиком, потому что однажды он действительно попал на Луну и побродил по её горам с геологическим молотком.

Но сначала ему пришлось выдержать трудный экзамен и поступить в Калифорнийский технологический институт, который готовит геологов. В 1957 году он получил степень бакалавра по геологии и отправился в Норвегию, в университет Осло. Этот год оказался знаменателен тем, что 4 октября 1957 года СССР запустил первый искусственный спутник на околоземную орбиту.

В Норвегии Джек Шмитт, вооружённый острым молотком, изучал геологические слои и породы, которые, как страницы в толстый том, складывались в старые норвежские горы, изрезанные фьордами.

– Молотком? – хмыкнула Галатея, – Я думала, что учёным нужна ручка с бумагой и всякие сложные приборы: микроскопы, телескопы. А молотком работают только плотники и кузнецы!

– Геологи – это особенный вид учёных, в работе которых молоток очень важен. Популярный девиз геологов XIX века был: «Умом и молотком».

С помощью ума и молотка Джек учился читать каменную книгу, написанную природой, так же легко, как мы читаем бумажный роман. Вечерами Джек приткал к радиоприёмнику и, затаив дыхание, слушал потрясающие новости о космических кораблях и Луне.

1958 год стал началом наступления человечества на Луну. После отставания в запуске первых спутников США жаждали реванша в соревновании с СССР и решили стать первыми в исследовании Луны. 17 августа 1958 года к Луне стартовала первая земная ракета с американским космическим аппаратом «Пионер», который должен был выйти на орбиту вокруг Луны. Он нёс на борту инфракрасную телекамеру, датчик микрометеоритов и измеритель магнитного поля. Вес аппарата был 38 килограммов.

Запуск первого лунного аппарата окончился неудачей: на 74-й секунде полёта, достигнув высоты в 16 километров, ракета-носитель взорвалась.

СССР предпринял попытку запуска первого космического аппарата к Луне 23 сентября 1958 года. Аппарат был гораздо более крупным – 361 килограмм. Но первый советский запуск к Луне тоже окончился неудачей: на 92-й секунде полёта ракета взорвалась. 11 октября этого года, в один и тот же день, к Луне устремились новая пара ракет из США и СССР. Оба запуска закончились разрушением ракет-носителей. Третью попытку пуска ракеты к Луне США предприняли 8 ноября, а СССР – 4 декабря. В обоих случаях ракеты взорвались.

6 декабря 1958 года США запускает четвёртую ракету к Луне – и снова неудачно. Настала очередь советского запуска, который был совершен 2 января 1959 года. И он оказался успешным! Аппарат «Луна-1» пролетел в шести тысячах километров от Луны, показав отсутствие у неё магнитного поля. 3 марта 1959 года США запускает лунный аппарат «Пионер-4», который тоже оказался достаточно успешным, правда, он прошёл мимо Луны на расстоянии шестьдесят тысяч километров. После этого в американской лунной программе наступила чёрная полоса: последующие восемь американских ракет, направленных к Луне в 1959–1964 годах, не достигли цели.

За это же время СССР запустил десять космических аппаратов, и два из них оказались очень результативными. Впервые в истории земной цивилизации «Луна-2», стартовавшая 12 сентября 1959 года, врезалась в Луну, начав первые контактные исследования другого космического тела и разбросав по лунной поверхности специальные вымпелы из нержавеющей стали с датой события и буквами «СССР».

– За такой уцелевший лунный вымпел коллекционеры выложили бы кучу денег! – расчётливо сказал старший из детей, Андрей, внимательно слушавший очередную вечернюю историю, которую читала его мать Дзинтара.

– Что это за контактные исследования, когда просто врезаешься в планету? – удивилась младшая, Галатея, глядя на мать.

– Для инженеров очень важно было научиться попадать в Луну! Исследования в ходе такого полёта велись до самого крушения. Из самого падения тела на Луну тоже можно извлечь массу информации, только надо подготовиться к получению этих данных – об этом я расскажу чуть позже. Кроме того, аппарат «Луна-2» реализовал идею искусственной кометы, предложенную астрономом И. С. Шкловским, выпустив килограмм натрия и породив ярко-красное облако размером в 650 километров, легко видимое с Земли невооружёнными глазами обычных землян.

Это был интересный эксперимент, наглядно показавший траекторию ракеты и позволивший определить скорость расширения паров натрия в космическом вакууме.

Андрей сказал:

– Я как-то намочил в растворе соли длинную лучинку и сунул её в пламя газовой горелки. И синее пламя стало ярко-жёлтым!

– Да, натриевые оранжевые линии можно найти везде: и в космосе, и на кухне.

– Почему ты мне не показал? – обиделась Галатея на брата.

– 4 октября 1959 года «Луна-3» сфотографировала обратную сторону Луны и передала на Землю снимок той половины Луны, которую земляне никогда не видели.

Джек Шмитт с большим волнением узнал о запуске 5 мая 1961 года Алана Шепарда – первого американского астронавта, совершившего космический полёт по дуге высотой в 186 километров. Первые астронавты и космонавты, летавшие на несовершенных ракетах, шли на значительный риск. Американский астронавт Базз Олдрин пошутил на встрече с журналистами:

«Вообще-то хотели послать обезьяну, но в НАСА пришла куча писем в защиту прав животных, а в защиту Шепарда не пришло ни одного письма. Вот он и полетел».

Сразу после полёта Шепарда США, не дожидаясь успеха своих автоматических лунных аппаратов, начали масштабную программу по высадке человека на Луну, о которой президент США Кеннеди объявил 25 мая 1961 года.

Пока в космосе разворачивалось захватывающее дух соревнование двух держав, Джек Шмитт изучал горы в Скандинавии и на Аляске, став опытным полевым исследователем и приобретая особое геологическое зрение, которое не получишь, изучая справочники и материалы чужих экспедиций.

С 1963 года СССР начинает запускать космические аппараты к Луне, которые должны были совершить мягкую посадку на ее поверхность, но несколько лет эти запуски кончались неудачей.

28 июля 1964 года американский «Рейджер-7» сумел выполнить все поставленные задачи, после чего врезался в Луну, повторив успех советской «Луны-2». В течение последних семнадцати минут до столкновения он передал свыше 4000 фотографий лунной поверхности. В этом же году Джеку Шмитту, уроженцу маленького шахтерского городка, знаменитый Гарвардский университет присвоил степень доктора наук в области геологии.

Космос всегда увлекал Джека Шмитта, и он стал работать в Аризоне, в Астрогеологическом центре по изучению Луны, помогая разрабатывать программу исследования для будущих исследователей Луны. В один прекрасный день 1965 года Джек услышал потрясающую новость, что НАСА набирает добровольцев из числа учёных для полёта на Луну. Джек раздумывал целых десять секунд, а потом вызвался добровольцем. «Как бы ни обернулось дело, – подумал он, – я буду жалеть всю жизнь, если упущу такой шанс!»

Возможно, потом у Джека и бывали минуты предельной усталости, когда он сомневался в своём решении, но он выдержал всё: утомительные тренировки, освоение новой профессии пилота самолёта и вертолёта и тысячи часов полётов на этих аппаратах. Ещё бы – ведь именно ему предстояло посадить космический аппарат на Луну.

– Он же геолог, разве не было в команде человека-пилота? – удивилась Галатея.

– В первых командах космонавтов каждый обладал многими навыками и умениями: мог пилотировать самолёт и космический корабль, ориентироваться по звёздам, собирать геологические образцы, работать с многочисленными космическими устройствами и аппаратами. Поэтому геологу Джеку Шмитту пришлось осваивать новую профессию лётчика.

А международное соревнование в космосе продолжалось. 3 февраля 1966 года советская «Луна-9» совершила первую мягкую посадку и передала первую панораму лунной поверхности в Океане Бурь. Два месяца спустя «Луна-10» вышла на орбиту вокруг Луны, став первым искусственным спутником нашего естественного спутника и проработав на окололунной орбите до 30 мая 1966 года.

Лунная программа США, которая получила мощную финансовую поддержку, стала догонять советскую: 2 июня 1966 года американский аппарат тоже совершил мягкую посадку на Луну, а 14 августа этого же года вокруг Луны стал вращаться первый американский орбитальный модуль. С этого времени направления советской и американской лунной программы разошлись: США продолжали вкладывать гигантские деньги – более ста миллиардов долларов в ценах начала XXI века – в программу «Аполлон» по высадке человека на Луну, а СССР сосредоточился

на более дешёвом исследовании Луны с помощью роботов-луноходов и на возврате образцов лунного грунта на Землю с помощью автоматических станций. Вернее, СССР имел свою программу пилотируемых полётов на Луну, но недостаточное финансирование не позволило ей стать успешной.

18 июля 1969 года в ходе миссии «Аполлон-11» двое американских астронавтов – Нил Армстронг и Базз Олдрин – высадились на поверхность Луны и собрали более 20 килограммов образцов. 17 ноября этого же года ещё одна американская команда успешно высадилась на Луну и тоже собрала несколько мешков лунных минералов и песка.

1970 год оказался неудачным для США: после двух дней полёта у «Аполлона-13» взорвался бак с кислородом. Команде с большим трудом удалось вернуться на Землю, обогнув Луну, но не мечтая о высадке на неё. Для советской лунной программы исследователей-роботов 1970 год оказался, наоборот, успешным: в сентябре была запущена «Луна-16» весом в пять с половиной тонн, которая совершила мягкую посадку на Луну. «Луна-16» впервые отправила на Землю капсулу весом в 35 килограмм, в которой находилось более ста граммов лунных пород из района Моря Изобилия. 17 ноября «Луна-17» доставила на Луну первый луноход – управляемый с Земли электромобиль весом в 756 килограмм, который проработал там свыше 10 месяцев, пройдя по поверхности более 10 километров.

Джек Шмитт не только тренировался для будущего полёта, но и давал уроки геологии первым астронавтам программы «Аполлон», а потом изучал образцы пород, которые они привозили.

– Мама, но разве можно в короткий срок научить людей тому самому геологическому зрению, которое Джек приобретал долгими годами экспедиций и изучения геологии? – поинтересовалась Галатея.

– Конечно, нет, именно поэтому вся научная общественность с нетерпением ждала, когда на Луне высадится первый геолог – Джек Шмитт. В 1971 году на Луне побывали ещё две американские экспедиции. 25 февраля 1972 «Луна-20» доставила на Землю новые образцы лунного грунта, а в апреле Луну посетила пятая экспедиция «Аполлон-16».

Хотя программу «Аполлон» сократили, Джека успели включить в состав последней лунной экспедиции «Аполлон-17», которая стартовала с Земли 7 декабря 1972 год. В неё входили командир экспедиции Сернан и пилоты Эванс и Шмитт. Запуск ракеты произошёл с двумя задержками, как позже выяснилось – из-за неисправного диода, электронной детали в компьютере. В первый раз старт был остановлен за 30 секунд до взлёта.

– Ничего себе сюрприз! – сказала Галатея. – Ты приготовился к старту, напрягся – и тут стоп!

– Верно. Вторая попытка запуска была остановлена за восемь минут до старта. В ожидании старта, задержавшегося почти на три часа, астронавт Эванс даже заснул в своём кресле. Наконец в половине первого ночи корабль стартовал к Луне. Ночной старт последней экспедиции «Аполлон» был виден за 800 километров; более полумиллиона людей наблюдали его, собравшись возле флоридского космодрома.

Когда ракета отделилась от Земли, Шмитт сфотографировал нашу планету. Эта фотография, под названием «Голубой мрамор», стала одним из самых знаменитых изображений Земли из космоса. Полёт к Луне длился 83 часа, и 10 декабря «Аполлон-17» вышел на орбиту вокруг Луны. Эванс оставался в орбитальном аппарате, а Сернан и Шмитт перешли в посадочный модуль. 11 декабря они совершили посадку в долине Таурус-Литтров, на юго-восточной окраине Моря Ясности.

Долина шириной в семь километров была с трёх сторон окружена горами высотой более двух километров. Долина была сфотографирована во время экспедиции «Аполлона-15» как очень интересная с геологической точки зрения. Геологов привлекал оползень с южных гор, достигший долины, а также огромные скалы, скатившиеся по горным склонам в долину. След одного такого булыжника достигал двух километров. Перед астронавтами ставились две главные геологические задачи: получить образцы древних пород лунного высокогорья и найти свидетельства вулканической активности в долине.

Астронавты легко выполнили первую задачу, так как в долине находилось много крупных скал, которые откололись от гор и скатились вниз. Самый древний образец пород, собранных астронавтами, имел возраст 4.6 миллиарда лет.

В первый экспедиционный день геологический молоток Сернана, висящий у него на поясе, зацепился за колесо электромобиля.

– Сразу ясно – астронавт не привык обращаться с таким молотком, – прокомментировала Галатея.

– Крыло колеса отломалось, отчего во время движения электромобиля астронавтов стало засыпать пылью из-под заднего колеса.

Когда астронавты закончили свой долгий рабочий день, они забрались в лунный модуль и, как могли, почистили скафандры от лунного песка и пыли и сняли их. Но как бы ни старались астронавты, всепроникающая лунная пыль была везде: на одежде, на лице, на шее и под ногтями, а принять душ в лунной кабине было негде. Так что после окончания своих исследований Шмитт и Сернан очень напоминали пыльных земных шахтёров из Санта-Риты. У Шмитта в первые сутки пребывания на Луне даже была «сенная лихорадка» из-за аллергии на лунную пыль.

Когда наутро астронавты, надев скафандры, открыли дверь кабины, они надеялись, что вместе с воздухом из модуля вылетит и лунная пыль. Но, как отметил Сернан: «Вылетело всё, что угодно, но только не пыль».

Перед второй поездкой астронавты по совету с Земли сделали ремонт колёсного крыла, прикрутив на него клейкой лентой лунную карту, покрытую пластиком. Пылить стало меньше.

Джек занимался геологическими исследованиями на Луне с большим энтузиазмом. Лунная поверхность была засыпана толстым слоем пыли – реголитом, возникшим из-за постоянного перемалывания поверхностных пород метеоритами. Зато монолитные скалы, которые скатились с гор, раскрывали самые сокровенные тайны геологии Луны. Двигаясь вокруг таких огромных камней, Шмитт собирал образцы с разных участков их поверхности, которые отличались друг от друга по химическому составу и геологической истории. Конечно, он оценивал эти отличия на глаз, но его геологическое зрение помогало ему. Позже, на Земле, анализ показал, что такие лунные скалы имеют возраст более четырёх миллиардов, но между возрастами разных участков камня существует разница в сотни миллионов лет. О каждом булыжнике, который исследовали астронавты, можно было написать толстую книгу – столько было получено химических и геологических сведений о них и составляющих их породах.

Один камень, который весил бы на Земле как взрослый человек, заинтересовал Шмитта, и он захотел его передвинуть поближе к месту, где были взяты образцы. Так как в скафандре наклоняться было неудобно, он несколько раз перевернул его, пиная ногами и пытаясь скатить вниз по склону. Сернан заснял на видеокамеру, как Шмитт играет в лунный футбол большим камнем. Ещё одно видео, на котором Шмитт в скафандре теряет равновесие, спотыкаясь о ящик с образцами, и падает на лунный песок, стало очень популярным. Спустя сорок пять лет Джека Шмитта спросили после его выступления на научном семинаре:

– А правда, что вы стали первым человеком, который упал на Луне?

Шмитт рассмеялся:

– Вовсе нет! – и добавил: – На Луне с её слабой гравитацией падения не страшны, как маленькому ребенку: упал, поднялся – и снова пошёл...

Часть лунных пород в долине имела вулканическое происхождение, что было доказано Шмиттом, который во второй экспедиционный день совершил сенсационную находку: он нашёл на Луне оранжевый грунт. Опытный глаз геолога сразу определил, что это вулканический пепел, состоящий из мелких оплавленных шариков вулканического стекла. Эти оранжевые, а иногда зелёные или чёрные шарики образовались глубоко под лунной поверхностью и были вынесены наружу при огненном вулканическом извержении. Сернан, который не имел «геологического зрения», в свою очередь, нашёл «коричневый камень», который, как сразу понял Шмитт, был куском пенопласта, привезённого самими астронавтами. Такой пластик, наполненный воздухом, как оказалось, при солнечном нагреве взрывался в лунном вакууме, разлетаясь на десятки метров. Сернан даже считал эти летающие обломки пластика метеоритами, пока Шмитт не объяснил ему, в чём дело.

Когда в третий и последний экспедиционный день астронавты ездили на лунном автомобиле для взятия образцов, Шмитт придумал брать образцы грунта с помощью совка на длинной ручке, не сходя с луномобиля, что экономило быстро утекающее время. В этот день Шмитт детально исследовал большую скалу, которую Сернан назвал в честь своей девятилетней дочери «Скалой Трэси». Фотография этой скалы, скатившейся с Северного хребта, стала потом такой

знаменитой, что Сернан пожалел, что не надписал на ней имя дочки. Зато, закончив последнюю лунную поездку, Сернан вывел инициалы своей дочери на песке возле луномобиля, который, проехав за три дня почти 36 километров, навсегда остался на Луне.

– На песке? – спросила Галатея. – Как долго сохранится эта надпись?

– Миллионы лет, если не вмешается случайный метеорит, – сказала Дзинтара. – На Луне нет ветра или дождя, которые могли бы уничтожить рыхлые буквы.

– Здорово! – сказала Галатея. – Надпись на лунном песке прочнее земных пирамид.

– Астронавты вернулись в кабину, когда в скафандрах оставалось кислорода всего на несколько минут. Проведя на Луне трое суток и три часа, Сернан и Шмитт взлетели, увозя с собой более 110 килограммов лунных образцов, которые они собрали за время пребывания на Луне, включая 22 часа езды на лунном электромобиле. Когда они пристыковались к орбитальному модулю, где их ждал Эванс, тот первым делом передал друзьям в открывшийся люк пылесос, чтобы они могли почиститься от лунной пыли. 19 декабря 1972 года аппарат с тремя астронавтами финальной лунной экспедиции приводнился в Тихом океане.



Шмитт и Сернан оказались последними людьми, кто побывал на Луне в XX веке. Джек Шмитт стал первым учёным, посетившим другое космическое тело, и первым геологом, который лично исследовал и Землю, и Луну. Благодаря усилиям Шмитта экспедиция «Аполлон-17» стала

самой успешной по геологическим результатам. В частности, один из образцов, привезённый Шмиттом, подтвердил, что Луна раньше обладала заметным магнитным полем.

Через три недели после возвращения на Землю последнего экипажа «Аполлона» к Луне стартовала советская «Луна-21». Она доставила на Луну второй «Луноход», который до июня 1973 года прошёл рекордные 39 километров по лунной поверхности.

Лунная гонка выдыхалась. Она закончилась формальной победой США, которые высадили на Луну двенадцать астронавтов, но, с точки зрения полезности разрабатываемых технологий, советская лунная программа оказалась не менее перспективной. Мировые планетологические программы в последующие десятки лет двинулись именно по пути создания роботов и самоходных аппаратов для исследования поверхностей других планет, а также возвращения образцов инопланетного грунта с помощью автоматических станций. Пилотируемые экспедиции к другим планетам оказались хороши для престижа, но слишком дороги и опасны для систематических исследований. Поэтому в начале XXI века Китай посылает на Луну, а США на Марс не астронавтов, а самоходных роботов, похожих на советские «Луноходы».

Научный анализ привезённых «Аполлонами» трёхсот шестидесяти килограммов грунта из шести областей Луны очень много дал науке. Даже десятки лет спустя исследование этих лунных образцов улучшенными методами анализа даёт всё новые и новые результаты. Например, было доказано, что лунные горы обеднены металлами, как и земная кора. Это стало рассматриваться как довод в пользу «мегаим-пактного» образования Луны из поверхностных слоёв Земли, вырванных мощным ударом другой планеты.

Но и триста с лишним граммов лунного грунта из трёх точек Луны, герметически упакованного и привезённого советскими станциями, внесли свой важный вклад в науку о Луне. Дело в том, что из-за вездесущей лунной пыли, повредившей уплотнитель на крышках, все контейнеры с геологическими образцами экспедиции «Аполлон» оказались разгерметизированными, а железные включения в привезённом лунном грунте покрылись свежей ржавчиной, как это бывает с метеоритами, залетающими из космоса в земную атмосферу.

– Постой, мама, – воскликнул Андрей. – Но ведь на Луну за три с лишним года высадились шесть экспедиций. Почему, когда первые образцы оказались разгерметизированными, не было создано более качественных контейнеров? Потратить сто миллиардов на пилотируемую программу и не суметь привезти на Землю образцы в герметичных ящиках?

– Ты задаешь отличные вопросы, сын, но я не знаю на них ответа, – сказала Дзинтара. – Зато 22 августа 1976 года «Луна-24» привезла третий образец герметично запакованного лунного грунта весом в 170 граммов, взятого бурением с глубины двух метров. При изучении этого образца советские исследователи М. Ахманова, Б. Дементьев и М. Марков открыли наличие в лунном грунте воды в количестве 0,1 %. Это было грандиозное открытие, которое долгое время оставалось незамеченным мировой наукой. Все остальные исследователи были уверены, что Луна совершенно суха, и воды в ней меньше одной миллиардной доли, тем более что высохшие русла, найденные на лунной поверхности, как оказалось, были образованы потоками лавы. Согласно господствующей теории мегаимпакта, Луна прошла стадию раскалённого состояния, в котором ни одна капля воды выжить не может.

При исследовании американских образцов грунта вода тоже была обнаружена, но тогда сочли, что это – результат негерметичности хранения образцов.

Кто же прав в вопросе лунной воды – американские или советские исследователи? Ответа долгое время не было, потому что после 1976 года все лунные исследования были прекращены почти на пятнадцать лет. Но в 1990-х годах США вывели на орбиту вокруг Луны аппараты, локаторы которых нашли признаки воды в лунном грунте. В 2008 году Индия запустила к Луне ракету, которая разделилась на ударную часть и наблюдательный модуль. Ударник врезался в планету 14 ноября 2008 года, образовав кратер и выбросив высоко над поверхностью Луны облако пыли и испарившегося грунта. Несколько минут спустя в это облако влетел наблюдательный модуль и нашёл там несомненные признаки воды.

США провели аналогичный эксперимент 9 октября 2009 года, выбрав в качестве цели лунный район, который, по данным орбитальных аппаратов, был наиболее «влажным». Аппарат «Кентавр» весом более двух тонн врезался в Луну, выбросив вверх 350 тонн лунной породы и образовав кратер диаметром в двадцать метров и глубиной в четыре метра. Проанализировав выброшенное облако газов, американский аппарат-наблюдатель, летящий следом за

«Кентавром» с отставанием на четыре минуты, обнаружил, что в данном районе Луны в грунте содержится до нескольких процентов воды, окончательно доказав, что Луна – вовсе не высохший до предела мир, и что будущие лунные поселенцы смогут добывать воду из грунта.

Множество задач стоит перед будущими исследователями Луны и других планет и тел Солнечной системы. Теоретики должны понять, например, как образовалась эта странная космическая пара – Земля и Луна? Последние модели теории «мегаимпакта» пришли к выводу, что Луна возникла, собственно, не из верхних слоёв Земли, а из обломков Теи – гипотетической планеты, налетевшей на Землю. Но тут своё веское слово сказали космохимики, которые проанализировали изотопный состав лунного грунта и сравнили его с земными породами. Оказалось, что по концентрации изотопов, которая сильно зависит от условий и места формирования планеты, Луна и Земля – изотопные близнецы. Значит, никакой Теи не было? Появилась теория мультимпакта или множественных ударов, которые породили вокруг Земли диск из выброшенных с земной поверхности обломков. Луна образовалась из этого диска, став изотопным близнецом Земли. Она сформировалась совсем рядом с Землёй, на расстоянии десятков тысяч километров...

– Луна была в десять раз ближе, чем сейчас? – удивился Андрей. – Она, наверное, казалась огромной на тогдашнем небе!

– Так и было, – подтвердила Дзинтара. – Из-за приливного взаимодействия с Землёй Луна отодвинулась от Земли на нынешнее расстояние и до сих пор отползает от нашей планеты на четыре сантиметра в год. Она прекратит удаляться, когда суточное вращение Земли замедлится настолько, что Земля окажется повернута к Луне одной стороной – так сейчас Луна повернута к Земле.

– Значит, они будут смотреть друг на друга, не отрываясь? – пошутила Галатея. Дзинтара кивнула и продолжила перечислять проблемы, стоящие перед планетологами:

– Как образовались другие спутники Солнечной системы? Например, обратный по орбитальному вращению, огромный спутник Нептуна Тритон, на котором есть гейзеры из жидкого азота? Как возникли группы нерегулярных спутников, которые кружатся вокруг планет-гигантов по самым причудливым орбитам? Как появились спутники у астероидов? Как возникли кометы и главный пояс астероидов, а также пояс гигантских ледяных тел, располагающийся за Нептуном?

В середине XX века человечество знало за Нептуном только Плутон. Но он оказался лишь одним из крупнейших тел этого пояса. Поэтому астрономы голосованием лишили Плутон статуса настоящей планеты. И многие вскоре пожалели об этом, потому что первый космический аппарат, который приблизился к Плутону, открыл на нём разнообразнейшие геологические структуры: горы до пяти километров из прочного водяного льда и узорчатые равнины, покрытые холмами из текучего азотного льда. Этот лёд течёт со скоростью нескольких сантиметров в год и носит на себе водные айсберги.

Плутон окружён преимущественно азотной атмосферой с лёгкой дымкой, высота которой достигает 200 километров над поверхностью. Вокруг Плутона вращается пять спутников, так что система Плутона по геологическому богатству и динамическому разнообразию не уступает более крупным планетам.

Есть ли (или была ли?) жизнь на Марсе или в подлёдном тёплом океане юпитерианского спутника Европы? Как выглядит вблизи метановый океан на поверхности Титана, спутника Сатурна? Как возникли кольца Сатурна, Урана и Юпитера, а также недавно найденные кольца вокруг некоторых астероидов?

Но самыми сложными являются практические задачи выживания человечества в Солнечной системе и её освоение. Сумеют ли лунные поселения стать экономически независимыми и быстро развивающимися? Смогут ли марсианские купола обеспечивать себя продовольствием? Отправятся ли когда-нибудь земные корабли в плавание по рекам и озёрам Титана? Появится ли в атмосфере Венеры огромный обитаемый дирижабль? Станет ли астероид Церера с её запасами подземного льда обитаемым миром? Как будет развиваться космическая геология и добыча полезных ископаемых в поясе астероидов? Смогут ли ракеты создаваться в космосе из металла, добываемого тут же, на астероидах?

Один из крупнейших астероидов – Психея 16 – по современным представлениям является полностью металлическим телом, состоящим из железа и никеля. Стоимость такого количества

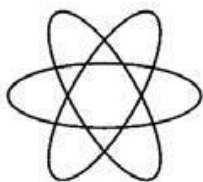
металла на земном рынке превосходит всякое воображение. Астероиды могут служить источником не только обычных железа и никеля, но и золота, платины, иридия и других ценных металлов. Десятиметровый астероид, состоящий из платины, стоит на Земле миллиарды долларов. Поэтому в начале XXI века стали появляться многочисленные компании, которые собираются заняться космической геологией и добычей полезных ископаемых на астероидах.

Удивительные материки и экзотические океаны, гейзеры и вулканы, инопланетные небеса с десятками лун и диковинными облаками ждут своих исследователей. Если создать космический корабль, который сможет достаточно долго двигаться с ускорением, при котором вес космонавта будет равен земному, то перелёты внутри Солнечной системы станут занимать считанные дни. И тогда настанет эпоха грандиозных космических открытий внутри Солнечной системы и время освоения её просторов и богатств.

Следующие слова первого космического геолога Джека Шмитта, сказанные им в одном из интервью, прямо адресованы молодежи, будущим исследователям космоса: «Мы исследовали лишь очень маленькую часть Луны. Обратную сторону Луны мы вообще не затронули! Исследование Марса станет потрясающе интересным».

– Мы непременно займёмся исследованием Марса. Мы изучим весь миллион других планет! – пообещала Галатея. – И нашими именами назовут материки и океаны!

Примечания для любопытных



Нил Армстронг (1930–2012) – первый астронавт, высадившийся на Луне в 1969 году в ходе американской экспедиции «Аполлон-11».

Базз Олдрин (р. 1930) – американский астронавт, высадившийся на Луне в 1969 году вместе с Армстронгом.

Роналд Эванс (1933–1990) – американский астронавт, участник последней лунной экспедиции программы США «Аполлон-17».

Юджин Сернан (1934–2017) – американский астронавт, участник последней лунной экспедиции программы США «Аполлон-17». Совершил высадку на Луну в декабре 1972 года.

Харрисон (Джек) Шмитт (р. 1935) – американский астронавт-геолог, побывавший на Луне в декабре 1972 года в ходе экспедиции «Аполлон-17».

Сказка о Земле и воде, золоте и алмазах

Перед традиционной вечерней сказкой Дзинтара показала детям причудливый камень, похожий на половинку шара с пустотой внутри.

– Вот каменная книга, с чтения которой я начну сегодняшнюю историю. Это агат, или агатовая камера, происхождение которой до сих пор во многом остается загадкой для геологов – учёных, которые изучают образование и строение Земли и её минералов. Посмотрите внимательно на эту полость, покрытую изнутри кристаллами. Их вырастила вода, вернее водный раствор различных веществ. Попробуем прочесть эту книгу или хотя бы бегло просмотреть её.

Что было в начале? Просто пустота в горных породах, куда по трещинам проникала вода. На внешней границе камеры видны тонкие слои, словно годовые кольца на пне дерева. Они различаются по толщине и цвету. Значит, был период, когда на стенках агатовой камеры росли не кристаллы, а медленно отлагались слои вещества с переменным оттенком: светлые, тёмные, оранжевые, голубоватые. Их цвет зависел от химического состава раствора, проникавшего в агатовую камеру сквозь трещины. Эти трещины в стенках агата тоже хорошо видны – возле них процесс накопления слоев нарушается. В какой-то момент образование ровных слоёв на стенке

камеры остановилось. Значит, поменялись условия – возможно, из-за землетрясения или из-за медленного движения гор. Благодаря этому в полость стал поступать раствор другого состава – и начался рост кристаллов кварца.

– Что такое кварц? – спросила Галатея.

– Это минерал, состоящий из диоксида кремния, где на каждый атом кремния приходится два атома кислорода. Кварц – один из самых распространённых минералов на Земле, из которого состоит 12 % земной коры. Он входит в многие другие минералы в виде смесей и силикатов. С учетом этого, общая масса кварца в земной коре составляет 60 %.

– Значит, он должен быть повсюду!

– Конечно. Когда вы с Андреем играли в детской песочнице, то имели дело с кварцевым песком.

Повзрослевший Андрей покраснел и заёрзал. Он уже давно не играл в песочнице!

– Горный хрусталь – это тоже кварц. В агатовой камере видны и фиолетовые аметистовые кристаллы – и это кварц, только с примесью железа. Отметим, что сначала в агатовой камере росли прозрачные кристаллы кварца, но потом в растворе появились ионы железа, марганца и, возможно, какие-то другие примеси, и кристалл приобрёл тёмно-синюю аметистовую окраску. На самом деле происхождение цвета у кристаллов – это интересная проблема, в которой много неясного. Можно заметить, что интенсивность фиолетовой окраски тоже меняется со временем и ростом слоёв в камере: она становится то темнее, то светлее.

Внутренняя поверхность агатовой камеры покрыта светлыми крупными кристаллами кварца. Здесь виден желтоватый налёт, который может быть связан с осаждением частиц рыжей глины или с химическими процессами, в которых участвуют ионы железа и алюминия.

Геологическая история миллионов лет отражена в этой агатовой книге. И далеко не все её страницы мы прочитали или просто перевернули. Посмотрите вот на эти странные образования... – Дзинтара указала на мелкокристаллические пластины в агатовой камере, – они расположены так, что повторяют форму крупного кристалла. Когда-то в агате крупный кристалл кварца прекратил расти как единый кристалл. Возможно, из-за большого количества примесей в растворе, которые сыграли роль многочисленных центров кристаллизации, молекулы, приносимые водой, перестали надстраивать уже имеющуюся структуру кристалла и образовали на его поверхности тонкий слой из мелких кристалликов. Он оказался более устойчивым к растворению; и когда крупный родительский кристалл растаял в протекающей воде, то поликристаллический слой остался, образуя хрупкую полую структуру, повторяющую симметрию материнского кристалла. Такие кристаллические структуры называют псевдокристаллами.

– Как это – кристалл кварца растаял в воде? – удивилась Галатея. – Ведь песок не растворяется в воде! И горный хрусталь тоже.

– Растворяется, только надо очень долго ждать! – улыбнулась Дзинтара.

– У тебя терпения не хватит! – пошутил над сестрой Андрей.

Галатея и Андрей внимательно рассматривали тяжёлый агат, вглядываясь в его замысловатые слоисто-кристаллические оболочки.

– Мы взяли только один из бесчисленных примеров геологических чудес и диковин. Во Вселенной насчитывается менее сотни устойчивых атомов разного сорта или химических элементов, зато из них можно создать практически бесконечное число различных молекул. И многие из них соединяются в шесть тысяч минералов – природных химических соединений, которые обычно имеют кристаллическую или поликристаллическую структуру. Широко распространены на Земле лишь 100–150 минералов. Минералами являются и алмаз, который представляет собой кристаллическую форму углерода, и также корунд, кристаллический оксид алюминия. В каждой молекуле корунда на два атома алюминия приходится три атома кислорода...

Галатея с интересом рассматривала агат, рассеянно слушая рассказ матери.

– ...Корунд с красной окраской из-за примеси хрома широко известен как рубин...

Девочка мигом насторожилась.

– ...а корунд с синей окраской называется сапфир.

Глаза девочки вспыхнули неподдельным интересом к корунду. Андрей спросил:

– А гранит тоже является минералом?

– Нет. Это горная порода, сложенная из нескольких минералов класса силикатов. Горная порода – это природная смесь разных минералов или органических веществ; из этих пород и состоит земная кора, на которой мы живём. Кроме упомянутого кварца, в гранит входит полевой шпат. Этот минерал имеет очень сложный состав. Кроме атомов алюминия, кремния и кислорода, он содержит атомы калия, натрия и кальция. Они сложным образом взаимодействуют друг с другом, образуя целую группу минералов, называемых полевыми шпатами. Земная кора на 50 % состоит из полевых шпатов, которые входят в многие горные породы, включая граниты и гнейсы. Зато такая горная порода, как всем известная глина, состоит в основном из мелкокристаллического минерала каолинита, в который входит оксид кремния, оксид алюминия и вода.

– Получается, – сказала Галатея, – что если взять аметист и горный хрусталь, смешать их с рубинами и сапфирами и залить водичкой, то получим просто глину?

– Не забудь – аметист и рубины надо хорошенько размолоть! – уточнил педантичный Андрей. Дзинтара продолжила:

– Алюминий и оксид кремния могут соединиться в красивый минерал – топаз. Топаз любят ювелиры, а самые крупные его кристаллы весят до 80 килограммов. Оригинальным минералом является зелёный узорчатый малахит, представитель группы минералов-карбонатов, в молекуле которого атомы меди соединяются с атомами углерода, кислорода и водорода. Важным видом карбонатов является кальцит или известковый шпат. Простая молекула кальцита содержит один атом кальция, один атом углерода и три атома кислорода. Это самый распространённый биоминерал, который входит в состав раковин большинства беспозвоночных. Бесчисленные поколения моллюсков, умирая, оставляли свои ракушки на дне моря. Так, слой за слоем, накапливалась осадочная порода – известняк, состоящий в основном из кальцита. Типичной осадочной породой является и гипс – сульфат кальция с включением воды. Кристаллы гипса могут достигать метровой длины. В начале XX века шахтёры, работавшие в мексиканской серебряной шахте на глубине в четверть километра, пробили ход в Пещеру Мечей, как называли её позже. Из пола этой пещеры росли огромные кристаллы гипса, похожие на волшебные мечи. Они возникли благодаря тому, что пещера была затоплена водой, которая позволяла молекулам гипса выстраиваться в такие причудливые кристаллы. Но даже сухие пещеры, в которые вода просачивается по трещинам, могут похвастаться замечательными каменными украшениями из кальцитов – сталактитами, свисающими сверху, и сталагмитами, растущими снизу.

Континенты двигались по поверхности Земли и сталкивались, вздымая с морского дна горные цепи, многие из которых целиком состояли из известняка. Например, крымская яйла сложена из осадочных пород – и на её обрыве хорошо видны слои, отражающие сотни миллионов лет эволюции биосферы нашей Земли. Если известняк подвергается внутри коры значительному давлению, то он превращается в мрамор – новую метаморфическую породу.

– Метаморфическую? – наморщила лоб Галатея.

– Это по-гречески означает – «преобразованную». Например, алмазы – это метаморфический минерал, который образуется из углерода при больших давлениях и сравнительно низких температурах. В кратерах, образовавшихся от удара крупных метеоритов, можно найти множество маленьких кристалликов алмаза. Немецкий город Нёрдлинген был построен внутри многокилометрового метеоритного кратера, возникшего пятнадцать миллионов лет назад при падении километрового астероида. На постройку города пошли камни, которых было множество внутри кратера. Когда светит солнце, стены домов и центрального собора этого города начинают блестеть мелкими искорками. Как обнаружили учёные, весь город был построен из породы, в которую вкраплены мелкие алмазы. По оценкам, в стенах города содержится свыше семидесяти тысяч тонн алмазов – правда, очень мелких, для ювелирного дела не подходящих.

– Жаль, – вздохнула Галатея, – Я уж было решила съездить в этот городок...

– Крупные алмазы находят в застывших жерлах вулканов, в так называемых кимберлитовых трубках. Из-за огромного давления в этих трубках углерод превращается в кристаллы алмазов.

– А почему эти трубки называются «кимберлитовыми»? – спросила Галатея.

– В 1866 году пятнадцатилетний мальчик Эразмус Якоб нашёл на берегу южноафриканской реки прозрачный камушек, который оказался алмазом весом более четырёх граммов. Так началась знаменитая «алмазная лихорадка». В 1871 году богатое месторождение алмазов, расположенное в жерле старого вулкана, было обнаружено на ферме братьев Де Бирс.

Британское правительство заставило братьев задёшево продать свою землю, и в 1872 году на раскопке алмазонасной трубки трудились уже пятьдесят тысяч человек, которые и основали город, названный Кимберли, в честь тогдашнего британского министра по делам заморских территорий лорда Кимберли.



– Подхалимы, – сказала непосредственная Галатея.

– Землекопы-алмазодобытчики выкопали кирками и лопатами яму шириной почти в полкилометра и глубиной в 240 метров, которая стала известна как кимберлитовая трубка, или в просторечье «Большая Дыра».

– Глубиной в 240 метров? – изумился Андрей. – Эйфелева башня в Париже имеет высоту около трёхсот метров.

– Да, добыча алмазов в XIX веке была трудной. Двадцать два миллиона тонн породы вытащили наружу землекопы из Большой Дыры, добыв при этом почти три тонны алмазов.

– Один грамм алмазов на семь или восемь тонн породы, – быстро подсчитал Андрей, – Неплохо.

– Большая Дыра стала одним из крупнейших карьеров, созданных ручным трудом. Выкопанный карьер стал осыпаться и заполняться водой, поэтому с 1914 года добычу алмазов в Кимберли стали вести с помощью шахт, которые дошли до глубины более километра. Африка

стала известна как источник прекрасных драгоценных камней, которые добываются практически каторжным трудом. Вот так алмазы, порождения вулканов, повлияли на жизнь целых континентов.

Многие земные породы за время геологической эволюции претерпели значительные изменения, перейдя из осадочных или магматических в метаморфические породы.

– А что это за магматические породы? – спросила Галатея.

– Это те, которые возникли в результате вулканических извержений, например базальты. Базальт – самая распространённая магматическая порода на поверхности Земли и других планет. К магматическим породам относится и обсидиан, или вулканическое стекло. Древние люди широко использовали острые обломки обсидиана для стрел и охоты. В отличие от кристаллических минералов и пород, обсидиан – аморфный материал, то есть его молекулы не выстроены в правильную решетку, а расположены хаотически, в беспорядке.

– Магматические породы – это просто застывшая магма? – спросил Андрей.

– Да, под земной корой, начиная с глубины в несколько десятков километров, расположена земная мантия, которая занимает более 80 % объёма Земли. Жидкая часть мантии – это и есть магма, состоящая в основном из расплавленных силикатов. В раскалённой глубине Земли кипят атомы кислорода, кремния, кальция, магния, железа, алюминия, натрия и калия. Но магматические породы очень распространены и на поверхности Земли...

– Но почему? – удивилась Галатея, – Ведь вулканов довольно мало, они расположены всего в нескольких местах на Земле.

Дзинтара сказала:

– Из жерл вулканов вытекло гораздо больше магмы, чем ты думаешь. Сто миллионов лет назад Африка и Южная Америка были единым целым, как видно по очертаниям берегов и по сходству геологических пород на противоположных берегах Атлантического океана. Подземное течение поднимающейся магмы создало цепь вулканов между Африкой и Америкой. Эти вулканы извергали огромное количество жидкой лавы, которая растекалась в стороны, – и континенты стали медленно, со скоростью несколько сантиметров в год, расходиться. Там, где континенты сталкиваются, из складок геологических пород вырастают горы, например Гималаи, или край побеждённой литосферной плиты опускается под плиту-победитель, в глубины расплавленной магмы – как случилось вдоль берега Индонезии. Там тоже образовалась цепь вулканов, только совсем с другим типом лавы – гораздо более вязкой. Такая лава не выливается, а застревает в жерле вулкана плотной пробкой. Это похоже на перегретый паровой котёл, в котором заткнут предохранительный клапан. Такой котёл взрывается, то же самое происходит и с вулканом.

Семьдесят пять тысяч лет назад на индонезийском острове Суматра взорвался вулкан Тоба. Площадь жерла после катастрофы составила почти две тысячи квадратных километров, и сейчас здесь расположено крупнейшее озеро Суматры. Вулкан Тоба выбросил в атмосферу около трёх тысяч кубических километров лавы и огромное количество пепла и вулканических газов. Газообразный оксид серы из вулкана поднялся до стратосферы, соединился с водой и образовал на высоте 20–30 километров долгоживущий слой мелких капелек серной кислоты, который отражает часть солнечного света назад в космос. Из-за вулканического запыления атмосферы на всей планете наступило похолодание. Есть гипотезы, что в этот голодный и холодный период население планеты Земля сократилось до нескольких тысяч человек, о чём свидетельствуют данные генетиков, отмечающих резкое падение разнообразия человеческой популяции в этот период.

Таким образом, вулканы влияют не только на образование пород, но и на климат всей планеты. Они являются весьма непредсказуемыми и опасными соседями. Ужасное извержение произошло в 1883 году на индонезийском острове Кракатау, длиной всего в семь километров, шириной – в пять. Вулкан на Кракатау стал извергаться, опустошил свою подземную камеру с магмой – и стенки вулкана обрушились внутрь, в озеро раскалённой лавы, вместе с миллионами тонн морской воды. Произошёл взрыв, грохот которого был слышен за многие тысячи километров. Гигантское цунами высотой в четырёхэтажный дом обрушилось на побережье Явы, разрушив множество деревень и убив тридцать шесть тысяч жителей. Небольшое военное судно волна унесла на два километра в глубь суши и выбросила на вершину холма.

Галатея кивнула:

– Я поняла, что вулканы могут стать источником многих пород и неприятностей, но как вообще возникла эта беспокойная жидкая лава? Почему мы живём на крышке кипящего котла?

– Наша Земля возникла из астероидов, собравшихся в гигантский комок. Когда они падали на будущую планету, то нагревали её. Кроме того, горным породам присуща небольшая естественная радиоактивность, которая тоже приводит к выделению некоторого количества тепла. Это тепло совершенно незаметно, когда мы держим в руке камень, но если собрать такие камни в огромную кучу, то теплу, выделившемуся в её центре, просто некуда будет деваться, потому что до поверхности, которая отдаёт своё тепло космосу, очень далеко. Это тепло разогревало будущую планету до тех пор, пока та частично не расплавилась. А в каждом астероиде содержится большое количество как тяжёлых элементов – вроде железа, никеля, марганца, золота, урана и многих других, – так и более лёгких каменных пород на основе силикатов. В расплавленном виде эти элементы и породы начинают разделяться: железо, никель и золото тонут, а каменные породы всплывают вверх и застывают, потому что на поверхности планеты им легче остывать. Так возникла литосфера и твёрдая земная кора, на которой мы живём. По весу она состоит на 99 % из восьми химических элементов: кислорода (47 %), кремния (29,5 %), алюминия (8,1 %), железа (4,7 %), кальция (3 %), натрия (2,5 %), калия (2,5 %) и магния (1,9 %). Под корой всё ещё кипит расплавленная магма, а в центре нашей планеты собрался раскалённый металлический шар радиусом в три с половиной тысячи километров, который называется ядром планеты. Это ядро жидкое снаружи и твёрдое внутри, но мы очень мало о нём знаем, потому что добраться туда с приборами невозможно. Лишь по отражению звуковых волн мы можем как-то судить о его состоянии.

– Но если ядро Земли – железное, то это значит, что в среднем на нашей планете гораздо больше железа, чем в коре? – спросил быстро считающий Андрей.

– Верно, в общем составе Земли в восьмёрке самых распространенных элементов лидирует именно железо – 38 % от общей массы планеты. На втором месте кислород – 27 %.

– То есть железо и кислород составляют две трети веса Земли? – уточнил педантичный Андрей.

– Да, а если добавить сюда кремний, то получится самая распространенная тройка элементов, которые дают 80 % от состава планеты.

– Ты сказала, что расплавленное золото утонуло вместе с железом и застряло в этом самом ядре, – сказала, хитро сощурившись, Галатея. – Но ведь золотоискатели находят золото на поверхности! Кроме алмазной лихорадки, были ещё и золотые – например в Калифорнии и на Аляске! Я читала про них в книгах.

– Верно. В настоящее время золота в земной коре в тысячу раз больше, чем тогда, когда юная земная кора только всплыла из магмы и застыла. Оказывается, золотой запас Земли пополняется падением небольших астероидов и метеоритов.

– То есть золото на земной поверхности – это космический металл второго поколения?

– Да. Первый золотой запас возник в космосе при взрыве сверхновых или при соударении нейтронных звёзд. Он долетел до юной Земли, утонул в магме и собрался в центре планеты. А когда твёрдая земная кора сформировалась, то мелкие астероиды уже не могли её пробить и распыляли своё вещество по поверхности Земли. Это золото не утонуло в магме, и часть его досталась людям. К 2015 году на Земле добыто 186 тысяч тонн золота, которое хранится в сейфах банков, украшает пальцы, руки и шеи модников и модниц, а также используется в электронных приборах, потому что золото – прекрасный нержавеющий проводник.

– А к какому виду пород надо отнести космическое вещество, выпадающее на Землю? – спросил Андрей, – Оно не осадочное, не магматическое, не метаморфическое.

– Да, это хороший вопрос, – задумалась Дзинтара, – Было бы логично отнести космическое вещество к новому сорту пород – первичным. В геологии немало непонятного и непознанного. Мы ещё учимся тому, чтобы уверенно находить в толще земли полезные ископаемые: золото, алмазы, никель и уголь, газ и нефть.

– А нефть – это что такое? – спросила Галатея. – Тоже минерал?

– Да, это минерал, который возникает в толще осадочных пород, как уголь и газ. Растения, зоопланктон и водоросли, умирая, давали огромное количество органического материала. Если он в процессе геологической эволюции попадал в глубину, где в течение десятков, а то и сотен

миллионов лет подвергался нагреву в условиях отсутствия кислорода, то образовывался газ, который горит в кухонных плитах, а также нефть, из которой сейчас делается бензин.

– Значит, мы ездим на жидкости, которая выделилась из трупов и гнили? – скривилась Галатея. – И даже еду готовим на газе из этого... – она не нашла подходящего слова.

– Да, – сказала Дзинтара. – Если тебя смущает гниль с возрастом в сто миллионов лет, могу напомнить, что фрукты, которые ты поглощаешь по утрам, выросли на удобрениях, которые были навозом совсем недавно.

– Ты хочешь испортить мой аппетит? – фыркнула Галатея.

– Я уверена, что твоему здоровому аппетиту ничего не грозит, – усмехнулась Дзинтара. – Твои природные инстинкты верно оценят прекрасную грушу, которую тебе дают на завтрак, и победят рассуждения незрелого разума о том, откуда возникли молекулы этой груши.

– А какой минерал на Земле самый... – Галатея задумалась, – загадочный. Ну... непонятно, откуда взявшийся? Золото?

– Нет, происхождение золота понять гораздо легче, чем происхождение такого минерала, как вода.

– Вода – это тоже минерал? – удивилась девочка.

– Да, и если тебя смущает то, что она – жидкость, вспомни о ледяных горах, айсбергах и ледниках.

– И о снежинках... – добавил Андрей.

– Верно – это прекрасные примеры кристаллов. Лёд – это такой же минерал, как и кварц, только температура его плавления заметно ниже. Он имеет несколько разновидностей, отличающихся кристаллическим строением или отсутствием такового. Во льду и в воде много неизученного, но главная проблема, которую не могут решить учёные – откуда взялась вода на Земле. На Венере воды практически нет, а на Марсе её мало. Почему на Земле так много воды, и откуда она взялась? Попала ли она на Землю с первыми астероидами и уцелела во всех превращениях пород и минералов? Или она была принесена на Землю позже – кометами? Каждая из этих гипотез имеет своих сторонников и противников. Так что вода – это самый загадочный минерал Земли.

Твёрдая часть Земли, собранная из сотен минералов, сложным образом взаимодействует с океанами воды и с воздушной оболочкой, которая окружает нашу планету. Всё вместе – это целый клубок загадок и нерешённых проблем. Как меняется климат? Какова роль человеческой цивилизации в этих изменениях? Какова динамика уровня океана, и что ждёт океанические течения при изменениях климата? Не поменяет ли своё течение Гольфстрим, отапливающий Европу? Мы не можем предсказывать землетрясения и цунами, ураганы и смерчи. Мы даже не можем уверенно предсказывать погоду на несколько дней вперёд, не говоря уж о том, чтобы управлять ею. Науки о Земле – это огромный фронт, на котором работает целая армия учёных, но загадок там по-прежнему более чем достаточно. Земля – наш дом, мы должны понимать и беречь его.

Сказка о графене и пользе твёрдого тела

Дзинтара начала новую историю так:

– Что одному – мусор, то другому – чистое золото. Жизнь нередко подтверждает эту истину, и сегодня я расскажу о Нобелевской премии, в буквальном смысле вытащенной из мусорной корзины.

Эта история началась, когда молодой экспериментатор Андрей Гейм, закончив Московский физико-технический институт в 1982 году и получив степень кандидата физико-математических наук в 1987 году, поехал в 1990-м в Англию на стажировку. Потом он поработал в Дании, и в 1994 году осел в голландском университете, в лаборатории, где был установлен мощный сверхпроводящий магнит. К сожалению, проект, которым занимался Гейм, не требовал столь сильного магнита – и он чувствовал себя неловко из-за того, что не использует такой интересный прибор. Поэтому он, недолго думая, а может быть, наоборот, после долгих раздумий, взял и налил внутрь включённого магнита воду.

– Налил воду? – удивилась Галатея.

– Да. Как признал сам Гейм: «Наливать воду в чей-либо прибор, очевидно, не есть правильный научный подход... До этого никто и не пытался проделать такую глупую вещь, хотя похожее оборудование имелось в различных местах по всему миру».

– Но почему он решился на «такую глупую вещь»? – поинтересовался Андрей.

– Это очень интересный вопрос. Часто учёный пробует что-то сделать, исходя из неясных соображений, интуиции или просто любопытства. И он должен иметь достаточную свободу и возможность следовать своей интуиции и любопытству – в этом суть научных исследований. Андрей Гейм, налив воду в мощный магнит, обнаружил, что вода не пролилась на пол, а повисла в середине зазора магнита. Это было потрясающее зрелище – шарики воды, парящие в невесомости на Земле, а не на орбитальной станции. Вода является так называемым диамагнетиком, она практически не взаимодействует магнитным полем, и лишь приборами можно зарегистрировать слабое отталкивание диамагнетика от магнита. Человек – тоже диамагнетик, но дети часто играют с магнитами и никогда не замечают их воздействия на человеческий организм.

– Свидетельствую! – важно сказала Галатея. – Я совершенно не притягиваюсь к магнитам. И не отталкиваюсь от них.

– Ситуация меняется, когда берётся очень мощное магнитное поле. Тогда даже слабый эффект диамагнетизма становится настолько существенным, что компенсирует земную силу тяжести. Многие голландские коллеги Гейма, даже те, кто работал с сильными магнитными полями всю жизнь, были ошеломлены зрелищем парящей в магните воды, а некоторые упрямо предполагали здесь какой-то розыгрыш. Андрей Гейм, зная, что живые организмы тоже диамагнетики, заставил парить в магните живую лягушку – и фотография левитирующей лягушки стала всемирно известной. За эту работу Гейм получил в 2000 году Шнобелевскую премию – шуточную премию, которую выдают за самые бесполезные научные результаты. В 2001 году Гейм, отличавшийся чувством юмора, опубликовал в солидном физическом журнале статью о возможностях использования эффекта магнитной левитации – и соавтором статьи взял своего хомяка Тишку, замаскировав в списке авторов его звериную сущность в виде инициалов. Гейм утверждал, что хомяк внёс непосредственный вклад в эксперимент.

– Видимо, он и хомяка заставил летать внутри магнита! – неодобрительно сказала Галатея, очень любившая всяких зверьков.

– У меня тоже есть идея о возможности использования эффекта «летающей лягушки Гейма»! – сказал Андрей. – Можно построить на таком принципе противоперегрузочное магнитное кресло для космонавтов или лётчиков. Обычное кресло толкает пилота в спину, причиняя ему боль при высоких перегрузках. Если сильное магнитное поле будет ускорять не только поверхность тела пилота, а весь объём его диамагнитного тела, то уровень переносимых перегрузок станет гораздо выше. Можно будет запускать космические пилотируемые корабли с большим ускорением с помощью лунной катапульты.

– Неплохая идея! – удивлённо посмотрела на сына Дзинтара. – Я рада, что ты серьёзно отнесся к таким несерьёзным экспериментам. Это правильный подход.

Галатея ревниво покосилась на брата, который расцвёл довольной улыбкой.

– Гейм полюбил ставить всякие интересные и необычные опыты, которые он стал называть «эксперименты по пятничным вечерам». Он говорил: «Новые ошибки лучше старого занудства». В 1999 году в лабораторию Гейма прибыл Константин Новосёлов, уроженец уральского города Нижний Тагил и тоже выпускник Московского физтеха. Они стали работать вместе. В 2001 году Гейм переехал в Манчестерский университет, потому что его жене Ирине, тоже физику, предложили там работу. Константин тоже переселился в Манчестер, где их усилиями быстро был создан Манчестерский центр мезонауки и нанотехнологий. Осенью 2002 года в лабораторию прибыл аспирант Да Цзян, которому Гейм поручил создать настолько тонкую плёнку графита, насколько это вообще возможно. Дело в том, что Гейм давно интересовался вопросом: как влияет внешнее электрическое поле на проводимость разных веществ? Это влияние было значительно для полупроводников, что широко использовалось в электронике, но для других веществ эффект внешнего электрического поля был малозаметен. Учёному захотелось исследовать это влияние на примере графита, электронные свойства которого были мало изучены. Аспирант приступил к полировке графитовой пластины, но та крохотная пластинка, которую ему удалось выточить из целого куска графита, была слишком толстой для

использования в эксперименте. Гейм ворчал о горе, которую приходилось шлифовать до песчинки.

В лаборатории работало несколько человек, каждый занимался своим делом, но слышал, о чём говорят другие. Олег Шкляревский из Харькова услышал ворчание Гейма и пришёл на помощь. Чтобы получить свежий слой графита, к образцу обычно приклеивали липкую ленту, отрывали её и выбрасывали. Олег достал из мусорной корзины такую ленту со следами графита и показал её Гейму. Тот посмотрел на неё в микроскоп и обнаружил чешуйки гораздо тоньше, чем получались у китайского студента. Ситуация выглядела многообещающей и требовала вовлечения дополнительных людей. Олег был занят и не вызвался участвовать в ещё одном проекте, а Константин Новосёлов – вызвался. Через год с помощью этой грязной ленты скотча они получили результат, удостоенный Нобелевской премии.

– Мне кажется, что сотрудник, вытащивший ленту скотча из мусорной корзины, потом сожалел, что не вызвался добровольцем в новый проект, – сказала Галатея.

– Ты тоже можешь пожалеть, что не присматривалась к карандашным линиям, которые так любишь проводить. Ведь там тоже масса тончайших пластинок графита! – подначил Андрей сестру.

– Лента скотча оказалась исключительно полезной, но не была для Гейма, как он вспоминал, «эврикой», то есть моментом главного открытия. За несколько дней Гейм и Новосёлов быстро нашли способ выбирать самые тонкие чешуйки графита, после чего Константин аккуратно перенёс пинцетом графитовую пластинку под микроскоп и присоединил к ней контакты из специальной проводящей серебряной пасты. Гейм отметил в своей Нобелевской лекции, что такой кристалл графита имел размер, сравнимый с сечением человеческого волоса, а толщину в 20 нанометров. Он вспоминал: «Для того чтобы пинцетом перенести такой кристалл со скотча, а затем сделать четыре близко расположенных контакта с помощью всего лишь серебряной пасты и зубочистки, требуется высочайший уровень экспериментаторского мастерства. В наше время немногие экспериментаторы имеют пальцы, достаточно ловкие для того, чтобы изготовить такие образцы».

В самом первом образце, сделанном вручную на стекле, ясно проявилось воздействие внешнего электрического поля, изменившего проводимость графитового кристалла на несколько процентов. Гейм прекрасно знал, как трудно получить такой эффект, и вспоминал свою реакцию на результат: «Я был просто шокирован. Если эти безобразного вида устройства, сделанные вручную из относительно больших и толстых пластинок, уже демонстрируют некоторое влияние внешнего поля, то что будет, думал я, если мы начнём использовать самые тонкие кристаллы и применим весь арсенал технологического оборудования? В тот момент я понял, что мы наткнулись на что-то действительно потрясающее. Вот это и была моя „Эврика!“».

Сотрудники лаборатории стали работать над новым направлением по четырнадцать часов в сутки без выходных и перерывов. В конце 2003 года статья была отправлена в журнал «Нейчэ», но была отвергнута, как не содержащая «существенного научного достижения».

– Вот так причина! – воскликнул удивлённый Андрей. – Нобелевский результат оказался несущественным!



Дзинтара вздохнула:

– Наука не свободна от субъективных суждений даже в экспериментальной области. Статья про графен, новую двумерную кристаллическую форму углерода, была опубликована в журнале «Сайенс» и принесла её авторам заслуженную славу, а в 2010 году – Нобелевскую премию. Манчестерский университет активно поддержал молодых исследователей и выстроил специально для них новый исследовательский Институт графена. Сейчас графен, моно-молекулярная прочная плёнка, или первый открытый двумерный кристалл, стал объектом пристального внимания промышленников. Из него собираются делать гибкие экраны, новые виды электронных устройств, фильтры для воды и многое другое. Его даже стали подмешивать в подошвы кроссовок, чтобы они были гибче и прочнее.

– А чем сейчас занимаются Гейм и Новосёлов? – спросила Галатея.

– Они двинулись дальше и создали много других мономолекулярных двумерных кристаллов, обладающих интереснейшими свойствами. Более того – они стали складывать эти двумерные кристаллы в трёхмерную стопку, получая материал с уникальными, заранее заданными свойствами. Нанотехнологии пришли в физику твёрдого тела и обещают новую революцию.

– Что это за физика твёрдого тела? – поинтересовалась девочка.

– О, физика твёрдого тела имеет давнюю историю, которую можно начать с кроманьонцев, живших в Европе более сорока тысяч лет назад. Они сумели среди множества камней, встречающихся на поверхности земли, найти самый прочный и удобный к обработке – кремь. Именно он стал популярным у кроманьонцев материалом, из которого они начали делать наконечники для стрел, кремневые ножи и топоры. Обсидиан, вулканическое стекло, тоже шло на изготовление ножей и наконечников стрел. Современные хирурги изучили обсидиановые ножи древних людей и нашли, что они острее, чем современные скальпели из нержавеющей стали. Если пациент имеет аллергию на металл, то для его лечения используют обсидиановые скальпели, правда с большой осторожностью, потому что они очень хрупкие. Умение найти подходящий камень и создать из него каменное орудие – это технология, которая лежит на стыке минералогии, физики твёрдого тела и механики. Сейчас она кажется древней и примитивной, но в своё время помогала кроманьонцам охотиться и выживать. Потом начались медный, бронзовый и железные века, в которые возникла такая наука, как металлургия. Умение древних оружейников учитывать физику твёрдых тел проявилось, например, в создании сабель из дамасской стали, в которых гибкость клинка соединялась с твёрдостью и режущими свойствами заточенной кромки.

Двадцатый век принёс расцвет физики твёрдых тел. Ключевым моментом стал 1912 год, когда в Мюнхене на заседании Баварской академии наук был заслушан доклад о рассеянии рентгеновских лучей на кристаллах. Первая, теоретическая, часть доклада была сделана Максом фон Лауэ из Цюриха, а во второй части его ассистенты Фридрих Вальтер и Пауль Книппинг продемонстрировали результаты эксперимента, подтверждающего теорию. Авторы доклада доказали, что рентгеновские лучи имеют волновую природу, а кристаллы обладают периодической атомной структурой. Через три года фон Лауэ получил за открытие нового, очень плодотворного метода исследования кристаллов Нобелевскую премию.

– Всё-таки мне не очень понятно, что такое физика твёрдого тела, – покачала головой Галатея. – Кремниевые ножи, кристаллы, рентгеновские лучи... как это всё объединяется?

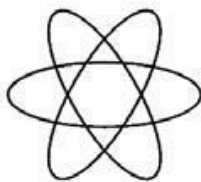
– Физика твёрдого тела пытается установить связь между физическими свойствами твёрдых тел, которые нас окружают, и их атомным строением, то есть связать макромир и микромир. Если мы хорошо изучим эти связи, то сможем создавать материалы с нужными нам свойствами – например сверхчистые кристаллы кремния и германия для полупроводников. Именно на примере кристаллов удобно изучать связь между крошечными атомами и нашим макромиром, потому что многократная повторяемость атомной структуры кристалла позволяет получить наглядное макроскопическое отображение этой структуры, например при облучении её рентгеновскими лучами.

Такова двойственная природа физики твёрдого тела. Поэтому в неё вносят важный вклад как квантовые механики, которые рассчитывают квантовое поведение атомов и электронов в твёрдых телах, так и экспериментаторы, которые изучают макроскопическое поведение, например сверхпроводящих образцов. Именно сверхпроводимость является одним из самых перспективных направлений физики твёрдого тела. Если бы были получены высокотемпературные сверхпроводники, работающие в условиях комнатных температур, то это стало бы новой технологической революцией. Экспериментаторы ищут такие сверхпроводники, но практически наугад, потому что хорошей квантово-механической теории высокотемпературных сверхпроводников ещё не создано.

В жилах нашей цивилизации течёт электрическая кровь, поэтому проводники, которые передают электрическую энергию на большие расстояния, и полупроводники, лежащие в основе всей электроники, играют колоссальную роль в экономике планеты. Сейчас специалисты работают над созданием триода на основе графена.

Не менее важным достижением физики твёрдого тела стало создание лазеров. Но об этом мы поговорим в следующей истории.

Примечания для любопытных



Сэр Андрей Константинович Гейм (р. 1958) – советский, нидерландский и британский физик, лауреат Нобелевской премии по физике 2010 года за исследование графена. Родился в г. Сочи. Член Лондонского королевского общества, рыцарь-бакалавр по указу королевы Елизаветы II.

Сэр Константин Сергеевич Новосёлов (р. 1974) – российский и британский физик, лауреат Нобелевской премии по физике 2010 года за исследование графена. Родился в г. Нижний Тагил. Член Лондонского королевского общества, рыцарь-бакалавр по указу королевы Елизаветы II. Его работы процитированы более ста тысяч раз.

Графен – первый известный истинно двумерный кристалл. Обладает высокой проводимостью, теплопроводностью и прочностью. Позже были открыты двумерные кристаллы кремния (силицен), фосфора (фосфорен), германия (германен).

Макс фон Лауэ (1879–1960) – немецкий физик. Лауреат Нобелевской премии за 1914 год «за открытие дифракции рентгеновских лучей на кристаллах».

Сказка о лазерах и киберах

На очень разных и далёких друг от друга континентах – в Северной Америке и в Австралии – примерно в одно и тоже время родилось двое мальчиков, которым было суждено встретиться в Европе спустя полвека и при весьма необычных обстоятельствах. В то время в Европе шла кровопролитная Первая мировая война, но отзвуки её не доносились до тихих уголков Америки и Австралии. Американца звали Чарльз Таунс, его юность прошла в спокойной благополучной обстановке. До двадцати лет он рос и учился в городке Гринвилл в Южной Каролине, где живописные горы, заросшие густым лесом, переходят в равнину с озерами, фермами и провинциальными городами.

Австралийца звали Александр. Он родился в семье российских революционеров Прохоровых, бежавших в Австралию из сибирской ссылки. Он был младшим в семье – у него было три старших сестры, которые тоже родились на севере Австралии, в небольшом городке Атертон, где обосновалась русская колония.

В 1923 году семья Прохоровых вернулась в Россию. Началась нелёгкая пора привыкания после тропической Австралии к новому суровому климату и непростым условиям жизни в послереволюционной России.

Александр закончил Ленинградский университет в 1939 году. Чарльз опередил его: в тот год он уже защитил диссертацию в Калифорнийском технологическом. Дальнейшая их судьба была драматически различной. Началась война с фашистской Германией, и в октябре 1941 года Александр Прохоров, сильный, высокий парень – рост метр девяносто – ушёл на фронт и стал разведчиком. Он получил два тяжёлых ранения и довоевал до февраля 1944 года, когда война покатила к победному концу. Прохорова комиссовали по инвалидности, и он вернулся в аспирантуру московского Физического института, где учился до войны. Он оказался одним из немногих, кто ушёл на фронт в 1941-м и сумел вернуться живым в 1944-м. Его отец умер в декабре 1941 года от голода в блокадном Ленинграде, а мать скончалась в марте 1944-го в эвакуации в Казахстане.

Диссертацию Александр Прохоров защитил только в 1946 году, отстав от Таунса на семь лет. Его диссертация была написана от руки.

Чарльз Таунс не сидел в окопах под обстрелом и не ползал в тылу врага с гранатой в руке. Все военные годы он благополучно проработал в лаборатории «Белл телефон», где разрабатывал радарные системы для бомбометания. В 1950 году он стал профессором Колумбийского университета.

Прохоров отличался исключительной трудоспособностью и талантом – и вскоре догнал профессора Таунса по достижениям. Главным результатом, к которому Таунс и Прохоров пришли практически одновременно, стало создание лазеров – оптических квантовых генераторов, ставших впоследствии знаменитыми и общераспространёнными. Докладчики используют лазеры как указку, снайперы – в качестве прицела; лазеры режут металл, записывают компьютерную информацию, подсвечивают дискотеки и обещают помощь в межзвёздных путешествиях.

История лазеров началась с Альберта Эйнштейна. Главными его достижениями считаются создание специальной теории относительности в 1905 году и общей теории относительности в 1916-м. Но в 1905 году Эйнштейн стал ещё и одним из основателей современной квантовой теории. При этом Эйнштейна многие считают консерватором, который не принимал квантовую теорию.

– Какжета? – удивилась Галатея.

– Как всегда, реальность оказывается сложнее общепринятого мнения. Макс Планк в 1900 году предположил, что нагретое «чёрное тело» излучает свет порциями – квантами. Но он не думал, что луч света, летящий в пространстве, тоже обладает этими квантовыми свойствами. Этот шаг сделал именно Эйнштейн – и как раз в 1905 году. Он написал в статье, отправленной в печать 17 марта 1905 года: «Я и в самом деле думаю, что опыты, касающиеся излучения чёрного тела, фотолуминесценции, возникновения катодных лучей при освещении ультрафиолетовыми лучами и других групп явлений, связанных с возникновением и превращением света, лучше объясняются предположением, что энергия света распределяется по пространству дискретно. Согласно этому сделанному здесь предположению, энергия пучка света, вышедшего из некоторой точки, не распределяется непрерывно во всё возрастающем объёме, а складывается из конечного числа локализованных в пространстве неделимых квантов энергии, поглощаемых или возникающих только целиком».

– А нельзя ли как-нибудь пояснить понятнее? – жалобно спросила Галатея.

– Конечно, – улыбнулась Дзинтара. – Представьте, что вы выливаете на ровный пол ведро воды. Она быстро растекается – и чем дальше от точки выливания, тем тоньше становится слой воды. Если же вы высыпете мешок гороха, то горошины тоже разбегутся в разные стороны, но совсем по-другому: каждая горошина будет двигаться неизменной, увеличится лишь расстояния между горошинами. Вот так же различается взгляд на свет свечи волновой и квантовой теории: согласно первой, свет распространяется во все стороны равномерно и слабеет, а согласно квантовой теории света, которую предложил Эйнштейн, свет похож на поток отдельных горошин, которые ничуть не меняются при длительном путешествии. Это настолько противоречило тогдашним представлениям, что даже Планк настороженно отнёсся к эйнштейновским световым квантам.

– А чем полезна эта эйнштейновская теория световых горошин? – спросил Андрей.

– На основании этой теории Эйнштейн в статье 1905 года объяснил появление катодных лучей – то есть потоков электронов – при облучении некоторых материалов ультрафиолетом. Именно за объяснение этого явления, названного «фотоэффектом», Эйнштейн и получил спустя семнадцать лет Нобелевскую премию по физике.



– В 1905 году Эйнштейн работал в патентном бюро, – быстро сверился с энциклопедией Андрей. – Значит, свой нобелевский результат он сделал, будучи не учёным, а просто мелким чиновником?

– Да. Но теорию световых квантов он не забывал, даже когда стал профессиональным учёным и профессором. Например, в 1916 году он написал статью, в которой ввёл понятие индуцированного излучения. Там он так отозвался о работе Планка: «Его вывод отличался беспримерной смелостью, но нашёл блестящее подтверждение». Именно эта статья Эйнштейна стала теоретической основой для создания лазеров спустя сорок лет.

– Что за индуцированное излучение? – поинтересовалась Галатея. – Можно его объяснить на уровне горошин?

– Можно. Возьмём слегка наклонную пластинку и положим на неё горошину. Если пластинка ровная, то горошина непременно скатиться вниз. Нанесём на пластину серию поперечных мелких бороздок, в которых горошины могут удерживаться от падения. Пластина с бороздками, усеянными горошинами, представляет собой модель вещества, где электроны находятся в возбуждённом состоянии: они сидят на верхних электронных орбитах и в любой момент готовы скатиться вниз. Если бросить на верхнюю часть пластины горсть горошин, то они, выбивая застрявший горох из мелких бороздок, вызовут гороховую лавину, которая обрушится вниз.

Именно такой эффект предсказал Эйнштейн в 1916 году, и именно на таком принципе устроен лазер.

Практически воплотить идеи Эйнштейна ещё при жизни великого физика удалось Чарльзу Таунсу и Александру Прохорову, который развивал идею квантового генератора в тесном сотрудничестве с молодым сотрудником Николаем Басовым, из-за долгой войны закончившим университет только в 1950 году. Им удалось создать среду, в которой было множество атомов в возбуждённом состоянии. И когда фотон пролетал через эту среду, он заставлял атомы испускать новые фотоны в том же направлении, как и предсказывал Эйнштейн. В результате возникала целая лавина совершенно одинаковых фотонов, летящих в одном направлении. Так был создан знаменитый лазерный луч. За это достижение Чарльз Таунс, Александр Прохоров и Николай Басов были удостоены Нобелевской премии по физике за 1964 год. Интересно, что Таунса вдохновила на создание лазеров книга А. Н. Толстого «Гиперболоид инженера Гарина», вышедшая на английском языке в 1936 году.

После создания лазеры проникли во все области человеческой жизни – они всё время у нас буквально под рукой, которая часто лежит на лазерной компьютерной мышке. Есть лазеры огромные, как дом, – они используются для инициации термоядерной реакции. Есть крошечные лазеры на полупроводниках, которые работают в электронно-оптических приборах, в частности в лазерных музыкальных проигрывателях. Возможно, зонды, летящие к другим звёздам, будут снабжены парусами, а лазеры, установленные на Земле, станут наполнять эти паруса энергией. Инженеры и физики, которые интересуются лазерными технологиями, всегда найдут там массу новых, интересных и полезных задач. Например, до сих пор не удаётся создать гразер – лазер, который излучал бы в гамма-диапазоне. Да и с разером, то есть с рентгеновским лазером, тоже немало трудностей.

Одна область применения лазеров оказалась неожиданной и очень плодотворной. Тонкий лазерный луч, который легко преодолевает огромные расстояния, стал прекрасным инструментом для измерения расстояний. С его помощью удаётся точно определить расстояние до самых далеких спутников Земли и даже до Луны. Это позволяет вычислить скорость движения земных континентов, которая составляет несколько сантиметров в год. Потом лазерный дальномер разместили на самолёте и заставили его измерять высоту до земли с точностью в несколько сантиметров и с частотой десятки тысяч лазерных измерений в секунду. В результате получилась невиданной точности трёхмерная модель земной поверхности и всех объектов на ней – холмов и оврагов, домов и деревьев. К началу XXI века лазерные дальномеры – их называли лидарами – стали столь компактными и дешёвыми, что их начали размещать на автомобилях и на роботах.

– А для чего это нужно? – спросила Галатея.

– Лидар на автомобиле измеряет расстояние до соседних машин или других препятствий и сигнализирует водителю об опасном сближении. Если машина снабжена автопилотом, то лидарные данные позволяют компьютеру-водителю безопасно маневрировать, так что ошибка человека-водителя не может привести к аварии. Особенно ценными оказались лидары для роботов, которые двигаются не по гладким дорогам с известным маршрутом. Робот должен сопровождать человека всюду, куда тот пойдёт, и действовать самостоятельно там, где для человека слишком опасно: в развалинах, образовавшихся после землетрясений, либо на местах аварий, где разлиты радиоактивные вещества или химикаты. Поэтому робот должен прекрасно ориентироваться в пространстве и иметь точную трёхмерную картину окружающей его среды. Этого без лидара добиться невозможно.

– Почему? – поинтересовался Андрей. – У нас ведь нет лазеров в глазах, а мы хорошо видим и всегда знаем, что нас окружает.

– Человеческое зрение – это великолепно устроенный аппарат восприятия окружающей действительности. Он включает высокочувствительную оптику прекрасного разрешения – глаз человека имеет 130 миллионов рецепторов, мощный мозг для быстрой обработки поступающей информации и многолетнюю тренировку в привычной среде для эффективного построения трёхмерной картинки. Два глаза, разнесённых для объёмного зрения, дают хорошую возможность оценить расстояние до окружающих нас предметов.

У современных роботов таких замечательных способностей нет: их видеокамеры не имеют столь высокого разрешения, но даже при этом поток информации с них столь велик, что быстро обработать его портативный компьютер не может.

– Да и многолетней тренировки у него нет! – гордо заявила Галатея.

– Верно. Поэтому лидар, который мгновенно дает надёжную информацию о расположении предметов и не перегружает мозг робота избыточным объёмом информации, оказывается для робота исключительно важным органом чувств – важнее, чем его видеокамеры. Человек давно хотел создать себе механического помощника, который будет помогать ему в тяжёлых и опасных работах. Термин «робот» придумал чешский писатель Карел Чапек, и оно произошло от чешского слова «каторга».

– Да, роботов планировалось создать явно не для прогулок! – сказал Андрей.

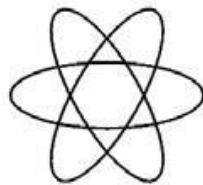
– Однако между мечтой и реальностью пролегла огромная дистанция. Сделать человекоподобного робота оказалось очень непросто. Движения человека определяются лёгким прочным скелетом, отдельные части которого двигаются мышцами, сокращающимися по приказу мозга, передаваемому по нервам. Но люди не могут создать искусственные мышцы, сопоставимые по эффективности с биохимическими мышцами, созданными природой.

– Этой проблемой стоит заняться! – с энтузиазмом воскликнула Галатея.

– Поэтому обычно роботы двигаются с помощью электромоторов. Это означает, что на каждую степень свободы движения какой-то конечности человека, например сгибания руки в локте, требуется отдельный электромотор. Если присмотреться к движению кисти нашей руки, то можно подсчитать, что для человекоподобной механической кисти нужно 17 моторов. Если подсчитать степени свободы для всех конечностей, то окажется, что для постройки человекоподобного робота потребуется сотня моторов. Энергетическая эффективность электромоторов для человеческих движений невысока. Электромоторы легко вращают колёса или оси винтов, а сгибать конечности робота в суставах для них непросто: требуется специальная передача, которая переводит вращение в поступательное движение. При этом мотор в работе всё время должен менять скорость и направление своего вращения. Если в электромобиле, едущем по шоссе, электромоторы вращаются примерно с одинаковой скоростью, то их работа в человекоподобном роботе будет состоять из постоянных включений и выключений, что не способствует ни энергетической эффективности, ни долговечности. Лишь в XXI веке был создан механический человекоподобный робот, который мог уверенно передвигаться по лестницам, перепрыгивать через препятствия и даже делать обратное сальто. Но стоимость и сложность такого робота оказались очень высоки. Понятно, что широкое распространение легче получить не человекоподобным массивным роботам, а небольшим подвижным киберам с размером и мобильностью собаки. Но как бы ни передвигался кибер – на ногах, лапах или колёсах, – ему непременно нужны лидарные глаза для того, чтобы видеть, куда идти.

Автомобили с автопилотом и робототехника образовала целую новую индустрию, в которой есть масса интересных задач как для учёных, так и для инженеров. И важную роль в этой новой индустрии играют лазеры, которые были созданы в середине XX века Прохоровым, Басовым, Таунсом и их сотрудниками.

Примечания для любопытных



Александр Прохоров (1916–2002) – советский и российский физик, создатель мазера (квантового генератора микроволнового излучения) и лазера (квантового генератора оптического излучения). Лауреат Нобелевской премии по физике за 1964 год.

Николай Басов (1922–2001) – советский и российский физик, создатель мазера и лазера. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1964 год.

Чарльз Таунс (1915–2015) – американский физик, создатель мазера и лазера. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1964 год.

Альберт Эйнштейн (1879–1955) – швейцарско-немецко-американский физик, создавший концепцию световых квантов и заложивший теоретические основы лазерной физики. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1922 год.

Карел Чапек (1890–1938) – чешский писатель, фантаст. Термин «робот» придумал его брат Йозеф, художник. Карел использовал его в своей пьесе «Россумские универсальные роботы», написанной в 1920 году. Пьеса была поставлена в театре в начале 1921 года, и слово «робот» прочно прижилось в мировом словаре.

Сказка о таинственных городах и забытых языках

Ныне, когда ты желаешь, чтоб я воевал и сражался,
Всем повели успокоиться, Трои сынам и ахейцам;
И посреди них поставьте меня с Менелаем-героем;
Мы за Елену Аргивскую с ним перед вами сразимся.
Кто из двоих победит и окажется явно сильнейшим,
В дом и Елену введёт, и сокровища все он получит.
Вы ж, заключившие дружбу и клятвы святые, владейте
Тройей холмистой; ахейцы же в Аргос, конями богатый,
Вспять отплывут и в Ахаию, славную жён красотою.

Гомер, «Илиада», пер. с древнегреческого Н. Гнедича

Ранним утром худой высокий паренёк по имени Фрэнк сидел на прибрежной скале. Перед ним расстилалось голубое Средиземное море, за его спиной просыпался остров Мальта. Он декламировал бессмертные стихи Гомера и смотрел на солнечные блики на волнах и бесконечное стадо пенных барашков. Вот-вот по блестящей поверхности моря поплывут корабли ахейцев, готовые высадиться на малоазиатский береги штурмовать Троию.

Но где была расположена эта легендарная «холмистая Троя»?

Фрэнк Калверт многое бы отдал, чтобы узнать её местонахождение. Многие считают, что Гомер нафантазировал сюжет своей «Илиады», но Фрэнк верил в подлинность древнего эпоса. В придуманной истории не может быть таких живых героев и столь детального описания их подвигов. А если герои невыдуманные, то и Троя существовала. Значит, на месте, где она стояла, должны сохраниться свидетельства древних битв и, конечно, упоминаемые сокровища – в этом Фрэнк был твёрдо уверен. Сказано же в «Илиаде» про золотой ковчег, в котором похоронили Гектора, сражённого Ахиллесом:

Прах драгоценный собравши, в ковчег золотой положили,
Тонким обвивши покровом, блистающим пурпуром свежим.
Так опустили в могилу глубокую и, заложивши,
Сверху огромными частыми камнями плотно устлали;
После курган насыпали; а около стражи сидели,
Смотря, дабы не ударила рать меднолатных данаев.
Скоро насыпав могилу, они разошлись; напоследок
Все собрались вновь и блистательный пир пировали
В доме великом Приама, любезного Зевсу владыки.

Так погребали они конеборного Гектора тело.

Некоторые люди, как и Фрэнк, верят в реальность Трои. Немало путешественников посетило малоазиатский, ныне турецкий, берег в поисках загадочного исчезнувшего города. Существовали разные мнения, где он располагался, но Фрэнк верит в версию Британской энциклопедии. В 1822 году в энциклопедической статье про Трою шотландский журналист и геолог Чарльз Макларен, изучив все доступные материалы, указал на местечко Гиссарлык как на вероятное место гомеровской Трои.

Фрэнк бредит этим городом из древнего сказания и мечтает в один прекрасный день сам заняться его поисками. Но он был самым младшим из семи братьев Калвертов и вдобавок слишком юным для осуществления своей мечты. Фрэнк вздохнул, слез с тёплого камня и отправился домой. После завтрака старшие братья непременно придумают ему кучу поручений.

Шли годы. Фрэнк так и оставался в тени своих шумных и более успешных старших братьев, пребывая в статусе их вечного помощника. У него не было семьи и детей, но была заветная мечта – найти Трою из гомеровской «Илиады». Старшие братья с сочувствием относились к несбыточной, на первый взгляд, мечте младшего брата. В 1847 году, когда Фрэнку исполнилось девятнадцать лет, его старший брат купил ферму в 2000 акров – это восемь квадратных километров – на турецком побережье. В этот участок входила часть холма Гиссарлык, который возвышался на тридцать метров над окружающим фермерским полем. Фрэнк часто сидел на этом холме и смотрел на равнину, которая расстилалась перед ним вплоть до Эгейского моря. Неужели именно здесь «шлемоблещущий» Гектор сражался с могучим Ахиллесом?

Но как доказать, что недра этого холма скрывают утонувшие стены Трои?

– А почему старые города тонут в земле? – спросила Галатея. Дзинтара ответила:

– В городах накапливаются груды мусора и битой посуды. А если здания заброшены, то их заносит песок и пыль, они зарастают бурьяном и деревьями, которые каждый год добавляют новый слой из старых листьев и трав. За тысячу лет уровень городской земли может вырасти на пару метров. За несколько тысяч лет в земле утонут даже высокие стены Трои.

В 1865 году Фрэнк начал раскопки на холме Гиссарлык. Но выкопанные траншеи ничего не принесли, а денег на крупномасштабные раскопки у Фрэнка не было.

Однако всё изменилось 10 августа 1868 года: Фрэнк встретился с богатым купцом Генрихом Шлиманом, который весной того же года побывал в Италии на раскопках Рима, Помпеи, а потом в Греции – в Итаке, Коринфе и Микенах – и страстно заинтересовался археологическими раскопками.

Шлиман был незаурядным человеком. Он родился в семье бедного немецкого пастора, но твёрдо верил в то, что станет великим. Шлиман, отличаясь прекрасной памятью и способностью к языкам, стал полиглотом.

– Кто такой полиглот? Что он глотает? – спросила Галлатея.

– Это человек, который владеет несколькими языками. Шлиман, используя собственную методику, в течение жизни выучил пятнадцать языков. Это помогло ему стать процветающим купцом и разбогатеть. Он получил российское гражданство и в тридцатилетнем возрасте женился на русской Екатерине Лыжиной, дочери адвоката. У них было трое детей. Потомки Шлимана, дети его дочери Надежды, эмигрировавшей из России после революции, до сих пор живут во Франции и Чехии. Через семнадцать лет, чтобы развестись с Екатериной, которая не хотела жить с мужем в Европе, Шлиман получил американское гражданство, потому что в США легче всего было оформить развод.

Шлиман объездил много стран и даже совершил кругосветное путешествие. Попутно он зарабатывал деньги и одновременно искал дело, которое могло бы его прославить. К этому времени он уже выучил латынь, новогреческий и древнегреческий, прочитал в подлиннике «Илиаду» и «Одиссею» Гомера и живо интересовался историей. Живя в Париже, 7 мая 1867 года он присутствовал на лекции про «Илиаду», из которой узнал, что по поводу расположения Трои и того, была ли она на самом деле, среди учёных идут оживлённые дискуссии.

В августе 1868 года Генрих Шлиман приезжает в Турцию и встречается с Фрэнком Калвертом, который уверен, что холм Гиссарлык скрывает в себе гомеровскую Трою и сокровища её царя Приама. Выслушав Фрэнка, Шлиман загорелся желанием раскопать Трою. Это открытие непременно прославило бы его! 22 августа он категорично пишет отцу: «В апреле

следующего года я обнажу весь холм Гиссарлык, ибо уверен, что найду Пергамон, цитадель Трои».

Вернувшись в Европу, Шлиман обдумывает план раскопок на следующий год и в декабре 1868 года посылает Калверту письмо с двумя десятками вопросов практического толка. В каком месяце можно начинать раскопки? Сколько рабочих потребуется?

Шлиман предусмотрительно готовится к будущим сенсациям и славе: понимая консервативность научного сообщества, он осенью вступает в Парижское общество по изучению Греции, а также отправляет в Ростовский университет две опубликованные книги своих путевых заметок и биографию – с расчетом получить степень доктора наук. Такой шаг был хорошо подготовлен с помощью кузена-юриста, и весной 1869 года учёный совет университета единогласно присваивает Генриху Шлиману степень доктора философии.

Твёрдо решив связать свою судьбу с Грецией и раскопками Трои, Шлиман в 1869 году женится на молодой гречанке Софии и селится в Афинах. Дочь и сына, родившихся в этом браке, он назвал в честь древнегреческих героев: Андромаха и Агамемнон.

Турецкое правительство медлило и не давало разрешения на раскопки Трои. 1 апреля 1870 года нетерпеливый Шлиман на свой страх и риск нанял дюжину рабочих и при активной помощи Фрэнка Калверта приступил к самовольным раскопкам. На северо-восточном склоне холма Гиссарлык Шлиман и Калверт нашли 9 апреля остатки двухметровой стены. Но без разрешения дальше копать не было смысла, тем более что раскопки проводились на чужих землях, хозяева которых потребовали засыпать траншею, что и было сделано к 22 апреля.

Первые раскопки позволили Шлиману оценить объём будущих работ. Кроме того, он приступил к покупке земель, на которых был расположен холм Гиссарлык. Официальные учёные считали, что Шлиман и Калверт верят в Трою на Гиссарлыке только потому, что имеют здесь собственность.

Лишь 11 октября 1871 года, преодолев все бюрократические препятствия, Шлиман закладывает новый ров, который должен пресечь весь холм с северо-запада на юг. В результате раскопок были найдены огромные каменные блоки, но начались проливные дожди, и 22 ноября первый археологический сезон был закрыт. Сразу возник вопрос интерпретации найденных артефактов: к какому веку или тысячелетию они относятся? Если ли среди этих руин те, которые принадлежат именно к гомеровской Трое? Следуя советам профессиональных археологов, в следующем сезоне Шлиман стал фиксировать глубину, на которой находился тот или иной предмет.

Новый сезон раскопок начался 1 апреля 1872 года, в работах участвовало сто землекопов и несколько инженеров. Все события с холма Гиссарлык, включая даже незначительные находки, освещались немецкими, греческими и русскими газетами.

Шлимана не интересовали предметы римской эпохи, которые попадались в верхних слоях: он искал древнюю Трою Гомера, пробиваясь к нижнему культурному уровню сквозь руины более поздних времён. Самая значительная находка была сделана им в начале следующего сезона 1873 года, когда он наткнулся на клад, содержащий 8833 предмета, многие из которых были сделаны из золота. Шлиман сразу назвал это «кладом Приама» и объявил, что гомеровская Троя открыта. Это стало сенсацией в Европе. Шлиман надел часть найденных «драгоценностей Елены» на молодую супругу, и эта фотография разошлась по всем газетам. Но учёные встретили находки Шлимана с большим недоверием. Например, они не видели серьёзных доказательств того, что данный клад относится ко времени гомеровской Трои.

– А как Шлиман доказывал, что это драгоценности той самой Трои? – любопытствовал Андрей.

– Это был сложный вопрос, в котором Шлиман проявил нетерпение. Учёные оказались правы: на самом деле найденный клад был на тысячу лет старше, чем Троя царя Приама. Но Шлиман и Калверт оказались правы в главном: холм Гиссарлык содержал в себе древнюю Трою. С тех пор на этом месте постоянно идут раскопки, он стал мировой туристической достопримечательностью. Постепенно археологи выяснили, что холм содержит девять культурных слоёв...

– То есть девять городов? – удивилась Галатея.

– Да, которые сменяли друг друга на протяжении трёх с половиной тысячелетий – до 500 года нашей эры. Последние полторы тысячи лет на холме Гиссарлык никто не жил, поэтому руины

последней, девятой, Трои разрушились и заросли. Троя Приама была Троей номер семь. Имя Шлимана, который совершал раскопки без тщательности, присущей археологам, а потом развернул вокруг своих открытий шумную рекламную кампанию, имело в глазах профессионалов оттенок скандальности. Но со временем заслугам Шлимана стали отдавать должное, поэтому можно смело сказать, что Шлиман добился своей цели: остался в истории благодаря раскопкам Трои. Открытие Трои изменило отношение учёных к гомеровским текстам: сейчас они рассматриваются не как фантазии, а как источник исторических сведений.

Для широкой публики Фрэнк Калверт остался в тени «шлемоблещущего» Шлимана, но он всё равно был счастлив: ведь он нашёл свою Трою – именно там, где давно мечтал найти. До конца своих дней стареющий Фрэнк любил приходить на холм Гиссарлык, садиться лицом к равнине, которая отделяла древнюю Трою от Эгейского моря, и представлять себе, как здесь сражались два доблестных войска – за славу, за красавицу Елену и, конечно, за сокровища царя Приама.

Археология – это наука, которой присущ азарт кладоискателя. Именно поэтому археологией занимались не только учёные и государственные институты, но и богатые бизнесмены и даже графы.

– Графы сами копали траншеи?

– Нет, они давали деньги на их рытьё. Так поступил британский граф, лорд Джордж Карнарвон. Его финансовое положение было не блестящим, но потом он выгодно женился на девушке Апьмине. Она была незаконной дочерью Альфреда Ротшильда, который дал ей в приданое полмиллиона фунтов стерлингов. Это поправило дела графа настолько, что он смог профинансировать раскопки в Египте.

Там лорд познакомился с Говардом Картером, английским археологом, который с детства бредил Египтом и сокровищами фараонов. Когда Картеру исполнилось семнадцать лет, бабушка подарила ему долото для добычи сокровищ, с которым юный Говард отправился в Египет. В 1907 году, когда Карнарвон нанял Картера в качестве ассистента, тот уже более пятнадцати лет занимался раскопками. В 1914 году Картер уговорил графа профинансировать раскопки. Их предполагалось вести по плану Картера, у которого имелись свои соображения, где искать неоткрытую гробницу. Первая мировая война прервала эти планы, но в 1917 году Картер приступил к реализации своих идей. В течение пяти лет ничего существенного найдено не было. Граф стал терять интерес к проекту и сообщил Картеру, что 1922 год будет последним сезоном раскопок, которые он финансирует.

И тогда боги Египта смилостивились над Картером.

4 ноября 1922 года рабочие экспедиции Картера раскопали ступеньки, которые, как полагал Картер, ведут в гробницу фараона. Картер остановил раскопки и телеграфировал графу в Англию. Через три недели лорд с дочерью прибыли в Египет. 26 ноября Картер в присутствии Джорджа Карнарвона и его дочери Эвелин проделал бабушкиным долотом небольшое отверстие в двери гробницы и посветил в него фонарём. Он заметил две статуи и множество эбонитовых и золотых вещей.

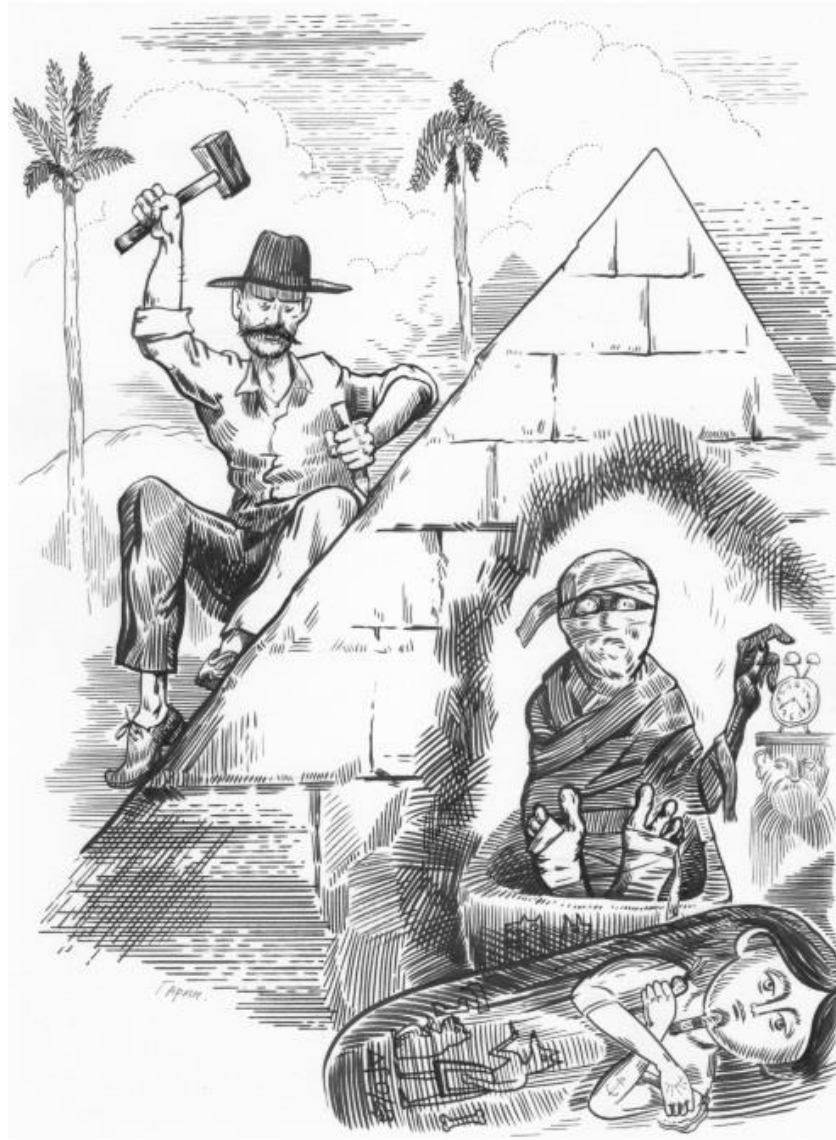
– Ты что-то видишь? – спросил его нетерпеливо граф.

– Да, чудесные вещи! – ответил Картер.

Несколько месяцев ушло на описание предметов, находящихся в первой комнате. В ней была и запечатанная дверь, которая вела в усыпальницу фараона. 16 февраля 1923 года Картер в присутствии графа, его дочери и британского журналиста Генри Мортон официально вскрыл дверь, ведущую в гробницу Тутанхамона.

Мортон был единственным журналистом, которому разрешили присутствовать при этом событии. На следующий день в английской «Дейли Экспресс» появилось его сообщение:

«Романтический секрет гробницы фараона Тутанхамона в Долине царей в Луксоре был раскрыт вчера, когда впервые за три тысячи лет люди вошли во внутреннюю камеру гробницы. Все ожидания были превзойдены. Внутри камеры стоял огромный саркофаг сверкающего золота, в котором почти наверняка содержится мумия короля. Прекрасные картины, в том числе и гигантской кошки, покрывали стены. Вторая камера была переполнена бесценными сокровищами».



Это стало мировой сенсацией. Картер, лорд Карнарвон и даже Мортон прославились навсегда. 5398 предметов извлекли из гробницы фараона, включая золотую посмертную маску весом более десяти килограмм, саркофаг из чистого золота весом более 110 килограммов и множество драгоценных предметов: чаш, тростей, амулетов, статуэток, оружия, музыкальных инструментов. Десять лет ушло на извлечение и опись вещей из гробницы Тутанхамона.

Фараон Тутанхамон взойшёл на трон в возрасте десяти лет и умер в девятнадцать, видимо, от малярии и осложнений, связанных со сломанной левой ногой. В современном мире он получил широкую известность как «Мальчик-король» или Король Тот. Он был стройный и высокий – 180 см. В гробнице в числе прочих сокровищ лежал нож, сделанный из метеоритного железа. Фараон Тутанхамон в ряду других правителей Египта был ничем не примечателен, и его гробница оказалась скромнее обычного. Но её находка стала мировым событием в археологии, потому что могила была практически не тронута грабителями, и все её сокровища сохранились.

Через месяц после открытия гробницы, 19 марта 1923 года, граф Карнарвон умер в отеле Каира от пневмонии, что породило миф о «проклятье фараона», которое поражает тех, кто участвовал во вскрытии гробницы. После смерти графа его супруга Альмина продолжила финансировать раскопки Картера.

В настоящее время археология продолжает активно развиваться. Раскопки ведутся по всему миру, включая Европу, Азию и Китай, где в конце XX века возле могилы императора Цинь была обнаружена целая армия – более восьми тысяч – глиняных воинов, которые, видимо, должны

были служить своему повелителю в загробном мире. Сенсационные археологические открытия были сделаны в Центральной и Южной Америке, где когда-то процветали цивилизации майя, ацтеков и инков. В конце XX века на Южном Урале экспедиция Челябинского университета нашла город бронзового века возрастом около четырёх тысяч лет.

Археологи ведут свои поиски не только на земле, но и на дне моря. Испанский галеон «Сан-Хосе» вышел из порта Картахены (Колумбия) в июле 1708 года и был потоплен английским военным судном в восемнадцати милях от берега, потому что в то время между Испанией и Англией шла война.

В 2015 году корабль обнаружили на дне моря. В трюмах «Сан-Хосе» находятся золото, серебро и драгоценные камни на сумму свыше миллиарда долларов. Споры вокруг него между Колумбией, Испанией и частными кладоискателями ведутся десятки лет. И таких судов с сокровищами на дне морей немало.

– Вот здорово! – воскликнула Галатея. – А когда мы будем учиться нырять с аквалангом?

– Важнейшей частью археологических изысканий является расшифровка памятников письменности, которые нередко находятся при раскопках.

Учёные до сих пор не знают, на каком языке говорили Гектор и жители гомеровской Трои. Долгое время оставались загадкой и древние иероглифы Египта. Их расшифровке помог счастливый случай: французский лейтенант наполеоновской армии Бушар нашёл в 1799 году возле египетского города Розетта каменную плиту метровой высоты и весом в три четверти тонны, покрытую непонятными письменами. Британская армия вскоре отбила камень у французов и в 1802 году доставила его в Лондон. Сейчас этот «розеттский камень» хранится в Британском музее. На нём написано благодарственное письмо египетских жрецов царю Птолемею, причём на трёх языках – на древнегреческом, древнеегипетскими иероглифами и поздним египетским демотическим письмом. Сопоставление всех трёх текстов позволило расшифровать древние египетские иероглифы. Выдающуюся роль в этом сыграли француз Жан-Франсуа Шампольон, который в 1822 году совершил прорыв в расшифровке розеттского камня, и британец Томас Юнг.

В XX веке письменность майя расшифровал советский лингвист Юрий Кнорозов.

Но немало старинных рукописей и надписей остаются нерасшифрованными...

– Какие, какие? – нетерпеливо запрыгала Галатея.

– Шифром пользовались тогда, когда хотели скрыть информацию от чужаков. Так, в США были найдены три листка с числами, так называемые «Криптограммы Бейла». На первом зашифровано расположение сокровищ примерно на шестьдесят миллионов долларов в виде трёх тонн золота, серебра и драгоценностей, которые закопаны где-то в графстве Бэдфорд в Вирджинии. Так гласит второй листок, который удалось расшифровать. Но первый лист с координатами клада и третий – с указанием, кому и какая часть клада принадлежит, остались нерасшифрованными.

– Но как удалось расшифровать второй листок? – спросила Галатея.

– Этот шифр один из самых сложных, потому что числа указывают на слова в каком-то тексте. Удалось установить, что для шифрования второго листка использовалась американская Декларация независимости, что и позволило прочитать его. Но какие тексты использовались для шифра первого и третьего документа? Это осталось неизвестным, но не помешало кладоискателям перекопать графство Бэдфорд сверху донизу.

– А какой-нибудь пример не специального шифра, а нерасшифрованного неизвестного языка есть? – поинтересовался Андрей.

– Да, например, рукопись Войнич. Так звали книготорговца, который купил её в 1912 году. Это рукописная книга, написанная на пергаменте начала XV века неизвестным языком и даже неизвестным алфавитом. Множество лингвистов безуспешно билось над этой рукописью, используя самые передовые методы расшифровки и самые мощные компьютеры. В рукописи есть описания более трёхсот растений, но идентифицировать из них удалось только около трёх десятков. Также в книге приводятся рисунки звёзд и даже какого-то звёздного скопления, удивительно похожего на спиральную галактику. Приведённая страница книги больше всего напоминает алхимический трактат, в котором описывается рецепт омолаживающих ванн, которые должны принимать знатные дамы в коронах. Кто-то из лингвистов думает, что она написана на европейском языке, который уже исчез. Другие полагают, что это искусственный

секретный язык. Учёные привлекли на помощь искусственный интеллект, который проанализировал 380 хорошо известных языков и сравнил их с языком книги. Он пришёл к выводу, что манускрипт Войнича написан на иврите, из которого удалены все гласные, а порядок букв в словах специально изменён – в явной попытке автора зашифровать текст. Но многие думают, что это просто фальшивая и не имеющая никакого смысла книга, которую носил при себе средневековый травник, чтобы производить впечатление на клиентов.

Андрей высказал свою гипотезу:

– А может, это книга, написанная на языке инопланетян? Недаром в ней приведён рисунок спиральной галактики, хотя на средневековой Земле даже простейших телескопов не было. Поэтому там так много незнакомых растений – может, это инопланетные растения?

– Ну, твоя гипотеза ничем не хуже других, – спокойно ответила Дзинтара.

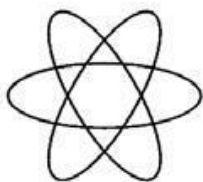
– Надо будет заняться этой рукописью... – пробормотала Галатея, не отводя взгляда от листка. – Вдруг здесь взаправду описан рецепт ванны молодости?

– Галатея, тебе рано думать об омоложении, – поддел сестру брат, – Может, сначала поищем древние сокровища на земле или на дне моря?

Галатея встрепенулась и растерялась:

– Да что нам, разорваться, что ли?

Примечания для любопытных



Чарльз Макларен (1782–1866) – шотландский журналист и геолог. В 1822 году в энциклопедической статье про Трою, изучив все доступные материалы, указал на холм Гиссарлык как на вероятное место расположения гомеровской Трои.

Фрэнк Калверт (1828–1908) – англичанин, родившийся на Мальте и бывший дипломатом в Турции. Археолог-любитель, который первый начал раскопки Трои на холме Гиссарлык, половина которого принадлежала его семье. Позже он привлек к раскопкам Г. Шлимана.

Генрих Шлиман (1822–1890) – бизнесмен и археолог-любитель, который при активном участии Ф. Калверта обнаружил Трою в холме Гиссарлык. Золотые украшения, найденные на раскопках Трои, часто называют «Золотом Шлимана». Его именем назван лунный кратер и астероид 3302, открытый в 1977 году Н. С. Черных в Крымской астрофизической обсерватории.

Тутанхамон (1342–1323 гг. до н. э.) – фараон Древнего Египта с 1332 по 1323 годы до нашей эры. Второстепенный член династии фараонов, ставший знаменитым из-за того, что его гробница была практически не разграблена.

Джордж Карнарвон (1866–1923) – английский граф, любитель-египтолог. Жена – Альмина, наследница А. Ротшильда.

Ховард Картер (1874–1939) – английский археолог и египтолог, который открыл в 1922 году нетронутую гробницу фараона Тутанхамона, что стало одним из наиболее известных событий в египтологии.

Пьер-Франсуа Бушар (1772–1832) – французский лейтенант наполеоновской армии, который в 1799 году нашёл Розеттский камень, благодаря чему древнеегипетские иероглифы были расшифрованы.

Жан-Франсуа Шампольон (1790–1832) – французский востоковед, основатель египтологии. В 1822 году внёс определяющий вклад в расшифровку иероглифов Древнего Египта.

Томас Юнг (1773–1829) – английский учёный, полиглот, физик, врач, астроном и востоковед. Один из расшифровщиков древнеегипетских иероглифов.

Юрий Кнорзов (1922–1999) – выдающийся советский историк и лингвист. Расшифровал письменность майя – народа из Центральной Америки.

Сказка о настоящих драконах

Кто не видел детей, собирающих на берегу моря красивые раковины и гладкие камушки? Кто сам не выбирал из пляжного песка морские диковины? Мирное и тихое развлечение.

На первый взгляд, именно этим однажды и занималась двенадцатилетняя девочка Мэри на британском берегу пролива Ла-Манш, несмотря на ненастную погоду. Она, уворачиваясь от прибойных холодных брызг, прыгала с одного мокрого камня на другой. Всматривалась в них, словно пытаясь проникнуть взглядом в их толщу. О, девочка многое бы отдала за волшебное зрение, с помощью которого можно было увидеть, что скрывается в глубине камней. Но чудеса в реальном мире встречаются редко, поэтому девочка всматривалась в очертания илистых булыжников своими собственными глазами. Так оно вернее будет. Вдруг она остановилась перед причудливой тёмной глыбой, которая чем-то неуловимым отличалась от остальных. Девочка сняла с пояса деревянный молоток, окованный прочным железом, который всегда брала на поиски прибрежных сокровищ, и принялась откалывать от камня кусочек за кусочком. Это была тяжёлая работа, но она окупилась: спустя долгие часы перед девочкой возник окаменевший хребет древнего чудовища.

Так маленькая девочка Мэри нашла на морском пляже тяжёлую дверь в мир страшных и зубастых драконов. Мэри с трудом открыла эту дверь, и люди с испугом узнали: им очень повезло, что все эти быстрые и злобные чудовища вымерли, иначе людскому роду грозило бы полное уничтожение.

– Мама, ты читаешь какую-то фэнтези? – поинтересовался Андрей у Дзинтары.

– Конечно, это какая-то очень интересная сказка про драконов! – воскликнула Галатея с горящими глазами.

– Нет, это не сказка, это реальная история про маленькую девочку и свирепых драконов. Не сказочных, а самых настоящих.

– Но драконов же нет! – воскликнула Галатея.

– Да, их *сейчас* нет, но раньше их на нашей планете было очень много. Они были рептилиями и вымерли шестьдесят шесть миллионов лет назад, видимо, от удара астероида и запыления атмосферы. При резком похолодании, которое настало на нашей планете после этой космической катастрофы, небольшие и теплокровные млекопитающие получили шанс продемонстрировать свою повышенную живучесть по сравнению с гигантскими и часто холоднокровными драконами-ящерами.

Один случай заставил Мэри поверить в то, что поиски прибрежных диковин могут быть не развлечением, а работой. Она возвращалась с берега, неся в корзинке найденную спиральную ракушку крупного окаменевшего аммонита. На улице к ней подошла дама и купила находку Мэри за полкроны. Девочка пришла в восторг от такой удачи и решила, что завтра снова пойдёт к морю.

Мэри росла и, сопровождаемая собакой, каждый день ходила на морской берег в поисках новых окаменелостей. Далеко не всегда ей сопутствовала удача. «Урожайными» были зимние штормовые месяцы – с декабря по февраль, когда мокрые прибрежные склоны размывались дождём и сбегаящими ручьями и осыпались, раскрывая свои тайны.

– Бр-р... – зябко передёрнула плечами Галатея, – Зимний дождь – это ужасно!

– Многие свои лучшие находки Мэри сделала именно в промозглом декабре. Заметив свежую осыпь, Мэри старалась побыстрее осмотреть её, пока морской прилив и волны не унесли с собой кости драконов. Однажды склон горы обвалился так близко к Мэри, что убил её друга – терьера Троя. Дождь, ветер, холод, грязные осклизлые камни, опасные осыпи и тяжёлый молоток, – такова была ежедневная работа Мэри Эннинг. Когда она возвращалась домой и шла по главной улице своего городка, где в стеклянных витринах магазинов красовались модная одежда или вкусная еда, то мечтала: «Вот бы в такой витрине выставить окаменелости, которые я нахожу! Тогда их покупали бы гораздо чаще».

Ящер, которого Мэри нашла в двенадцатилетнем возрасте, оказался ихтиозавром, жившим в воде. Этот первый в мире полный скелет ихтиозавра был продан за двадцать три фунта, что по тем временам было большими деньгами.

В возрасте двадцати четырёх лет Мэри удалось найти скелет нового, необычного дракона – плезиозавра.

– Он тоже жил в воде? – спросил Андрей.

– Да.

– А чем отличаются ихтиозавры от плезиозавров? – поинтересовалась Галатея.

– Ихтиозавры напоминают крупных рыб или дельфинов, а плезиозавры – это водоплавающие ящеры с длинной шеей. Среди находок Мэри были и окаменелые древние рыбы, и доисторические акулы, а однажды она обнаружила скелет птерозавра – летающего ящера. Раньше скелеты таких крылатых рептилий находили только в Германии.

Своими поисками прибрежных диких Мэри Эннинг внесла огромный вклад в важную и интересную науку – палеонтологию, науку о вымерших существах. Её можно также назвать наукой о настоящих драконах.

В двадцать семь лет Мэри удачно продала несколько своих находок и собрала достаточно денег, чтобы купить дом со стеклянными витринами на первом этаже, где она открыла «Магазин окаменелостей Эннинг».

Её магазин посещали многие учёные и натуралисты, и даже саксонский король Фредерик-Август II, который в 1844 году купил здесь для своего музея почти двухметровый скелет ихтиозавра. Сопровождающий короля вельможа попросил Мэри написать её имя в записной книжке. Возвращая книжку, Мэри гордо сказала: «Меня хорошо знают по всей Европе», – и действительно, она была широко известна среди видных коллекционеров и сотрудников крупных музеев.

Более тридцати пяти лет Мэри собирала окаменелости. Она закончила лишь воскресную школу при церкви, где научилась писать и читать, но знала о древних существах больше профессоров и членов академий. Найдя окаменелую кость, она уверенно могла сказать, какому существу та принадлежала. Она читала научные труды по палеонтологии и нередко переписывала их для себя, копируя рисунки с такой тщательностью, что отличить оригинал от копии было трудно. Она даже выучила французский язык, чтобы читать труды знаменитого палеонтолога Кювье. Именно с Кювье связана драматическая страница в жизни Мэри Эннинг. Когда она нашла в 1823 году практически полный скелет плезиозавра, научный мир Британии пришёл в немалое волнение от вида древнего существа с четырьмя плавниками и очень длинной шеей. Статьи с описанием этого ископаемого животного дошли до континентальной Европы и великого Кювье. Он изучил рисунок и описание почти трёхметрового скелета с маленьким, всего в 10–12 см, черепом, и поразился длине шеи этого древнего существа. У млекопитающих, даже у жирафов, никогда не насчитывалось более семи шейных позвонков, у современных рептилий – более восьми. Это было законом животного мира. Даже у лебедей с их длинной шеей было всего двадцать пять позвонков. А у ископаемого плезиозавра, найденного Мэри Эннинг, шея держалась на тридцати пяти позвонках! Заполнить воздухом такую шею при дыхании, должно быть, очень трудно, решил Кювье и сделал заключение, что описанный скелет является подделкой; видимо, кто-то взял позвонки морской змеи и сложил с костями другого существа. Нужно отметить, что случаев подделок окаменелостей было немало, потому что мошенники пытались продать такие скелеты в музеи.



Кювье написал о своём мнении в Британию, вызвав суматоху среди членов Геологического общества Лондона, которые в январе 1824 года даже собрались на специальное заседание для изучения вопроса о плезиозавре.

Мэри была очень взволнована. Авторитет Кювье в мире науки был чрезвычайно велик, и с его мнением все учёные обычно соглашались. Если скелет плезиозавра, найденный Мэри Эннинг, признают подделкой, то её репутации собирателя и продавца окаменелостей будет нанесён непоправимый ущерб.

Заседание Геологического общества проходило бурно...

– Неужели они не поверили выступлению Мэри Эннинг? – удивился Андрей, – Думаю, все сомнения должны были рассеяться при её бесхитростном рассказе о поисках скелетов этих чудовищ!

– Мэри не выступала на этом заседании и даже не присутствовала на нём, потому что женщинам не разрешалось участвовать в заседаниях Геологического общества, как и других научных обществ.

– Не присутствовала? – поразилась Галатея. – Учёные разбирали вопрос о подлинности скелета, не пригласив человека, который его нашёл? Тогда они не так умны, как им кажется.

– К счастью для Мэри, общество само пришло к выводу, что скелет плезиозавра подлинный, а позже и знаменитый Кювье признал, что сделал поспешный и ошибочный вывод.

– Ура! – сказала Галатея.

– 1824 год стал важным этапом в истории палеонтологии, потому что именно в этом году появилась научная статья, основанная на находках Мэри Эннинг и описывающая скелеты короткошеего ихтиозавра и диковинного длинношеего плезиозавра. Раньше найденные окаменелые кости чаще всего приписывались существам, которые напоминали ныне живущих людей, слонов и крокодилов. Скелет плезиозавра, найденный Мэри, доказал, что древние существа могли быть совсем не похожи на современных.

Находки Мэри покупались богатыми людьми и музеями разных стран, включая крупнейшие музеи Лондона и Нью-Йорка. В 1830 году Мэри нашла второй полный скелет плезиозавра, который продала за двести фунтов. Сейчас он выставлен в музее Парижа. Но обнаруженные ею скелеты доисторических существ часто описывались другими учёными в статьях, где имя Мэри Эннинг даже не упоминалось. Это её, конечно, очень обижало.

– Видимо, эти люди никогда не ходили целыми днями под холодным дождём на ветреном берегу, иначе они по-другому относились бы к Мэри, – сердито сказала Галатея.

– Учёные XIX века были обычно выходцами из аристократии и богатых слоёв общества, а Мэри Эннинг, по тогдашним британским понятиям, относилась к простонародью, поэтому могла и не приниматься в расчёт. Но так поступали далеко не все. Мэри Эннинг переписывалась с многими знаменитыми учёными и имела среди них репутацию грамотного профессионала.

Она была хорошо знакома с видным геологом, профессором Мурчисоном, и его женой Шарлоттой, с которой Мэри обменивалась письмами. Когда она приезжала в Лондон, то останавливалась в доме Мурчисонов. В 1833 году она написала Шарлотте про обвал, который убил её собаку: «Я была в одном мгновении от такой же судьбы». Мэри Эннинг посвятила научным достижениям самого Мурчисона, который вернулся недавно из геологической экспедиции из России, шутивную поэму, которая начиналась словами: «Кто первый выжил в русском государстве?»

Великий геолог Чарльз Лайелл спрашивал в письмах мнение Мэри о прибрежных рифах. С ней переписывался и покупал у неё окаменелости профессор Кембриджа Адам Седжвик, будущий учитель Чарльза Дарвина. Случалось, Мэри в её походах сопровождали знаменитые палеонтологи, которые многому учились у этой женщины, не имевшей никакого специального образования. Когда Мэри Эннинг попадала в трудные финансовые обстоятельства, то её учёные друзья приходили ей на помощь, например проводили аукционы её находок. Они даже выхлопотали ей небольшую, двадцать пять фунтов в год, государственную пенсию, позволившую упрочить её положение в последние годы жизни.

Мэри изучила древние существа так детально, что сделала немало открытий об их поведении. Например, на берегу Ла-Манша часто встречались узкие острые окаменелости, похожие на наконечники стрел, которые были оставлены белемнитами – вымершими головоногими моллюсками. Мэри внимательно изучила строение этих древних существ и нашла у них полость или камеру, в которой было чёрное вещество. Местная художница и собирательница окаменелостей, подруга Мэри, истолкла это вещество в порошок и использовала как чёрную краску для своих иллюстраций древних существ.

– Здорово, – сказала Галатея. – Использовать краску из драконов для рисования этих самых драконов.

– Примеру подруги Мэри последовали и другие художники. Но что это было за вещество? Мэри препарировала современных головоногих моллюсков – кальмаров и каракатиц, сравнивала строение их тела и расположение чернильных мешков с останками древних белемнитов и выяснила, что...

– Постой, мама, что это за чернильные мешки? – спросила Галатея, – Моллюскам нужны чернила для стихов?

– Нет, кальмары используют чернила для более важного дела – спасения своей жизни. Когда за кальмаром гонится хищная акула, он выпускает из себя чернила, создавая между собой и врагом своеобразную «дымовую завесу», пользуясь которой, может сбежать в безопасное место. Чернильные мешки повышают шансы головоногих моллюсков не быть съеденными.

В результате своих находок и исследований Мэри выяснила, что камеры в теле белемнитов, заполненные чёрным веществом, являются чернильными мешками. Таким образом, по окаменелым остаткам удалось сделать вывод о жизни ископаемых существ, узнать важную

особенность их поведения: оказывается, древние белемниты использовали чернила для защиты от крупных хищников, так же как современные кальмары и каракатицы.

– Сразу представляется огромный ящер, который гонится за белемнитами... – сказала Галатея и поёжилась.

– А те всей стаей убегают и как выпустят разом свои чернила! – хихикнул Андрей. – Ящер сразу потеряется, не будет знать, куда и за кем плыть.

– Исследования Мэри развеяли существовавший в то время популярный миф о так называемом «безоарове камне», которому приписывали даже магические свойства. Мэри нашла эти камни в кишечнике древних ящеров и доказала, что они являются экскрементами вымерших существ.

– Вот тебе и магические свойства у окаменелых какашек! – развеселилась Галатея.

– Находки Мэри открыли для людей целый древний мир, густо населённый диковинными животными.

Генри де ла Беш, видный английский геолог и палеонтолог, друг детства Мэри Эннинг, на основании её находок создал первую картину из жизни ископаемых существ. Он продавал её копии в пользу Мэри. На картине были изображены древние плавающие и летающие драконы, которые поедали друг друга, а плезиозавр, которого схватил за длинную шею крупный ихтиозавр, похожий на крокодила с плавниками, был нарисован обкакавшимся от ужаса.

– Что доказано исследованиями «безоарова камня», проведёнными Мэри, – хихикнула Галатея.

– Про Мэри ещё при жизни писали газеты, её называли «геологической львицей» и «принцессой палеонтологии». Известный палеонтолог Луис Агассиз, который консультировался с Мэри, назвал в честь неё два вида ископаемых рыб: *Acrodus anningiae* and *Belenostomus anningiae*. В 1865 году о ней написал статью великий Чарльз Диккенс. Слава Мэри Эннинг росла со временем. В честь двухсотлетия со дня её рождения в городе Лайм Регис собрался научный симпозиум. О Мэри Эннинг написаны книги и сняты фильмы. В честь неё названо несколько видов животных, включая семейство плезиозавров *Anningasaura* и вид ихтиозавров *Ichthyosaurus anningae*. Она внесена в число десяти наиболее влиятельных британских женщин-учёных.

Для многих женщин Мэри Эннинг стала примером упорства, самообразования и научной успешности. Возможно, главным достижением Мэри было не открытие окаменелых драконов, а доказательство, что женщины могут заниматься наукой успешнее мужчин, несмотря на ограничения, которые законы того времени воздвигали перед женщинами, желающими получить университетское образование или участвовать в работе научных сообществ.

Окаменелости представляют собой крошечную часть животного мира, который населял Землю сотни миллионов лет назад, а палеонтологи нашли только крошечную часть существующих окаменелостей. Их запас ограничен и уменьшается с каждым извлечённым скелетом. Окаменелые скелеты, которые Мэри Эннинг продавала за сто – двести фунтов стерлингов, сейчас стоят двести – четыреста тысяч долларов.

– Она была бы сейчас миллионером! – в восторге сказала Галатея.

– Важно тщательно сохранять найденные окаменелости, потому что только они могут передать нам бесценную весть из эпохи, отделённой от нас сотней, а то и двумя сотнями миллионов лет, когда континенты выглядели совсем по-другому и жили на них удивительнейшие существа.

Благодаря находкам Мэри Эннинг, знания людей о древних настоящих драконах стали быстро расширяться. Динозаврами, в переводе с греческого – «ужасными ящерами», этих вымерших существ назвал палеонтолог Ричард Оуэн в 1842 году. В 1851 году он сделал выставку из бетонных макетов динозавров, а на Рождество 1853 года устроил ужин для двух десятков известных ученых внутри полого макета игуанодона.

Мощный толчок палеонтологии дала так называемая «Война костей», или «Великие гонки динозавров», которая развернулась в последней трети XIX века между американскими палеонтологами Эдвардом Копом и Отниэлем Маршем. Эти два палеонтолога познакомились ещё в молодом возрасте в 1864 году и подружились, обмениваясь письмами и образцами окаменелостей. Несколько лет спустя Марш, осматривая найденный Копом скелет длиннохвостого плезиозавра *Elasmosaurus*, заявил, что его друг неправильно собрал скелет: приставил череп ящера к хвосту. Коп разъярился в ответ на оскорбительное заявление Марша, и

оба учёных горячо заспорили. Наконец они пригласили третьего специалиста, который без колебаний взял череп с одного конца скелета чудовища и перенёс его в другой конец. То, что Коп принял за длинный хвост, на самом деле оказалось очень длинной шеей с семьюдесятью двумя позвонками. Плезиозавры *Albertoneckes* могут иметь даже семьдесят шесть позвонков в шее семиметровой длины.

– Кювье ни за что не поверил бы в такого зверя! – отметила Галатея.

– Коп был в ужасе от своей ошибки, так как изображение нового длиннохвостого плезиозавра уже было им опубликовано. В последующей публикации он исправил изображение длиннохвостого плезиозавра на длинношеего, но дружба с Маршем после этой истории закончилась.

– Почему? – удивилась Галатея. – Марш же был прав.

– Именно чужая правота оказывается самой тяжёлой ношей для некоторых учёных. С этого времени между Копом и Маршем развернулась настоящая война: они старались доказать друг другу своё научное превосходство, обвиняли друг друга в плагиате, в невежестве и воровстве образцов. Каждый из них с помощью взяток и тайных сговоров широко раскидывал сети своих агентов – сборщиков окаменелостей, одновременно стараясь лишить конкурента источников финансирования. Марш предпочитал сидеть в университете и организовывать потоки окаменелостей от своих подчинённых, а Коп сам охотно ездил в экспедиции.

Скелет первого диплодока – огромного травоядного ящера – Бенджамен Мюдж и Сэмюэль Уиллистон нашли в 1877 году при раскопках в Колорадо. Они послали этот скелет Маршу, который описал его в своей работе. В том же году Коп нашёл в Колорадо гигантской позвонкок высотой в два с половиной метра. Он принадлежал амфицелию – ящеру длиной до 48 метров, высотой более 20 метров и массой около 100 тонн. Жил этот ящер 150 миллионов лет назад.

Оба учёных тратили на поиски ископаемых свои личные состояния и к концу этой войны и своих карьер оказались на грани банкротства со взаимно подмоченными репутациями.

Марш описал таких динозавров, как стегозавр и нодозавр, и выиграл «Войну костей», описав более восьмидесяти видов динозавров, в то время как Коп нашёл всего лишь пятьдесят шесть.

– Всего лишь! – фыркнул Андрей, – Всем бы такое невезение.

– Безусловным победителем в «Войне костей» стала наука палеонтология, которая испытала революционный подъём в XIX веке, когда было получено общее представление об эпохе гигантских пресмыкающихся в истории Земли. Смитсоновский музей в 2004 году выпустил сборник из 47 наиболее важных палеонтологических работ, опубликованных с 1676 по 1906 год. В этом сборнике четыре работы принадлежат Копу, четыре – Маршу.

Крупнейший хищный динозавр *Tyrannosaurus rex* был описан Генри Осборном в 1905–1906 годах. В своей работе Осборн основывался на результатах многих палеонтологов, главным образом на результатах экспедиций 1902–1905 годов, которые возглавлял Барнум Браун, за палеонтологическую удачливость и открытие знаменитого *Tyrannosaurus rex* получивший прозвище «Мистер Кости».

Учёные в XIX и XX веках нашли и описали около тысячи видов динозавров, возникавших и угасавших в течение всей эпохи древних ящеров, которая длилась около ста шестидесяти миллионов лет. От каких-то драконов нашли целые скелеты, от кого-то только отдельные кости, а кто-то оставил исследователям только окаменелые следы размером более метра. Самый крупный отпечаток ступни динозавра достигает 1,7 метра. Крупнейший зуб динозавра, найденный учёными, имеет длину в 30 см с корнем. Окаменелые яйца динозавров нередко обладают удлинённой формой.

– Чтобы в нём уместился хвост малыша-динозаврика? – догадалась Галатея.

– То, что в древние времена наша планета была населена драконами, произвело сильное впечатление на людей. Писатели-фантасты стали писать книги, основанные на идее, что где-нибудь в малодоступном уголке Земли сохранились древние ящеры. Знаменитый француз Жюль Верн опубликовал в 1864 году роман «Путешествие к центру Земли», в котором путешественники находят глубоко под землёй доисторических животных. Британский известнейший писатель Конан Дойл создал в 1912 году «Затерянный мир», где уголок с живыми динозаврами нашёлся в горах Южной Америки. Русский геолог Владимир Обручев написал в 1915 году научно-фантастический роман «Плутония», и в нём герои обнаруживают динозавров во внутренней полости Земли.

Рисунок де ла Беша про жизнь древних ящеров был первым в длинном ряду других аналогичных иллюстраций. Сейчас красочные картины, изображающие жизнь ящеров, заполняют бесчисленные популярные книги и энциклопедии по палеонтологии. О жизни древних существ снимают многочисленные фильмы и мультфильмы. Фильм «Парк Юрского периода» 1993 года стал одним из кассовых фильмов XX века, собрав более миллиарда долларов.

Несмотря на всеобщий интерес к динозаврам, на многие вопросы исследователи пока не могут дать ответа. Всё ещё непонятны причины вымирания динозавров. Каждый образованный землянин должен знать цифры: 252-201-66.

– Что это – номер телефона службы спасения? – спросил Андрей.

– Своего рода. Это времена трёх последних массовых вымираний биосферы на планете Земля. Самый масштабный катаклизм случился 252 миллиона лет назад, он привел к концу палеозойской эры и вымиранию 96 % видов морских организмов и 70 % сухопутных. До этого на Земле крупные сухопутные животные отсутствовали, в океанах царили ракоскорпионы, достигавшие в длину двух с половиной метров, трилобиты и моллюски-аммониты со спиральной раковиной. Конечный период палеозоя шотландский геолог Мурчисон назвал пермским – по имени города Пермь, который стоит на породах данного геологического периода.

Пермское Великое Вымирание, которое случилось четверть миллиарда лет назад, дало начало мезозойской эре и толчок развитию более сложных организмов, лучше адаптирующихся к неблагоприятным условиям. В это время единый материк Пангея стал раскалываться на отдельные современные континенты, что увеличило разнообразие климатических условий на суше. Через двадцать миллионов лет после этой катастрофы появились первые динозавры – эорапторы, которых в 1991 году нашли в Аргентине. Они были размером с собаку, весили около десяти килограммов и достигали всего лишь метрового размера от кончика хвоста до носа. Но они уже напоминали будущих гигантов: быстро бегали на задних лапах, поджимая передние слаборазвитые лапы и балансируя массивным хвостом. В это время на суше и в море царили сравнительно небольшие, но очень зубастые животные вроде крокодилов или больших варанов.

201 миллион лет назад случилось ещё одно событие-вымирание, которое уничтожило конкурентов динозавров: последние оказались более приспособленными к посуровевшим условиям и воцарились на Земле. Наступил расцвет эпохи динозавров, потому что тогда млекопитающие были малы и не выдерживали конкуренции с огромными и зубастыми драконами.

Самые крупные хищные динозавры – тираннозавры и гигантозавры – достигали в длину 14 метров и весили 5–8 тонн, хотя крупнейшие особи могли достигать и веса в 20 тонн. В пасти тарбозавра размещалось около шестидесяти зубов длиной до 85 миллиметров. Плотноядные динозавры охотились на травоядных, часто более крупных ящеров.

Мощные хвосты травоядных динозавров служили им защитой от хищников, но у зауроподов, достигавших в длину 36 метров, хвост служил и для брачных игр. Они сильно били им по земле, вызывая оглушительный грохот. Длинные хвосты этих динозавров действовали как хлысты – скорость движения их кончиков превышала звуковую. Для прочности позвонки в этих местах хвоста срастались. Самки предпочитали самых громкохвостых самцов.

– Конечно, – сказал Андрей. – Ведь они легко отобьются от врагов своим сверхзвуковым хвостом.

– Учёные спорят о том, какой из травоядных динозавров был самым крупным. У амфицилия пальму первенства оспаривает сейсмозавр, скелет которого был найден в американском штате Нью-Мексико в 1980-х годах. Не входя в детали научных споров, можно смело сказать, что самые крупные травоядные динозавры достигали 50 метров в длину и весили свыше 100 тонн.

– Живой танк! – воскликнул Андрей.

Дзинтара покачала головой:

– Знаменитый танк Т-34 времен Второй мировой войны весил всего 30 тонн. Так что травоядные динозавры по размерам и весу превосходили танки. Хищные свирепые динозавры были несколько меньших размеров.

– Зато у них были острые зубы! – сказала Галатея.

– Да, и эти зубы не оставались без дела. Но все ссоры между динозаврами прекратились, когда 66 миллионов лет назад случилась планетарная катастрофа, которая привела к массовому вымиранию биосферы. 75 % всех сухопутных животных, включая динозавров, прекратило своё

существование. На Земле не осталось четвероногих существ, которые бы весили более 25 килограммов. Маленькие млекопитающие с более совершенной системой терморегуляции, чем у динозавров, выжили – и наступило их время. Мезозойская эра уступила место современной – кайнозойской эре, времени китов и мамонтов, львов и носорогов, лошадей и людей. Среди растений распространились цветковые и злаковые.

Все динозавры мезозойской эры вымерли. Учёные доказали, что только птицы ведут своё происхождение от динозавров, покрытых перьями. Современные птицы являются прямыми наследниками этой огромной и разнообразной группы животных, царившей на Земле сто миллионов лет назад. Глядя в круглые глаза какого-нибудь воробья, а лучше – страуса, мы встречаем холодный взгляд древних динозавров.

– Воробьи – единственные уцелевшие динозавры на Земле? – удивилась Галатея.

– Мы очень плохо изучили мир вымерших животных, имеем очень слабое представление об их повадках и местах обитания, цвете их панцирей, шкур и перьев. Жили ли они поодиночке или стадами? Например, откладывание яиц. Бросали ли их динозавры на произвол судьбы или наоборот – охраняли?

– Я думаю, что охраняли, – сказала Галатея. – Они же не полные идиоты.

– Да, хорошо развитый материнский инстинкт по защите своего потомства – это условие успешного выживания биологического вида. Планета Земля мезозойской эры, населённая огромным количеством настоящих драконов и других удивительных существ, всё ещё остается для нас загадкой. В начале XXI века биологи каждый год описывали примерно десять тысяч ранее неизвестных видов ныне здравствующих животных, даже таких крупных, как обезьяны, что же говорить о полноте наших знаний о существах, которые обитали сотни миллионов лет назад?

Учёные спорят, были хищные динозавры теплокровными или холоднокровными, чья температура тела зависела от температуры окружающей среды – как у лягушек. Быстрота передвижения хищных динозавров, на что указывает строение их тела, считается доводом в пользу теплокровности этих ящеров, потому что холоднокровные пресмыкающихся более медлительны.

– Хочу внести в этот научный спор свой вклад, – заявила Галатея. – Современные ящерицы – холоднокровные, а бегают очень быстро! Я как-то захотела подружиться с одной красивой синехвостой ящерицей, разбила коленку, опрокинула столик на веранде, но так и не догнала эту холоднокровную бестию. А ведь я – теплокровная. И даже очень!

– Это интересное научное наблюдение, – сказала Дзинтара, – спасибо, Галатея. Мир динозавров удивительно многообразен. Микрорапторы имели маховые перья не только на передних конечностях-руках, но и на задних лапах, тем самым они представляли собой четырехкрылых летающих динозавров.

У спинозавров были огромные длинные кости над хребтом, которые, вероятно, выступали у них над спиной как парус высотой в человеческий рост. Что это за парус? Охлаждающее устройство, как уши у зайца? Средство привлечения самок и запугивания врагов, как хвост у индюка? Аналогичные шипы существовали у акрокантозавров и других ящеров. А может, у динозавров эти шипы и паруса были просто погружены в мощный горб из мышц и жира, который служил дополнительной защитой от врагов? Были динозавры покрыты шерстью или перьями?

– Перьями? – удивилась Галатея.

– Да, последние исследования показывают, что спина даже такого ужасного хищника, как тираннозавр, вероятнее всего, была покрыта перьями.

– Это помогало им согреться холодными ночами! – решила Галатея.

Троодоны, жившие 85–66 миллионов лет назад, были небольшими стройными динозаврами длиной более двух метров и высотой в метр, весом до 50 кг. Они имели острое бинокулярное зрение и крупный мозг, ходили на двух лапах и хорошо хватили добычу передними лапами. Могли бы троодоны или другие древние динозавры стать разумными существами, если бы их развитие не было прервано космической катастрофой? Можно ли восстановить хотя бы часть того ископаемого мира, используя гены современных птиц и пресмыкающихся?

Бесчисленные вопросы, на которые до сих пор нет ответов. А это значит, что будущим палеонтологам предстоит открыть немало интереснейших островов знаний в море древнего мира.

– Мама, когда мы поедem на пляж?

– Ты решила между развлечениями и купанием открыть какого-нибудь нового ископаемого дракона?

– Ну-у...

– А ты понимаешь, что для такой находки надо не только правильно выбрать место исследования, но и ходить на поиски долгие дни, месяцы, а то и годы? Первый скелет плезиозавра Мэри Эннинг нашла через двенадцать лет ежедневных поисков, второй – ещё через семь лет. Конечно, поиски окаменелостей доступны каждому – обычно для этого нужно только желание, терпение и хороший молоток. Но более мощная техника тоже бывает полезной. В 2011 году канадский шахтер Шон Фанк, работая на экскаваторе в угольной шахте, наткнулся на особенный камень, не похожий на обычные окаменелые остатки деревьев, которые нередко находил на протяжении двенадцати лет работы. Внимательный Фанк различил на прочной глыбе чёрные, коричневые и даже оранжевые пятна, образующие узор, напоминающий чешую. Он сообщил о своей находке, и Марк Митчелл, сотрудник Королевского Тиррелловского музея, пять с половиной лет извлекал из каменной глыбы древнего дракона нодозавра длиной в пять метров и весом в полторы тонны. В результате мы увидели не просто скелет, а самого окаменелого дракона – с мордой и шкурой.

Шкура уцелела благодаря тому, что была покрыта прочными роговыми пластинами и огромными шипами, образующими настоящую броню. Нодозавр был травоядным ящером, которому такая защита очень помогала против хищных и голодных динозавров.

– В эпоху динозавров обычная бурёнка не выжила бы, – сказал Андрей, – Только бронированные коровы получали шанс на выживание.

– Ма-ам, ну давай выберем подходящий пляж с породами нужных возрастов... – заныла Галатея.

– Мы этим сами займёмся, – сказал Андрей. – Поищем информацию о самом лучшем пляже с окаменелостями, а потом попробуем уговорить маму поехать туда.

– Чего тут пробовать, – сказала Галатея, – Уговорим – и всё! А почему случались эти ужасные вымирания животных?

– Это ещё один вопрос, на который нет однозначного ответа. Были ли эти вымирания биосферы связаны с падениями крупных астероидов? Или с вулканическими извержениями, которые вызвали похолодание климата? Или похолодание климата было вызвано вулканическими извержениями, спровоцированными падением астероида? Вымирание, случившееся 66 миллионов лет и уничтожившее динозавров, обычно связывается с падением астероида диаметром около десяти километров, оставившего кратер Чиксулуб диаметром в 180 километров. Но даже в данном случае есть учёные, которые не согласны с таким заключением. Причины же вымираний, которые случились 201 и 252 миллиона лет назад, тем более неясны, не говоря уж о более ранних подобных событиях. Есть доказательства, что в периоды этих вымираний активизировались вулканы. Они выбрасывали в атмосферу соединения серы – и в стратосфере возникал плотный слой мелких капелек серной кислоты. Он отражал приходящий из космоса солнечный свет, и поверхность планеты получала меньше тепла. Если извержения вулканов следовали одно за другим, что могло быть связано с расхождением материков, то климат Земли значительно менялся, отчего менялась и привычная биосфера.

Андрей сказал:

– Вымирания происходили каждые 50—100 миллионов лет, с момента последнего прошло 66 миллионов. Значит, в любой момент такое событие-вымирание может повториться?

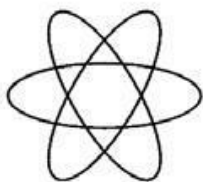
– Да, и мы должны быть готовы к такому обороту событий. У нас есть то, чего нет у динозавров – разум. Мы способны заранее обнаружить и отклонить опасный астероид. Если вулканы являются причиной вымирания биосферы, то у нас вряд ли получится предотвратить их извержение, но мы сможем подготовиться и минимизировать ущерб от планетарной катастрофы.

– Лучше всего создать космические поселения! – предложила свой план Галатея.

– Как один из вариантов. Если мы не будем готовы к новым эволюционным испытаниям, то всё, что нам останется – это звонить в службу спасения: 252-201-66.

- И там нам никто не ответит, потому что они все уже вымерли! – сказала Галатея.
 – Да, поэтому лучше всего полагаться на собственный разум и силы.

Примечания для любопытных



Мэри Эннинг (1799–1847) – палеонтолог, активный собиратель окаменелостей. «Принцесса палеонтологии», которая первой нашла скелет плезиозавра, а также полные скелеты ихтиозавра и птеродактиля. Внесена в число десяти наиболее влиятельных британских женщин-учёных вместе с астрономом Каролиной Гершель (1750–1848), открывателем новых комет и туманностей, и Дороти Ходжкин (1910–1994), лауреатом Нобелевской премии 1964 года за исследование белков с помощью рентгеновских лучей и определившей молекулярную структуру пенициллина и витамина В₁₂.

Жорж Кювье (1769–1832) – французский натуралист, зоолог и палеонтолог. Один из семидесяти двух великих французских учёных, чьи имена написаны на Эйфелевой башне. В их числе Лагранж, Ампер, Беккерель, Кулон, Лавуазье и др.

Генри де ла Беш (1796–1855) – английский геолог и палеонтолог. Сын английского офицера, плантатора на Ямайке. Стал членом Королевского общества в 1819 году, возведен в рыцари в 1848 году. Президент Лондонского геологического общества в 1848–1849 годах.

Ричард Оуэн (1804–1892) – английский геолог и палеонтолог. Рыцарь-командор ордена Бани. В 1842 году ввел термин «динозавр», что в переводе с греческого означает «ужасный ящер». Написал серию статей про окаменелости, которые в 1884 году вышли сборником «История британских окаменевших рептилий».

Родерик Мурчисон (1792–1871) – шотландский геолог и путешественник, впервые описавший силурийский (444–419 млн лет назад), девонский (419–359 млн лет назад) и пермский (299–252 млн лет назад) геологические периоды. Награждён медалью Копли (1849) – высшей наградой Королевского общества Великобритании. Баронет.

Чарльз Лайель (1797–1875) – английский геолог, основоположник современной геологии. Рыцарь и баронет. Его именем назван кратер на видимой стороне Луны.

Адам Седжвик (1785–1873) – английский геолог, один из основателей современной геологии. Награждён медалями Волластона (1833) и Копли (1863).

Луис Агассиз (1807–1873) – швейцарско-американский биолог и геолог. Профессор Гарвардского университета. Награждён медалью Волластона (1836).

Бенджамин Мюдж (1817–1879) – американский геолог, палеонтолог и юрист, профессор Канзасского университета. Рьяный собиратель окаменелостей. Открыл диплодоков и ещё 80 вымерших видов животных и растений.

Сэмюэль Уиллистон (1851–1918) – американский палеонтолог, профессор Канзасского и Чикагского университетов. Нашёл первый скелет диплодока.

Отниэль Марш (1831–1899) – американский палеонтолог, выпускник и профессор Йельского университета, директор Музея натуральной истории при этом университете. Открыл около 400 неизвестных видов окаменелых животных, включая более 80 видов динозавров. Известен «Войной костей» с Эдвардом Копом.

Эдвард Коп (1840–1897) – американский палеонтолог, профессор Пенсильванского университета. Открыл около 600 неизвестных видов окаменелых животных, включая 56 видов динозавров. Автор 1400 научных работ. Член Национальной академии наук. Известен «Войной костей» с Отниэлем Маршем.

Барнум Браун (1873–1963) – американский удачливый палеонтолог, открывший скелет *Tyrannosaurus rex*. Получил прозвище «Мистер Кости».

Генри Осборн (1857–1935) – американский палеонтолог, описавший тираннозавра *Tyrannosaurus rex*. Возглавлял Американский музей натуральной истории в Нью-Йорке в течение 25 лет. Награждён медалью Волластона (1926) и другими наградами.

Сказка о загадочной самоорганизации жизни

Как возникла жизнь на нашей планете? – этот вопрос для многих людей решался просто: жизнь на Земле была сотворена по воле богов. Сторонники этого мнения назывались «креационистами», от латинского слова, означающего «творение». Но этот ответ не удовлетворял учёных и философов. Аристотель выдвинул передовую по тем временам гипотезу о самозарождении жизни – например в оплодотворённом яйце, в лучах света, тине или в гниющем мясе – там, как полагал древнегреческий философ, содержится «активное начало», создающее жизнь.

– Да он предсказал генетику! – поразились Галатея, слушавшая очередную вечернюю сказку, которую мать читала по толстой книге.

– В каком-то смысле – да, – ответила Дзинтара. – Эти аристотелевские представления благополучно уцелели до XVII века – ведь каждый человек мог убедиться, что в гнилом мясе «ниоткуда» появляются личинки мух. Средневековые мыслители приводили и такой наглядный пример самозарождения жизни: бросьте в тёмный шкаф грязную рубашку и горсть пшеницы – и там за несколько недель непременно самозародится мышь!

Галатея расхохоталась:

– А они не рассматривали возможность того, что мышь заберётся в шкаф через дырку?

Андрей подхватил:

– Конечно, нет – дырка в шкафу противоречила бы воззрениям великого Аристотеля!

Дзинтара продолжила:

– Только в 1668 году нашёлся смелый человек, проверивший теорию Аристотеля на практике. Это был итальянский натуралист Франческо Реди. Он затянул горшок с тухлым мясом кисеёй, которая не позволяла мухам садиться на мясо, – и в горшке никакого самозарождения жизни в виде личинок мух не произошло. За свои исследования Реди стал знаменит, в его честь назвали лунный кратер и один из подвидов европейских гадюк.

– Бр-р! – поёжилась Галатея, – Твой кратер – это здорово, а вот гадюка твоего имени – это... это...

Она не нашла как правильно сформулировать свои ощущения, а Дзинтара продолжила рассказывать историю о самозарождении жизни.

– Ещё лет двести велись споры между последователями Аристотеля, которые полагали, что микроскопическая жизнь самозарождается, например, во вкусных мясных подливках, даже если их прокипятить и закрыть пробкой, и теми, кто показывал, что если *хорошо* прокипятить самую вкусную мясную подливку и *хорошо* её закрыть, то никакого самозарождения жизни не происходит. Мнение последних победило и оставалось доминирующим до XX века, когда споры о самозарождении жизни вышли на новый виток. Они были связаны с теорией Опарина – Холдейна, появившейся в 1920-х годах. Сразу два исследователя предположили, что жизнь всё-таки самозародилась, но не в тёмном шкафу с грязными рубашками, а четыре миллиарда лет назад в первичном бульоне – в водоёмах первобытной Земли, в которых было много органических соединений, в том числе аминокислот. Именно из них и образовались нуклеиновые кислоты и белки, ставшие основой жизни на нашей планете. Опарин предполагал, что в водоёме сначала появляются коацерваты – пузырьки, окружённые мембраной, внутри которой в спокойной изолированной обстановке возникают сложные молекулы, а коацерват постепенно становится клеткой.

– А откуда взялись аминокислоты на первобытной Земле? – поинтересовалась Галатея. – В космосе много воды и разных газов, но там редко найдешь сахар и прочую органику.

– Опарин и Холдейн выдвинули гипотезу, что аминокислоты возникли в атмосфере первичной Земли, в которой не было кислорода, зато были аммиак, водяной пар и углекислый газ. Гипотезу Опарина и Холдейна в 1953 году решили проверить американские химики Стэнли Миллер и Гарольд Юри. Они создали достаточно простую установку, в которой пары воды

смешивались с атмосферой из метана, аммиака, водорода и монооксида углерода. Через эту смесь пропускались электрические разряды, чтобы промоделировать воздействие молний на первичную атмосферу Земли. Эксперимент увенчался полным успехом! Учёные нашли в колбах, где проводился опыт, многочисленные органические вещества: аминокислоты, сахара, липиды и предшественники нуклеиновых кислот. Миллер и Юри нашли в образовавшейся смеси пять аминокислот, но когда оставшиеся от опыта образцы были проанализированы в 2008 году более точными методами, то было найдено двадцать две различных аминокислоты. Так было доказано, что аминокислоты, составляющие белок и нуклеиновые кислоты, можно получить из простых химических веществ при подводе дополнительной энергии. Эксперимент Миллера-Юри стал классическим и впоследствии неоднократно повторялся в разных вариантах, потому что вопрос о составе атмосферы первобытной Земли вызывает много споров.

В тайне зарождения жизни есть один особенно загадочный момент – каким образом генетическая информация передаётся от одного поколения организмов к следующему поколению? Во времена Опарина и Холдейна многие учёные полагали, что именно белки переносят генетическую информацию, хотя как они это делают, никто не знал. Но эти представления оказались ошибочными.

1953 год вошёл в историю биологии не только из-за эксперимента Миллера – Юри, но благодаря одному молодому американскому вундеркинду, который с детства увлекался птицами и уже в пятнадцать лет поступил в Чикагский университет для изучения орнитологии. Звали молодого гения Джеймс Уотсон. Кроме птиц, он увлекался чтением книг и, став студентом, прочёл небольшую книгу знаменитого физика Эрвина Шрёдингера «Что такое жизнь с точки зрения физики?» Эта книга резко изменила профессиональные интересы Уотсона – с птиц он переключился на генетику.



— Что, вообще говоря, не означает уход от птиц, потому что они тоже подчиняются генетике, — отметил педантичный Андрей.

— Правильно. В девятнадцать лет Уотсон получил степень бакалавра, а в 1951 году он в возрасте двадцати трёх лет прибыл в знаменитую Кавендишскую лабораторию Кембриджского университета и стал работать вместе с Фрэнсисом Криком. Используя прекрасные рентгенограммы Розалинды Франклин и Мориса Уилкинса, Крик и Уотсон предложили двухспиральную модель ДНК как базисный элемент генетики. Статья об этом вышла 30 мая 1953 года в журнале *Nature*, стала вехой в генетике и принесла её авторам Нобелевскую премию. Идея Уотсона и Крика была простой и красивой: двухспиральная ДНК могла разделяться в две отдельные спирали, которые потом присоединяли к себе недостающие элементы и снова превращались в полноценные двухспиральные ДНК. Этот процесс был ключевым в биологическом размножении и передаче генетической информации новому поколению клеток. Таким образом, передатчиками генетической информации оказались не белки, а нуклеиновые кислоты.

После открытия Уотсона — Крика перед биологами возникла суперзадача: расшифровка ДНК человека и других живых существ. Эта задача распадается на два уровня. Сначала нужно расшифровать последовательность расположения остатков нуклеотидов в ДНК. Эта последовательность значительно различается у организмов разного вида, но даже внутри популяции одного вида, например человека, она слегка различается.

– Именно поэтому у нас глаза и волосы разных цветов! – сказала торжествующе Галатея, и её яркие глаза вспыхнули.

– Да. Второй уровень понимания структуры ДНК означает знание того, за что отвечает в организме тот или иной участок ДНК или ген. Мы только приступили к расшифровке ДНК, и нас там ждёт масса удивительных открытий.

Но вернёмся к проблеме происхождения жизни. К XXI веку биологи пришли к выводу, что создание белков сразу из аминокислот нереально. Была предложена гипотеза РНК-мира, в котором сначала возникли РНК – молекулы рибонуклеиновой кислоты, которые по структурным свойствам располагаются между белками и ДНК, но могут выполнять их функции. С одной стороны, РНК имеют такие же, как у ДНК, двухспиральные участки и могут передавать генетическую информацию, с другой – они, подобно белкам, могут сворачиваться в сложные пространственные структуры и катализировать биохимические реакции. Но РНК тоже достаточно сложная молекула. Может ли она возникнуть из смеси более простых органических молекул?

– Самозародиться! – подсказала Галатея.

– Верно. На этот вопрос ещё не получено убедительного и однозначного ответа, хотя первые опыты дали обнадеживающие результаты. Нужно учитывать, что в биологических средах существуют многочисленные механизмы самоорганизации, которые исследовал Илья Пригожин с сотрудниками. Алан Тьюринг, талантливейший математик, доказал, что в биохимических системах существует неустойчивость Тьюринга, которая приводит к возникновению различных структур и пятен.

– Как на шкурах животных? – спросила Галатея.

– Да. Эти механизмы самоорганизации играют важную роль в самозарождении жизни. Ряд исследователей полагает, что сначала возник естественный отбор в мире циклических химических реакций, что привело к ускорению биохимических процессов и возникновению РНК. Ещё совершенно не изучено, как из отдельных, пусть и сложных молекул создать клетку, отгороженную от среды мембраной и способной к делению, то есть к размножению.

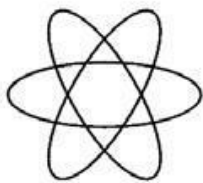
– Ты хочешь сказать, что учёные до сих пор не смогли синтезировать из неорганических молекул хотя бы одну живую клетку? – в восторге воскликнула Галатея. – Да это же отличная задачка – стать богом и создать новую жизнь из воды и глины!

– И получить за это Нобелевскую премию! – поддакнул Андрей.

– Да, загадка происхождения жизни далека от своего полного решения. Пока сделаны только первые шаги на этом пути – и там исследователей ждут невероятные открытия, удручающие разочарования и непрерывное удивление. Как сказал Холдейн: «Я подозреваю, что Вселенная не только страннее, чем мы себе представляем, но и страннее, чем мы можем представить».

– Решено! – Галатея ударила по столу крепким кулачком. – Становимся богами... то есть биологами – и создаём новую жизнь! Непременно сделаю себе ласковую говорящую кошку!

Примечания для любопытных



Аристотель (384–322 гг. до н. э.) – знаменитый древнегреческий философ, выдвинувший теорию самозарождения жизни. Ученик Платона, воспитатель Александра Македонского.

Франческо Реди (1626–1697) – итальянский врач и натуралист, который опроверг мнение Аристотеля о самозарождении жизни в гнилом мясе.

Александр Иванович Опарин (1894–1980) – советский биолог и биохимик, создавший теорию происхождения жизни из неорганических компонентов. Академик АН СССР.

Джон Холдейн (1892–1964) – английский биолог и философ, внёсший важный вклад в теорию происхождения жизни. Член Лондонского королевского общества (1932).

Стэнли Миллер (1930–2007) – американский химик, осуществивший в 1953 году, будучи студентом, знаменитый опыт Миллера – Юри по образованию аминокислот из неорганических веществ.

Гарольд Юри (1893–1981) – американский физик и химик. Лауреат Нобелевской премии по химии (1934) за открытие дейтерия – тяжёлого изотопа водорода.

Аминокислоты – органические соединения, в молекуле которых одновременно содержатся карбоксильные и аминные группы. Все они – кристаллические вещества, многие из них имеют сладкий вкус.

Белки – макромолекулы, состоящие из аминокислот и играющую ключевую роль в строении и функционировании живых организмов. Часто имеют чрезвычайно сложную пространственную структуру. За расшифровку аминокислотной последовательности белка инсулина Фредерик Сенгер получил Нобелевскую премию в 1958 году.

Нуклеиновые кислоты – высокомолекулярные органические соединения; биополимеры, образованные остатками нуклеотидов. Примеры нуклеиновых кислот – ДНК и РНК.

РНК – рибонуклеиновая кислота. Макромолекула, играющая важную роль в кодировании, прочтении и регуляции генов.

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота. Макромолекула, обеспечивающая хранение, передачу и реализацию генетической программы развития и функционирования живых организмов.

Ген – единица наследственности живых организмов, которая представляет собой участок ДНК.

Розалинда Франклин (1920–1958) – английский биофизик и рентгенограф, внёсшая важный вклад в изучение структуры ДНК.

Джеймс Уотсон (р. 1928) – американский биолог. Лауреат Нобелевской премии за 1962 год за открытие структуры молекулы ДНК.

Фрэнсис Крик (1916–2004) – британский биолог. Лауреат Нобелевской премии за 1962 год вместе с Уотсоном и Уилкинсом.

Морис Уилкинс (1916–2004) – английский физик и биолог. Лауреат Нобелевской премии за 1962 год «за открытия, касающиеся молекулярной структуры нуклеиновых кислот и их значения для передачи информации в живой материи».

Илья Пригожин (1917–2003) – бельгийский физик и химик, основатель теории самоорганизации. Лауреат Нобелевской премии по химии за 1977 год. Виконт Бельгии.

Алан Тьюринг (1912–1954) – выдающийся английский математик, оказавший глубокое воздействие на криптографию, логику и биологию. Один из основателей современной кибернетики. В 1950 году выдвинул идею эмпирического теста на разумность искусственного интеллекта. В честь учёного учреждена «Премия Тьюринга» – самая почётная премия в области информатики.

Сказка о живой планете

Дзинтара предупредила детей:

– У нас гости: сегодняшнюю сказку будет читать сам автор.

В комнату вошёл седой сказочник, который вёл за руку совсем маленького мальчика, совсем недавно научившегося ходить. Мальчик заинтересованно огляделся по сторонам, поприветствовал всех загадочной фразой:

– Ищъ адыя! – и сразу направился к большому аквариуму с разноцветными рыбками.

Сказочник же со вздохом уселся в кресло и показал на мальчика.

– Я привёл с собой своего внука Лёвушку, потому что он важный герой этой истории. Хочу рассказать вам о живой планете: о нашей Земле и её обитателях. Вы спросите: почему бы не дать рассказать эту историю вашей маме, биологу по профессии? Но я полагаю очень важным, чтобы ценность жизни на нашей планете была понятна для всех обычных людей, а не только для биологов. Земляне – часть живой природы, но мы, как правило, не знаем латинских названий

даже хорошо знакомых нам растений и животных; мы плохо представляем, как устроены скелеты и пищеварительные системы окружающих нас существ. Но это не должно мешать нам жить в единстве с земной биосферой. Поэтому я расскажу вам о животных, которых можно встретить совсем рядом, не совершая путешествия в тропические страны или далекие континенты.

Мой дом стоит в лесу, и я частенько наблюдаю за жизнью его обитателей. Знойным летним днём вокруг стоит неумолчный шум от кузнечиков и цикад. Яркие бабочки любят цветы, которые растут в горшках у меня на веранде. Иногда прибредёт крупный зелёный богомол или коричневый палочник, длиной с ладонь, очень похожий на сухую веточку дерева. Пение и щебетание птиц никогда не надоедает. Вокруг дома растут густые голубые ели, и там нередко устраивают гнёзда разные птицы.

Кто только не прилетал к моему дому: красные кардиналы и золотые зяблики, дятлы с красными шапочками и индюки с пышными хвостами. Однажды синяя птица, которая была настолько синей, что в её реальность верилось с трудом, ударилась об оконное стекло и некоторое время сидела в оцепенении, отходя от шока. Я взял её и положил в коробку с тёплой подстилкой и кормом, чтобы она могла согреться и отдохнуть. Через час она улетела, оставив яркое воспоминание и фотографию на память. У каждой птицы свои повадки: мелкие воробьишки с коротким клювом клюют в траве зёрнышки, а колибри с длинным изогнутым клювом сосут нектар из цветков с узкой горловиной. Красный кардинал, заметив своё отражение в стекле, обычно решает, что это соперник, который покушается на его территорию, и начинает безуспешную борьбу с зазеркальным противником. Однажды парочка кардиналов устроила гнездо в голубой ели и вывела птенцов. Настал день, когда птичьи дети вылетели из гнезда, возможно понукаемые родителями. Но один птенец долго не отваживался на самостоятельный полёт: он сидел, крепко вцепившись в ветку дерева, и не решался броситься вниз, даже когда огромные двуногие звери столпились вокруг и принялись его фотографировать.



У птиц очень развит родительский инстинкт. Они неутомимо кормят своих птенцов и защищают их даже ценой своей жизни. Однажды, поздним вечером, в гнездо, которое пара сереньких птичек свила над самой дверью, забралась змея, которая задушила птичку и двух её птенцов. Осталось гнездо с тремя осиротевшими птенчиками. Чтобы спасти их от ночного холода и змеи, я снял гнездо и занёс его в дом. Но что с ними делать, я никак не мог решить, потому что выкормить трёх прожорливых птенцов привычной им едой – червяками – не представлялось возможным. Утром, выглянув из дому, я первым делом увидел серую птичку – отца семейства, который ночевал где-то поблизости и, прилетев с рассветом, не нашёл своего гнезда. Когда я вышел, он совсем не испугался, а, сидя совсем рядом на верёвочке, в упор, и, как мне показалось, свирепо смотрел на меня. Я забормотал что-то, извиняясь, и немедленно вернул гнездо на место. Смелый отец взялся выхаживать своих оставшихся детей – и выкормил их! Через месяц они улетели, оставив воспоминание о храброй маленькой птице, которая, защищая своих детей, была готова напасть на самое страшное и большое чудовище.

– Какой героический отец! – сказала удивлённо Галатея.

– К моему дому живые существа не только прилетают, но и приползают. Это змеи всех сортов, синехвостые и краснхвостые ящерицы, серые вараны и красные саламандры... Я их так

называю, но могу и ошибаться в названиях, я не биолог. Нередко можно увидеть небольших черепах с жёлто-коричневым панцирем. Он устроен очень интересно: в случае опасности черепаха не только втягивает в панцирь голову и лапы, но и захлопывает заднюю и переднюю дверцы, превращая панцирь в бронированный сейф, который ни одна лиса не разгрызёт.

Лисы, конечно, тоже приходят к моему дому. Однажды лисёнок устроился на солнышке под самыми окнами и долго дремал там, как кот, дав себя спокойно сфотографировать. Иногда на полянке можно заметить сурка – крупного грызуна размером с небольшую собаку. Он очень любит копать норы и однажды решил устроить нору под домом, но начал неудачно, попробовав раскопать бетонный пол под верандой. Я услышал шум, вышел и долго отговаривал упрямого сурка от этой затеи, отправляя его копать в месте помягче.

Самые забавные зверьки – это еноты. Они прекрасно лазают по деревьям и заборам, и очень сообразительны. Однажды зимней ночью я ужинал и услышал стук в стеклянную дверь на веранде. Оборачиваюсь – за дверью стоит на задних лапах енот и стучит передними лапами в стекло, глядя в мою тарелку с пельменями. Звериная просьба была совершенно понятна. Немедленно была сварена новая порция пельменей и выставлена за дверь. Енот съел предложенный ужин и стал постоянным посетителем моей веранды. А я взял в привычку, не дожидаясь умильных просьб, выставлять на улицу тарелку с какой-нибудь подходящей едой.

К этой тарелке стал наведываться и опоссум, который получил имя Марфутка. Это единственное сумчатое, которое можно найти в местных средних широтах. Это медлительный зверёк с четырьмя лапками и длинным голым хвостом, с помощью которого они ловко цепляются за ветви. Он может забраться на любой куст, крепко держась за ветки ладонями четырёх лап и хвостом. Получив вкусный кусочек, опоссум берёт его передними лапами и ест очень интеллигентно. Однажды енот и опоссум встретились возле тарелки с едой. Марфутка отступила назад, не стала бороться за пищу с шустрым енотом. А как-то енот пришёл к тарелке не один, а с подружкой. Енотиха активно навалилась на угощение, а енот оказался отеснён от кормушки. Это явно поставило его в затруднительное положение: драться с подругой он определённо не хотел, но и закусить тоже был не прочь. Он глядел-глядел, как пустеет тарелка, а потом придумал такой ход: сел на задние лапы, повернулся к тарелке пушистым задом и стал медленно на неё надвигаться, решив таким беззубым, в прямом смысле мягким способом отеснить прожорливую подружку от тарелки. Енотиха заторопилась, глотая куски и видя, как тарелка исчезает под пушистым задом. Еноту почти удался его трюк, но я, наблюдая за этой сценой сквозь стеклянную дверь, не выдержал – и расхохотался, чем спугнул эту уморительную парочку.

– Да уж, – засмеялась Галатея. – Острый конфликт между сердцем и желудком!

– Енот, удирая, с испугу решил забраться на дерево, но первым деревом на его пути оказалась стойка веранды. Забравшись по столбу до крыши, он понял, что попал в тупик, и ему пришлось спускаться, чтобы поискать убежище по привычке.

Самые крупные травоядные, которые заглядывают ко мне, – это олени, рыжие летом и серые зимой. Оленята носят на шкуре симпатичные солнечные пятнышки. Наверное, они помогают им прятаться в солнечном лесу, где сквозь листья проникают лучи и делают всю землю пятнистой. Если подкармливать оленей, то их можно приручить, – наверное, так у древних людей и появились первые домашние животные.

Самый большой зверь, который приходит к моему дому, – это чёрный медведь. Он любит птичье зерно и вполне может угоститься булочкой – особенно если она с мёдом, – но вряд ли он готов за эту булочку стать домашним животным. Уж очень неприветливые у него глаза. Поэтому я держусь от медведей на безопасном расстоянии, глядя на них с высокой веранды.

Мир насекомых не менее интересен, чем мир крупных животных. Мы с внуком Лёвушкой недавно наблюдали ожесточённую битву паука с лесным клопом-вонючкой. Крупный паук поймал клопа в свою сеть, натянутую за оконным стеклом, и стал быстро обматывать паутиной, вращая его, как веретено. Но клоп ответил химической атакой, обрызгав паука вонючей струёй. Паук был ошарашен: он бросил клопа, отбежал от него на приличное расстояние и там замер. Было видно, как он трёт себя лапками, стараясь избавиться от химического клопиного оружия. В это время клоп пытался сбросить с себя паутину, дрыгая ещё свободными ногами. Это ему не удалось, и вскоре паук, вернувшись к активной жизни, расправился с клопом. Но всё равно было

понятно, что химическое оружие лесных клопов дает им значительное преимущество в борьбе с врагами. Возможно, именно поэтому популяция лесных клопов-вонючек переживает расцвет.

– фу! – только и сказала брезгливо Галатей.

– Конечно, если не ограничиваться одним местом, а отправиться в далёкое путешествие, то на нашей планете можно увидеть гораздо большее многообразие живых существ, хорошо знакомых всем по книгам и фильмам: львов, слонов, носорогов, жирафов, крокодилов, кенгуру, обезьян, китов, дельфинов, тюленей и пингвинов.

Эволюция прекрасно поработала над приспособляемостью различных животных. Вот верблюд – чудо приспособленности. У него на каждой ноге по два пальца с перепонкой – при ходьбе они растопыриваются, чтобы не проваливаться в песок. Ноздри снабжены мышцами, которые закрывают их при песчаных бурях. Тело сверху защищено от солнца густой шерстью, а ниже кожа почти обнажена и легко отдаёт тепло. Верблюды без труда едят самые жёсткие колючки. Почему у верблюда есть горб? Жир распределяется по телу обычного животного более-менее равномерно, но в жару это способствует перегреву. Поэтому верблюд концентрирует жир в горбе, а остальное тело легко остывает на жаре. На этом жировом запасе он может существовать очень долго. Верблюд выпивает перед путешествием много воды и держит её запас в желудке. Он может превращать в воду часть жира с горбов. Верблюды способны не пить в четыре раза дольше, чем ослы, и в десять – чем люди. К концу путешествия горбы превращаются в сморщенные мешки.

– Тут верблюду надо отдохнуть и взять отпуск для подкорма! – сказал Андрей.

– Ещё один пример хитроумного приспособления к среде представляет собой птица малео – лесная курица с индонезийского острова Сулавеси. Она живёт на склонах вулканов, поэтому сама не высиживает яйца, а закапывает их в песок, подогреваемый подземным теплом. Эти птицы используют могучий вулкан как обычный инкубатор!

Сухопутные черепахи дышат ртом и воздухом, а морские черепахи могут поглощать кислород из воды нёбом. Кожистые черепахи, самые крупные черепахи планеты, сделав кладку яиц на пляже, маскируют её, ползая по пляжу и имитируя огромное количество фальшивых кладок. Пусть кто-нибудь попробует найти, где в изрытом пляже закопаны черепашины яйца!

Морские сверлильщики – двустворчатые моллюски – живут в мягких породах вроде известняков. Моллюск прикрепляется к прибрежной скале, омываемой волнами, а потом начинает её скрести своей ракушкой, вытачивая себе убежище – туннель до тридцати сантиметров длиной. Когда скала рушится от множества обитающих в ней сверлильщиков, то уцелевшим приходится искать новую скалу.

Илистый прыгун, обитающая в прибрежном иле рыбка около двадцати сантиметров длиной, сохраняет воду в жаберных камерах и дышит её кислородом, периодически возвращаясь в глубокую часть водоёма и обновляя запас воды. Значительную долю кислорода прыгун получает через влажные бока – и время от времени быстро перекачивается по илу, чтобы смочить кожу. Прыгуны ползают по илу, опираясь на плавники, как тюлени. А если им надо прыгнуть вперед, они сворачивают хвост кольцом и быстро распрямляют его как пружину – прыг! Некоторые виды прыгунов имеют спинные плавники, окрашенные в яркие цвета. Чтобы привлечь внимание самки, самец бьёт хвостом и прыгает высоко вверх, развернув плавник как знамя, демонстрируя свою красоту максимальному числу зрителей.

– Наверное, именно так рыбы и вышли насушу? – поинтересовалась Галатей, – Они сначала были как этот прыгун?

Рассказчик кивнул:

– Или как крокодилы, которые тоже неплохо себя чувствуют и в воде, и на суше. Но как бы ни были разнообразны животные других континентов, секретов у скромной природы, окружающей ваш дом, предостаточно. Например, весной в лужах появляются жёлтые разводы – это сосны рассеивают свою пыльцу. Мхи тоже отпускают свои споры на ветер. Этим же способом пользуются и грибы: шампиньон сбрасывает с пластинок своей шляпки сто миллионов спор в час, а созревшие дождевики выпускают споры в виде клубов дыма, по миллиарду спор за выброс. Орхидеи тоже полагаются на ветер: каждый цветок даёт три миллиона семян. У этих мелких семян нет питательных запасов, они прорастают, только попав на поверхность определённого вида гриба, который и предоставляет им среду для роста. Заботливый одуванчик снабжает свои семена питательными веществами, поэтому они становятся слишком тяжелы для

ветра. Чтобы придать им летучесть, одуванчик прикрепляет к каждому семечку пушинку: на этом парашютике семечко легко летит по ветру. Паучки тоже используют попутный ветер, чтобы перебираться с места на место: они выпускают паутинку, и когда она становится достаточно длинной, ветер подхватывает её вместе с хозяином – и несёт их вдаль, в новые места.

Любой ручеёк или пруд представляет собой интереснейшее сообщество различных животных. В соседнем пруду я наблюдаю и тритонов с икрой, и лягушек, и рыбок. Личинки ручейника облепляют себя склеенными песчинками и веточками, чтобы их не съели рыбки, и ползают по дну ручьев в поисках еды. Если еды мало, то некоторые виды ручейников плетут «рыболовные» сети из паутины, чтобы успешнее самим кого-нибудь съесть. Совершенно особый мир расположен на границе воды и воздуха. Водомерки бегают по поверхности пруда, используя силы поверхностного натяжения воды.

– Что эта за сила? – спросила Галатея.

– Молекулы воды притягивают друг друга. На поверхности они притягиваются к общему массиву воды сильнее, чем обычные молекулы внутри капли, поэтому там образуется что-то вроде упругой плёнки. Ею и пользуются многие мелкие животные. У водомерок лапки покрыты водоотталкивающим воском. Они бегают по поверхности воды, как по льду. Ногохвостки, членистоногие размером с булавочную головку, почти целиком покрыты воском и тоже не проваливаются сквозь плёнку. Но они очень легки, и чтобы их не унёс ветер, на брюшке у них имеется не покрытый воском шип. Этот шип вонзается в водяную плёнку и держится за неё, как якорь.

Поверхностная плёнка воды представляет собой ловушку для других, не привычных к ней, насекомых. Они падают в неё, прилипают, и тут на них налетают местные хищники – те же пауки, что сидят на берегу, опустив в воду пару лап и слушая вибрации плёнки. Чу, заколебалась плёнка, значит, кто-то попал в ловушку! Пора пообедать! Кто первый добежит до добычи, тот вытаскивает её из воды, чтобы она перестала волновать плёнку и созывать конкурентов. Вот сейчас и поедим...

– Неужели все обычные насекомые, попав в воду, оказываются совершенно беззащитными? – ужаснулась Галатея.

– Нет, среди них есть очень изобретательные хитрецы. Например, камфарный жук, залетев в воду, спасается от водомерок и пауков, выпуская из брюшка особое вещество, которое уменьшает притяжение между молекулами. В результате задняя часть жука проваливается в воду, задние лапки начинают работать как весла, а передняя часть тела держится на плёнке, не давая ему утонуть. Камфарный жук как катер устремляется к берегу, умело управляясь с поверхностной плёнкой, и благополучно достигает безопасной суши.

Поверхностная плёнка воды – это своеобразный Интернет, среда для передачи информации. Жуки-вертячки крутятся, посылая во все стороны вибрации и получая информацию об окружающих препятствиях и береговой линии. Водомерки трясут плёнку особым образом, сообщая, что готовы к спариванию. Целый двухмерный мир расположен на границе воды и воздуха.

– И чем-то он похож на человеческий, – мрачновато сказал Андрей.

– Наша планета удивительна по многообразию живущих на ней биологических видов. Это огромное поле деятельности для биологов. Многие животные обладают способностями, которые нам бы оченьгодились, достаточно вспомнить о таланте ящерицы, отращающей свой потерянный хвост, или о способности многих животных к гибернации и сну по полгода. А долголетие черепах? Хорошо изучив животных и самого человека, который тоже является животным, мы сможем найти пути к продлению нашей жизни, сделаем людей более здоровыми и счастливыми.

Но главную проблему, которая стоит перед биологами и экологами, можно сформулировать так: как сохранить многообразие и богатство биосферы Земли? Ежегодно открывается большое количество новых видов животных и растений, но многие виды необратимо вымирают за это же время.

Дзинтара кивнула головой:

– При плохом варианте развития событий биологам скоро будет нечего изучать!

Сказочник улыбнулся:

– Я не биолог, я просто житель планеты Земля, который получает огромное удовольствие от соседства с другими живыми существами. Конечно, нужно соблюдать осторожность и со змеями, и с медведями, которые не знакомы с человеческой аксиомой, что человек – вершина эволюции. Но любые звери не опаснее людей, настроенных агрессивно. Мне очень хочется, чтобы эта планета сохранила свой неповторимый живой облик, и чтобы наши потомки смогли насладиться нашей прекрасной Землёй.

Рассказчик кивнул на своего внука, который нашёл пульт от телевизора и сосредоточенно его изучал, тыкая пальцем во все кнопки по очереди. Потомок Лёвушка поднял голову и очаровательно улыбнулся на все восемь имеющихся у него молодых зубов.

Сказка о докторе Земмельвейсе и чудо-лекарствах

Молодой венгерский врач Игнац Земмельвейс был счастлив. Он шёл по улице, застроенной старинными домами и широко улыбался птицам, людям и цветам. Сравнительно недавно он закончил Венский университет, получив диплом хирурга и акушера, и вот теперь, счастливчик, уроженец провинциальной Буды, принят на работу в престижную столичную клинику в Вене, где будет заниматься любимым делом. Игнац считал свою профессию самой важной в мире. Ведь история каждого человека начинается с рождения, день которого будет праздноваться в течение всей его жизни. И без помощи врача-акушера в этот самый первый день рождения никак не обойтись.

Игнац весь отдался своей работе, радуясь каждому новорождённому и ужасно расстраиваясь в тех случаях, когда что-то шло не так. А проблем было немало. Многие женщины умирали после рождения ребенка из-за бича тогдашнего времени – послеродовой горячки, или сепсиса, а попросту, из-за заражения крови. Игнац никак не мог примириться с этими трагедиями. Ему не давал покоя факт, что смертность среди женщин, которые рожали по старинке – дома и пользуясь услугами малообразованных повитух, – была гораздо меньше, чем в его столичной клинике, полной дипломированных врачей, где, несмотря на это, умирала каждая пятая роженица. А в других клиниках умирала треть, а то и половина всех матерей!

Игнац пылливо изучал все причины, которые могли приводить к такой разнице. Чем отличаются условия дома и в больнице? Он систематизировал больничные записи о смертности в своей клинике за многие годы и заметил, что раньше случаев послеродовой горячки было гораздо меньше. Почему же этот бич начал терзать его любимую клинику? Что случилось? Оказалось, что рост смертности совпадает со временем, когда в клинике стали стажироваться студенты. Часть дня они работали в морге, препарируя трупы, или в инфекционном отделении, а потом, ополоснув руки и вытерев их носовыми платками, переходили в родильное отделение.

В 1847 году Игнац с беспокойством предположил, что студенты и врачи моют руки недостаточно тщательно – и приносят инфекцию в родильное отделение из других помещений больницы. Он придумал, как проверить эту гипотезу. Молодой доктор Земмельвейс, которому исполнилось всего двадцать девять лет, сумел заставить врачей окунать руки в обеззараживающий раствор хлорной извести, прежде чем перейти из морга в родильное отделение. Результаты появились немедленно: больничная статистика показала, что смертность среди рожениц упала в семь раз!

– Какой молодец этот Игнац! – воскликнула Галатея. – Как его отблагодарили признательные коллеги и счастливые пациенты?

– Коллеги его подняли на смех. Доктора сочли оскорбительным предположение, что у них недостаточно чистые руки. Они стали травить молодого врача, а директор клиники доктор Клейн запретил ему публиковать данные больничной статистики, которые свидетельствовали в пользу гипотезы Игнаца, и заявил, что «посчитает такую публикацию доносом». В конце концов Игнаца Земмельвейса просто уволили из клиники.

– Но ведь всё было так наглядно! – возмутилась Галатея. – Вот ведро с хлоркой, вот статистика. Неужели доктору Клейну было наплевать на жизнь молодых матерей?

– Доктор Клейн беспокоился в первую очередь о своей репутации, которой публикация скандальных данных о грязных руках его врачей нанесла бы непоправимый ущерб. Хотя Левенгук давным-давно открыл микробов, но связь между микроскопическими организмами и

заболеваниями человека оставалась для медицины середины XIX века малоизученной. Заболевания часто связывались с плохим воздухом, вредными испарениями болот или слабостью организма. Поэтому идеи Земмельвейса были совершенно непонятны для тогдашних врачей.

Игнац Земмельфейс переехал в провинциальный Пешт, где возглавил клинику, а вскоре стал профессором тамошнего университета. Конечно, он успешно применял в своей клинике метод борьбы с послеродовой горячкой и инфекциями. Он пытался распространить свой опыт: писал письма ведущим врачам Европы, выступал на медицинских конференциях, на свои средства организовывал обучение врачей и издал в 1861 году книгу о причинах и профилактике послеродовой горячки. Но всё было безуспешно – врачи отказывались признавать результаты Земмельвейса, а по всему миру продолжалась гибель рожениц из-за сепсиса.

Идеи Игнаца Земмельвейса встречали сильнейшее неприятие. Против него был фактически составлен врачебный заговор с целью упрятать его в психиатрическую клинику, которые в те времена были ничем не лучше тюрем, а может быть, и гораздо хуже их. Земмельвейса обманом предложили посетить сумасшедший дом под Веной. Когда он всё понял и попытался бежать, санитары избили его, надели на него смирительную рубашку и бросили в тёмную комнату. Раны, полученные при избиении, стали причиной заражения крови, той самой болезни, против которой Игнац боролся всю свою жизнь. В качестве лекарства ему назначили слабительное и обливание ледяной водой. Через две недели Игнац Земмельвейс умер в психиатрической клинике в возрасте всего сорока семи лет.

– Какие сволочи! – Галатея была потрясена.

– Лишь двадцать лет спустя другие врачи пришли к тем же выводам, что и Игнац Земмельфейс, и в больницах установили более жёсткие порядки по обеззараживанию рук и инструментов.

– Двадцать лет женщины продолжали умирать! – негодовала Галатея. – Миллионы молодых матерей! Эти тупые доктора клиник сами преступники, хуже серийных убийц!

– В 1906 году доктору Игнацу Земмельвейсу на пожертвования врачей всего мира поставили в Будапеште памятник с надписью «Спасителю матерей». А в психологии появилось понятие «рефлекс Земмельвейса», который означает категорическое неприятие нового, если оно противоречит устоявшимся представлениям.

Дзинтара задумчиво помолчала, а потом сказала:

– Я бы повесила портрет доктора Игнаца Земмельвейса в каждой клинике с напоминанием: «Берегись рефлекса Земмельвейса!» Может, это спасло бы пару миллионов жизней пациентов.

– А нельзя ли там добавить что-нибудь о публичных порках самых твердолобых директоров клиник? – спросила мстительная Галатея.

– Я не думаю, что это конструктивный подход. Вряд ли он вызовет положительный отклик в среде врачей.

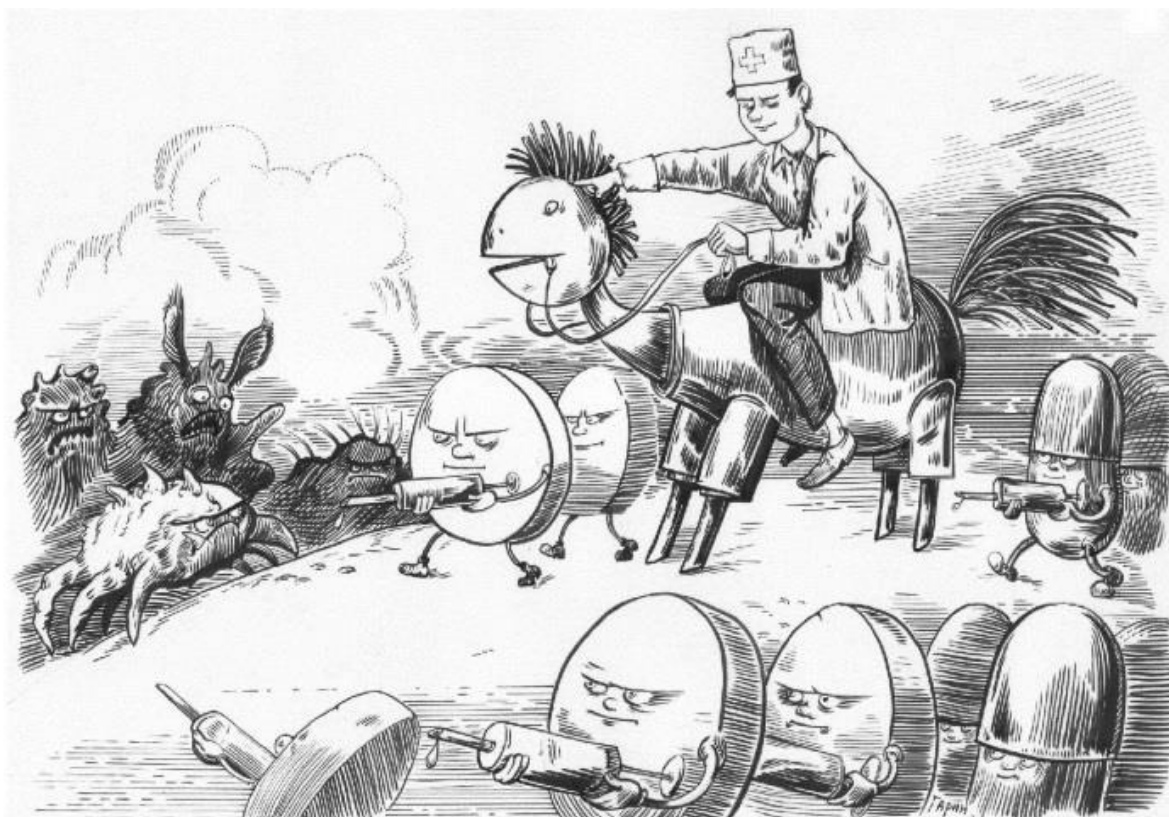
– Такой портрет надо повесить в и каждом научном учреждении, – добавил Андрей. – Но, наверное, история доктора Земмельвейса является отголоском средневековых нравов, а сейчас такая ситуация попросту невозможна?

– Это не совсем так: спустя сто пятьдесят лет «рефлекс Земмельвейса» проявился в медицине не менее ярким образом. В XX веке широко распространились антибиотики, и хирургическое вмешательство в организм человека стало сравнительно безопасным. Язва желудка всегда была распространённым заболеванием, но в XX веке её стали лечить с помощью ножа. У миллионов больных разрезали животы и удаляли воспалённые части желудка или участки двенадцатиперстной кишки с язвой. Общепринятым было мнение, что язва желудка является ответом организма на стрессы стремительного века. Язва даже считалась профессиональным заболеванием менеджеров и интеллигентов.

В 1979 году австралийский врач Робин Уоррен обнаружил в желудке человека бактерию, имеющую характерную спиральную форму. Он назвал её гелико-бактерией. Молодой австралийский исследователь Барри Маршалл взялся за исследование этой бактерии и пришёл к поразительным выводам. В 1982 году Барри Маршалл и Робин Уоррен выступили с гипотезой, что язва желудка вызывается бактериальной инфекцией, то есть размножением в желудке тех самых геликобактерий. Исследователей просто подняли на смех. Во-первых, все медики были уверены, что в кислой среде желудка никакая бактерия не выживет. Во-вторых, в конце XX века мощные электронные микроскопы позволили рассмотреть даже вирусы. Неужели крупные

бактерии, живущие внутри человека и отвечающие за столь массовое заболевание как язва желудка, так долго могли ускользать от внимания учёных?

Австралийским врачам не удалось вызвать язву у лабораторных свиней, поэтому Маршалл провёл контрольный эксперимент на себе, заразил себя гелико-бактерией, которая вызвала все характерные симптомы язвы желудка, а потом вылечился с помощью антибиотиков.



Статья с описанием этого впечатляющего эксперимента была опубликована в Австралийском медицинском журнале в 1984 году, но вызвала скепсис в мировом сообществе медиков. Маршалл говорил: «Все были против меня, но я знал, что прав». Только в 1994 году Национальный институт здоровья США признал, что язва желудка вызывается не нервной жизнью, а бактериальной инфекцией, для излечения которой не нужно разрезать пациента, а достаточно пару недель принимать таблетки. Статья Маршалла и Уоррена стала самой цитируемой статьёй австралийского медицинского журнала. В 2005 году Маршалл и Уоррен получили за свою работу Нобелевскую премию по медицине, а миллионы людей, страдающих от гастрита и язвы желудка, получили чудо-лекарство, которое стало вылечивать их без вмешательства хирургического ножа.

– Видишь, мама, какой прогресс в медицинском сообществе, – сказал Андрей, – Маршалл и Уоррен не умерли в сумасшедшем доме, и не сразу, но были награждены Нобелевской премией.

– Согласна, – сказала Дзинтара. – Но сколько миллионов людей не было бы разрезано, а то и зарезано на хирургических столах, если бы медицинское сообщество не держалось так крепко за ложные теории, а честно исследовало альтернативные гипотезы. Впоследствии выяснилось, что спиралевидную бактерию, которая вызывает язву желудка, находили начиная с 1875 года немецкие, итальянские, польские и российские исследователи. Ещё в XIX веке было высказано предположение, что эта спиралевидная бактерия связана с болезнями желудка, но её не удавалось развести в лабораторных условиях, поэтому эти открытия проходили бесследно для медицины, которая вдобавок не верила в желудочные бактерии.

– Язву желудка не лечили антибиотиками, потому что не знали о природе этой болезни. Но в целом после открытия пенициллина врачи успешно борются с бактериями, – сказал Андрей.

– Верно, но оказалось, что эта победа над бактериями не может быть окончательной. Популяции бактерий под воздействием антибиотиков стали изменяться, становясь всё более

устойчивыми к лекарствам. Поэтому исследователи всё время ищут новые и новые антибиотики. А ведь есть ещё вирусные инфекции, которыми вызывается, например, грипп. Вирусы не поддаются антибиотикам, и от них каждый год страдает множество людей на нашей планете. Малярия вызывается мельчайшими паразитами в организме, и до сих пор не изобретено чудо-лекарства или чудо-прививки, которые бы в корне уничтожили эту болезнь, а ведь от неё страдают сотни миллионов людей в Азии и Африке, и множество детей умирает каждый год.

Так что перед медиками-исследователями простирается огромное поле деятельности по открытию чудо-лекарств.

Кроме того, есть болезни, которые связаны не с инфекциями, а с генетическими проблемами организма. Например, смертельная болезнь диабет развивается, когда поджелудочная железа человека не вырабатывает особый гормон – инсулин, который помогает организму усваивать сахар и выполнять ряд других важных операций. Двое канадских врачей и физиологов, Фредерик Бантинг и его ассистент Чарльз Бест, сумели выделить инсулин из животных и доказали, что введение его людям спасает их от диабета. Сейчас миллионы людей с диабетом ведут нормальный образ жизни, делая себе инъекции чудо-лекарства инсулина. В 1923 году Бантинг получил за эту работу Нобелевскую премию. В своей нобелевской речи он подчеркнул роль Чарльза Беста и отдал ему половину премии.

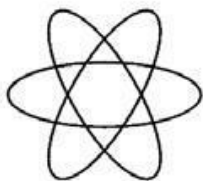
Поиск лекарств, воздействующих на тот или иной процесс в организме человека или бактерии, веками вёлся бессистемно: исследователи просто брали и пробовали в качестве лекарств всё, что попадалось под руку – от плесени до ртути. Если препарат доказывал свою эффективность, то становился общепринятым лекарством. После того как биохимики и биофизики сумели расшифровать структуру многих белков и вирусов, возникла идея: а нельзя ли проектировать лекарства с помощью физических моделей квантовой механики и компьютерных расчетов? Если заранее вычислить строение молекулы лекарства, которая подходит к структуре молекулы-мишени как ключ к замку, то синтезировать такое лекарство будет гораздо проще, чем создавать его наугад. В медицине и биологии появилось целое новое направление: предсказание структуры белков и компьютерный дизайн лекарств.

Список чудо-лекарств, которыми обладает современная наука, велик, но далеко не закончен. Однако рано или поздно их наберётся столько, что возникнет вопрос: а нельзя ли с помощью лекарств избавить человека от всех болезней, в том числе от старости, которая тоже может рассматриваться как болезнь?

– Мама, ты говоришь о бессмертии? – спросила Галатея.

– В общем-то да, – кивнула Дзинтара. – Но бессмертие – это настолько увлекательная штука, что его стоит обсудить отдельно.

Примечания для любопытных



Игнац Земмельвейс (1818–1865) – венгерский врач-акушер, профессор, один из основоположников асептики.

Асептика – комплекс мероприятий, предотвращающих попадание микроорганизмов в рану и предупреждающих нагноение.

Антисептика – комплекс мероприятий, направленных на уничтожение микроорганизмов в ранах, в больном органе или во всём организме.

Барри Маршалл (р. 1951) – австралийский врач, открывший бактериальную природу язвы желудка. Лауреат Нобелевской премии по медицине за 2005 год.

Робин Уоррен (р. 1937) – австралийский врач, переоткрывший геликобактерию и установивший вместе с Барри Маршаллом природу язвы желудка. Лауреат Нобелевской премии за 2005 год.

Фредерик Бантинг (1891–1941) – канадский врач и физиолог, один из открывателей инсулина. Лауреат Нобелевской премии за 1923 год.

Чарльз Бест (1899–1978) – канадский врач и физиолог, один из открывателей инсулина.

Сказка о биоматематике и бессмертии

В отличие от остальной природы, живые существа долгое время казались непознаваемыми с точки зрения механики или математики – они слишком сложны и обладают непредсказуемым поведением. Одним из первых учёных, увидевших в живом организме не нечто мистическое, а объект, подчиняющийся законам механики, физики и химии, был французский врач и философ Жюльен Ламетри. Он написал знаменитые произведения «Человек-машина» и «Растение-машина». В XVIII веке его материалистические воззрения были ересью. Труды Ламетри были сожжены инквизицией, а сам он был вынужден бежать из Франции и до конца своих дней скрываться на чужбине. В книге «Человек-машина» Ламетри изложил убедительные доводы в пользу того, что органы человеческого тела подчиняются законам науки также, как часы или другие механизмы. После чего он заключил: «Итак, мы должны сделать смелый вывод, что человек является машиной...»

Ламетри прекрасно сознавал, насколько живой организм отличается от простого механизма и отмечал: «Человек настолько сложная машина, что совершенно невозможно составить себе о ней ясную идею...» Тем не менее труды Ламетри ознаменовали наступление физики и математики на биологию. Исследователи стали обнаруживать сходство нервных волокон с электрическими проводами, стали понимать биофизику сокращения мышц и механическую целесообразность строения скелета.

С помощью математики начали исследовать не только строение отдельных организмов, но и их сообщества.

В 1931 году в Париже математик Вито Вольтерра опубликовал знаменитую книгу «Математическая теория борьбы за существование». Он написал в предисловии, что «область применения этих исследований включает все проявления борьбы между индивидуумами некоторого сообщества; прирост одних получается благодаря гибели других, причём прирост и гибель могут быть оценены численно». Сложные дифференциальные и интегродифференциальные уравнения Вольтерра...

– Что это такое? Интегро и ещё дифференциальные уравнения? – спросила Галатея.

– Это математические уравнения, в которых присутствуют сразу дифференциалы и интегралы неизвестных функций.

– Например?

– Хм... Когда ты собираешь ягоды в большую корзину, то скорость сбора ягод зависит от их количества на поляне и от твоей скорости движения по поляне. Скорость поступления ягод в корзину можно описать дифференциальным уравнением. Зато суммарное количество ягод в твоей корзине описывается интегралом по времени от скорости сбора. Если же учесть в уравнении, что по мере накопления ягод в корзине твоё движение по поляне замедляется из-за тяжёлой корзины и усталости, то окажется, что даже такое простое занятие, как сбор ягод, описывается интегродифференциальным уравнением.

– Теперь понятно, – удовлетворённо кивнула Галатея, – Выходит, я давно имею дело с интегралами... с интегродифференциальными уравнениями.

– Вольтерра показал, что эти уравнения описывают, например, циклические колебания количества хищников и травоядных. Как замечали некоторые учёные, и прекрасно знали все скупщики мехов, бывают времена, когда охотники сдают много заячьих шкур, но мало рысьего меха – и наоборот. Оказывается, изобилие корма помогало быстрому росту количества рысей, которые сокращали численность зайцев. В такое время охотники добывали много рысьих шкур, зато заячьих сдавалось меньше, чем обычно. Из-за голода поголовье рысей сокращалось – и зайцы снова размножались. Математика оказалась настолько могучим средством познания природы, что смогла точно описать уравнениями борьбу за существование тысяч рысей, замерших в охотничьем ожидании на ветках деревьев, и сотен тысяч зайцев, пугливо

пробирающихся по лесным тропинкам. Аналогичные процессы протекали и в других биологических сообществах, например среди хищных рыб и рыб, которые питались водорослями и планктоном. Американский демограф Лотка провёл аналогичный математический анализ для колебания численности людской популяции. Сейчас эти уравнения, описывающие систему «хищник – жертва», называются уравнениями Лотки – Вольтерра.

Вито Вольтерра включил в математические уравнения рыбы хвосты, волчьи зубы и заячьи ноги. Но биоматематика может включить гораздо больше объектов и феноменов, в том числе и человеческого организма. Но если мы сумеем описать процессы, протекающие в наших организмах, то сделаем огромный шаг к тому, чтобы управлять ими, достигая здоровья и долголетия. В третьей книге трилогии «Астрови-тянка» описывается математическое «решение бессмертия»:

«Для организма Homo Sapiens была составлена невероятно сложная система дифференциально-интегральнотензорно-групповых уравнений. Математическое решение этой системы уравнений описывало все жизненные процессы, происходящие внутри человеческого организма. Получение данного „решения жизни“ было задачей исключительной сложности, но ещё более зубодробительной проблемой являлось „решение бессмертия“. Для него нужно было найти и наложить на исходную систему уравнений – то есть на сам организм – такие условия, при которых жизненные процессы в человеке оказывались бы не лимитированы по времени; например, деление клеток не затухало бы по истечении нескольких десятков лет в судорогах апоптоза, а продолжалось бы неограниченно».

– Неужели меня можно описать математическим уравнением? – задумалась Галатея. – Например, когда мне скучно на уроках? Или я не знаю, чем заняться вечером, – это что, какое-то уравнение во мне не может на что-то решиться?

– Вряд ли кто-то сможет описать психологические заскоки – особенно в твоей голове. Но биологические процессы как в больном, так и в здоровом человеческом организме подчиняются законам физики и математики.



Малярийный паразит забирается внутрь эритроцита – клетки крови, – размножается там, выедавая питательные вещества эритроцита, а заодно готовя выход наружу всего народившегося потомства. Когда наступает момент «рождения», вступают в дело биомеханические процессы – и эритроцит, превратившийся к данному моменту просто в округлый мешок, в котором бьётся дюжина паразитов, выворачивается наружу, как перчатка, выбрасывая малярийных бандитов на дальнейший разбой. Малярийные паразиты не знают физики и математики, но прекрасно управляют физико-механическими процессами. Эволюция выработала у них особые способности, которые нужны, чтобы проникнуть в прочную клетку, потом подготовить её к выворачиванию, что представляет собой очень непростой процесс, учитывающий упругие свойства двуслойной клеточной мембраны, поверхностное натяжение и много других факторов. Можно победить малярийного паразита, если понять в деталях процесс его размножения и изменить свойства эритроцита так, чтобы тот выполнял свои функции, а паразит не мог больше им командовать.

Вирусы, которые даже не являются живыми организмами, а представляют собой достаточно сложные молекулы, оказываются умелыми механиками, которые «знают», каким способом вскрыть прочную оболочку клетки и проникнуть внутрь – для размножения. Помешать им опять-таки можно, только разобрав в деталях механизм проникновения вируса в клетку...

– После чего вставить палку в колесо этого механизма! – сказал мрачно Андрей, который только недавно переболел гриппом.

– Каждая клетка человеческого организма похожа на самостоятельный город-крепость с эффективной организацией подвода ресурсов и отвода отходов. У него есть управляющий центр и стены, дороги и полицейские. Этот город даже может самовоспроизводиться, делясь пополам и образуя две полноценные клетки. По трубчатым шоссе этих городов плывут в нужном направлении сложные молекулы и деловито катятся шарообразные автомобильчики, побуждаемые к движению не моторами, а своеобразными ногами, которые, поочерёдно отталкиваясь от поверхности трубки, толкают автомобильчик вперед.

– Автомобильчики в живой клетке? – не поверила своим ушкам Галатея.

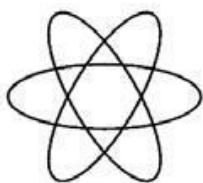
– Да, клетка полна наномашин – механических устройств, которые состоят из отдельных молекул. Мы можем лишь мечтать о создании механизмов такого размера и такой эффективности. Для передвижения биологические наномашин могут использовать электрический мотор, который вращает жгутик у многих бактерий и превращает их в микроскопические подводные лодки. В клетке-крепости есть центральный замок – ядро, в котором хранится генетическая библиотека, есть вокзалы или сортировочные станции, где внутриклеточные транспортные средства разгружаются, а груз отправляется дальше, строго по назначению. Специальные колонны поддерживают прочные стены, позволяющие проходить в город полезным обитателям, но защищающие его от врагов. Среда внутри города отличается от внешней: она подобрана так, чтобы обитателям города было комфортно жить и трудиться. Внутри города есть несколько фабрик. На одних вырабатывается энергия, запасённая в виде специальных молекул, на других создаются необходимые для клетки сложные молекулы. Процесс создания новых молекул, которые, например, нужны для роста клеточной стенки, просто захватывает дух: различные органеллы клетки сближаются, обмениваются информацией и соединяются, чтобы произвести нужную молекулу, а потом снова расходятся по своим делам.

Отдельные клетки объединяются в органы и в организм, в котором всё устроено очень сложно, но не менее целесообразно. Человек – это супермашина, состоящая из множества клеток-городов, наполненных наномашинами. В организме человека есть стражи, которые защищают его от внешних инфекций, ремонтники, которые залечивают полученные повреждения, а также множество полезных бактерий-симбионтов, помогающих жизнедеятельности человеческого организма.

Строки из учебников по биологии, описывающие жизнь города-клетки и всего организма, напоминают дневник человека, попавшего в город инопланетян, которые значительно превосходят нашу цивилизацию. Он старательно описывает, что происходит вокруг, практически не понимая – *почему* и *как* это происходит.

– Это очень хорошо, – сказала Галатея, – Иначе нам нечего было бы исследовать! Мы найдём интегродифференциальные уравнения, которые хорошо описывают не только сбор ягод, но и весь наш организм. Мы непременно решим их и найдём формулу бессмертия!

Примечания для любопытных



Жюльен Ламетри (1709–1751) – французский врач и философ эпохи Просвещения. Поразительно умный и прозорливый мыслитель, увидевший в человеке сложную, но познаваемую машину.

Вито Вольтерра (1860–1940) – итальянский математик и физик. Успешно применил методы математики для исследования биологических систем, в частности систем «хищник» – «жертва».

Альфред Лотка (1880–1949) – американский математик и демограф. Соавтор модели Лотки-Вольтерра в области динамики биологических популяций.

Сказка о математике Перельмане, катастрофах и предсказании будущего

Математика – удивительнейшее творение человеческого разума. Она началась как практическая арифметика, которая пересчитывала мешки с зерном и овец в стаде, и бережливая геометрия, которая определяла объём бочек с вином и маслом. Но постепенно математика стала самодостаточной наукой, которая развивается по своим законам, не связанным непосредственно с практикой. Математики придумали дифференциальные уравнения и тензорный анализ, многомерные и искривлённые пространства, группы преобразований и топологический анализ. Но совершенно замечательное свойство математики, которое удивляло многих мыслителей, заключается в том, что многие области этой науки, которые развивались сначала как совершенно абстрактные, как оказалось, прекрасно описывают реальные природные процессы.

Российский математик Ляпунов создал теорию устойчивости для решений дифференциальных уравнений. Редкая современная работа по анализу хаотического поведения систем обходится без понятия «устойчивость по Ляпунову». Турбулентность воды, нестабильность метеорологических процессов, хаотическое поведение социальных систем – все они подчиняются законам, открытым Ляпуновым.

Математика – это страсть. Гениальный француз Эварист Галуа за четыре года увлечения математикой опубликовал несколько статей, которые не были поняты тогдашними учёными. Эварист был убит на дуэли в двадцать лет, а в ночь перед дуэлью написал другу длинное письмо про свои результаты в математике. Когда его работы были поняты и развиты, они совершенно преобразили облик математики, где появились группы и поля Галуа.

Математика – это упорство. В 1637 году Пьер Ферма сформулировал в теории чисел Великую теорему Ферма. Например, известно, что квадрат целого числа 5 можно представить в виде суммы квадратов других целых чисел: $5 \times 5 = 4 \times 4 + 3 \times 3$, или $25 = 16 + 9$. Ферма сформулировал теорему, что для степени больше двойки такое разложение уже невозможно. Он записал это утверждение на полях «Арифметики» Диофанта: «Наоборот, невозможно разложить куб на два куба, биквадрат на два биквадрата и вообще никакую степень, большую квадрата, на две степени с тем же показателем. Я нашёл этому поистине чудесное доказательство, но поля книги слишком узки для него». Эту теорему Ферма более трёхсот лет не могли доказать величайшие математики мира. Лишь в 1994 году её доказал математик Эндрю Уайлс, уместив своё доказательство в сто двадцать девять печатных страниц.

Математики – особенные люди, глубоко погружённые в абстрактные пространства. Они, возвращаясь из своих математических миров, часто удивляют остальных землян непривычными взглядами и поступками. В 1982 году в Ленинградский университет поступил шестнадцатилетний подросток Гриша Перельман, который только что получил золотую медаль на Международной математической олимпиаде в Будапеште. Он заметно отличался от других студентов. Его научный руководитель Юрий Бураго рассказывал: «Существует масса одарённых студентов, которые говорят раньше, чем думают. Гриша был не таким. Он всегда очень тщательно и глубоко обдумывал то, что намеревался сказать. Он не был очень быстрым в своих решениях. Скорость решения не значит ничего, математика не построена на скорости. Математика зависит от глубины».

– Как же так, мама? – сказала Галатея, – Ведь всем известно, что тесты на интеллект предполагают скорость ответа. Чем медленнее отвечаешь, тем глупее ты будешь выглядеть среди других.

– Возможно, эти тесты на интеллект мало взаимосвязано с настоящими серьёзными достижениями, – пожалала плечами Дзинтара. – Григорий Перельман закончил университет и стал работать в Математическом институте имени Стеклова, где опубликовал ряд интересных работ по трёхмерным поверхностям в евклидовых пространствах. В 1992 году его пригласили поработать в Нью-Йоркский университет. Перельману понравилось в Америке, одном из мировых центров математической мысли. Каждую неделю он ездил на семинар в недалёкий Принстон, где однажды услышал лекцию выдающегося математика Ричарда Гамильтона. После

лекции Перельман подошёл к Гамильтону. Он вспоминал, что Гамильтон произвёл на него сильное впечатление: «Мне было очень важно расспросить его кое о чём. Он улыбался и был очень со мной терпелив. Он даже рассказал мне пару вещей, которые были им опубликованы только несколько лет спустя. Он не задумываясь делился со мной. Мне очень понравились его открытость и щедрость. Могу сказать, что в этом Гамильтон был не похож на большинство других математиков».

Григорий Перельман ходил по Нью-Йорку в одном и том же вельветовом пиджаке, питаясь хлебом, сыром и молоком. Он провел в США несколько лет и написал ряд талантливых работ. Ему стали предлагать работу в самых престижных университетах Америки. И тут Григорий столкнулся с тем, что ему не понравилось. При устройстве на работу в Гарвардский университет комитет по приёму потребовал от Перельмана биографию и рекомендательные письма от других ученых. Перельман удивился и вспылil: «Если они знают мои работы, то им не нужна моя биография. Если им нужна моя биография, то они не знают моих работ». Григорий осознал, что в существующем научном сообществе он, несмотря на свои выдающиеся работы, оказывается в зависимости от мнения и рекомендаций каких-то других людей. Перельман отказался от всех предложений о работе и вернулся летом 1995 года в Россию, где в спокойной обстановке продолжил работать над идеями, которые его интересовали и которые развивали труды Гамильтона. В 1996 году Перельману присудили премию Европейского математического общества для молодых математиков, но он, не любивший никакой шумихи, отказался её принимать.

Когда Григорий добился определённых успехов в своих исследованиях, то послал письмо Гамильтону, надеясь на совместную работу. Но Гамильтон не ответил, и Перельману пришлось в одиночку пробиваться через непролазные математические перевалы, спускаться в глубокие тёмные ущелья минимумов функционалов, балансировать на тонких мостах ажурных уравнений, под которыми текли потоки Риччи, и усилием мысли затягивать дыры и срезать шишки, которые некрасиво искажали изящные трёхмерные поверхности.

Математический институт Клэя в 2000 году опубликовал список из семи нерешённых классических задач математики, который стал известен как «список проблем тысячелетия». Институт пообещал заплатить премию в миллион долларов за решение любой проблемы из данного списка.

11 сентября 2002 года Григорий Перельман опубликовал статью на тридцати девяти страницах, но не в журнале, а на научном сайте в Интернете. В ней он подвёл итог своих многолетних усилий по доказательству гипотезы Пуанкаре – одной из семи «задач тысячелетия» из списка Института Клэя.

Американские математики, которые знали Григория лично, немедленно принялись обсуждать статью, где доказывалась знаменитая гипотеза Пуанкаре. Перельмана пригласили прочесть курс лекций по этой статье сразу в несколько университетов – и он приехал в апреле 2003 года в США дать несколько семинаров по гипотезе Пуанкаре, которую превратил в теорему. Математическое сообщество рассматривало этот апрельский курс лекций Перельмана как исключительно важное событие и предприняло значительные усилия по проверке предложенного им доказательства.

За доказательство гипотезы Пуанкаре Перельман не получал грантов, но ряд учёных получили гранты в общей сложности на миллион долларов для проверки работы Перельмана. Ведь вокруг гипотезы Пуанкаре и попыток её решения работало немало специалистов, чья деятельность оказывалась ненужной с момента доказательства гипотезы. Юрий Бураго отметил: «Доказательство закрывает целую отрасль математики. После него многим ученым придётся переключиться на исследования в других областях». Математическое сообщество несколько лет проверяло доказательство Перельмана и к 2006 году пришло к выводу, что оно правильное.

Математика всегда считалась наукой максимально строгой и точной, где нет места эмоциям и интригам. Но даже здесь есть борьба за приоритет. Вокруг доказательства российского математика закипели страсти. Двое молодых математиков, выходцев из Китая, изучив работу Перельмана, опубликовали гораздо более подробную – объёмом более трёхсот страниц – статью по доказательству гипотезы Пуанкаре. В ней они утверждали, что работа Перельмана содержит много пробелов, которые им удалось восполнить. Согласно правилам математического сообщества, в таком случае приоритет в доказательстве теоремы принадлежит тем исследователям, которые сумели предоставить полное доказательство. Эти претензии были

поддержаны видным американским математиком китайского происхождения, и тот, используя своё влияние, стал активно пропагандировать работу молодых китайских математиков, которые были его учениками. С точки зрения многих математиков, это было неэтично, потому что, по мнению специалистов, доказательство Перельмана было полным, хотя и кратко изложенным. Более подробные выкладки не вносили в доказательство Перельмана ничего нового.

Двое журналистов из журнала «Нью-Йоркер» опубликовали в августе 2006 года подробную статью об этой некрасивой истории, после чего двое китайских математиков отказались от своих претензий на авторство, а видный математик китайского происхождения (чьё имя не хочется называть) стал угрожать журналу судом.

Когда журналисты спросили Перельмана, что он думает о позиции видного математика, то Григорий ответил: «Я не могу сказать, что я возмущён, остальные поступают ещё хуже. Разумеется, существует масса более или менее честных математиков. Но практически все они – конформисты. Сами они честны, но они терпят тех, кто таковыми не являются». Григорий с горечью отметил: «Чужаками считаются не те, кто нарушает этические стандарты в науке. Люди, подобные мне, – вот кто оказывается в изоляции».

В конце концов к Григорию Перельману за его достижения пришла мировая слава: в 2006 году ему присудили высшую награду в области математики – Филдсовскую медаль. Но математик Перельман, ведущий очень уединённый и даже аскетический образ жизни, отказался её получать. Президент Международного математического союза прилетел в Петербург и десять часов уговаривал Перельмана принять заслуженную награду, вручение которой планировалось 22 августа 2006 года в Мадриде, на собрании из трёх тысяч математиков и испанского короля. Этот конгресс должен был стать историческим событием.

Григорий Перельман вежливо, но непреклонно сказал: «Я отказываюсь». Филдсовская медаль, по словам Григория, его совершенно не интересовала: «Это не имеет никакого значения. Всем понятно, что если доказательство верно, то никакого другого признания заслуг не требуется».

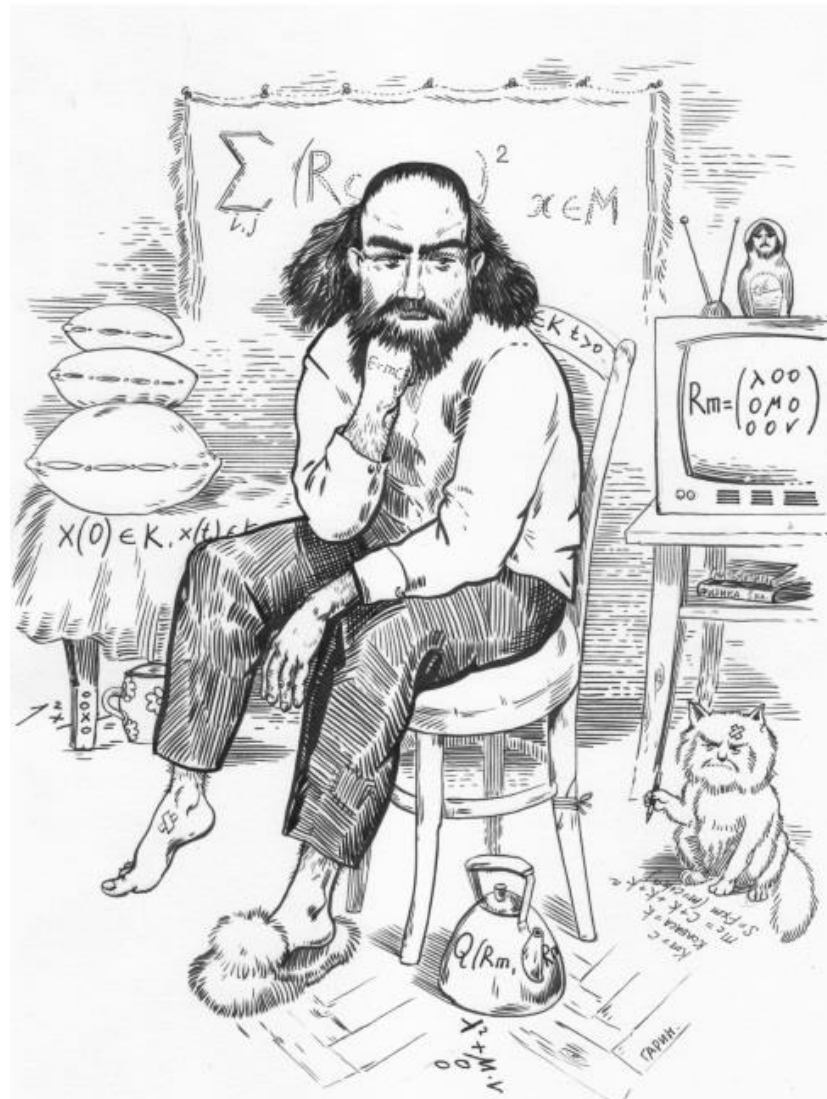
В 2010 году Институт Клэя присудил Перельману обещанную премию в миллион долларов, которая должна быть ему вручена на математической конференции в Париже. Перельман не приехал на парижскую конференцию и отказался от миллиона долларов.

– Почему? – поразила Галатея.

– Потому что, как объяснил Григорий, ему не нравится этическая атмосфера в математическом сообществе. Кроме того, вклад Ричарда Гамильтона он считает ничуть не меньшим.

– Значит, ему не понравилось, что заслуги другого математика были несправедливо проигнорированы! – сказал Андрей.

Математик Громов сказал, что понимает Перельмана: «Для великих дел необходим незамутнённый разум. Ты должен думать только о математике. Всё остальное – людская слабость. Принять награду означает проявить слабость».



Отказ от миллиона долларов сделал Григория Перельмана ещё более знаменитым. Очень многие просили Перельмана получить эту премию и отдать им, потому что ему деньги не нужны, а им требуются просто позарез. Но он не ответил этим людям, потому что был занят другими, более важными делами. Возможно решением интересных ему новых математических проблем. До сих пор доказательство Григорием Перельманом теоремы Пуанкаре остаётся единственным решением задачи из списка тысячелетия.

– То есть никто пока не решил остальные шесть задач из того списка?! – воскликнула Галатея. – Отлично! Мама, а какие ещё проблемы есть в этом списке тысячелетия?

– Я не уверена, что смогу квалифицированно ответить на этот вопрос, – покачала головой Дзинтара. – Но с одной из этих нерешённых проблем я знакома. Движение вязкой жидкости, даже турбулентное, описывается системой сложных дифференциальных уравнений Навье-Стокса. Сейчас известны аналитические решения этих уравнений только в простых случаях. Тот, кто докажет, что у этой системы уравнений всегда существуют гладкие аналитические решения, решит ещё одну задачу тысячелетия.

– И получит возможность отказаться от миллиона долларов! – сказал Андрей, – Если, конечно, захочет.

– Я хочу, – сказала Галатея, – В смысле, заняться этой задачей тысячелетия.

– Тогда тебе надо поторопиться, потому что ходят слухи, будто Григорий Перельман уже над ней работает. Что же, решив великую проблему, вряд ли стоит размениваться на более мелкие.

Решив задачу тысячелетия, Перельман стал математиком номер один в мире, хотя он и отказался от контактов с коллегами. Очевидно, что ему не нравилось отсутствие свободы в современном научном сообществе, где молодой учёный попадает в зависимость от пожилых авторитетов – от их рекомендаций, от их стремления пересматривать приоритет в научном открытии не в соответствии с научным вкладом тех, кто его совершил, а в зависимости от их влияния и авторитета. Отметим, что новые труды часто отменяют множество старых работ, что закономерно приводит к негативной реакции учёных старшего поколения на дерзкие результаты молодёжи. В девятнадцатом веке в Европе не было рабства, но служанки в богатых домах были крайне бесправны. Если они вызывали гнев хозяев, то лишались их рекомендации, без которой найти новую работу было практически невозможно. Современному учёному для устройства на работу требуется не одна, а как минимум три рекомендации, а иногда университеты требуют пять или даже семь рекомендательных писем. Поэтому молодые учёные быстро отучаются спорить и настаивать на своей точке зрения – иначе им не получить ни работы, ни грантов.

– Значит, современные учёные оказались бесправней гувернанток позапрошлого века? – удивилась Галатея. – Почему же они не соберутся и не придумают, как дать свободу молодым?

– Потому что в науке всё решают пожилые авторитеты. Дать свободу молодым означает для них потерю влияния в сообществе и сокращение финансирования собственных, нередко бесполезных исследований. Очень много выдающихся результатов в науке получено одиночками, которые не входили в структуру современной им науки. Таким был Эйнштейн, который, работая клерком в патентном бюро, создал теорию относительности, разработал теорию фотоэффекта и принцип работы лазеров. Таким стал Перельман, который пренебрёг правилами поведения в научном сообществе и достиг при этом максимальной эффективности своей работы, доказав гипотезу Пуанкаре.

Математику называют «царицей наук». Именно возможность математического подтверждения теории стала одним из важнейших критериев её научности. Конечно, математических моделей развито гораздо больше, чем открыто физических законов – и это создает значительную проблему: многие физики увлеклись созданием математических моделей, которые, как они считают, описывают реальные явления, хотя никаких экспериментальных подтверждений этого мнения не существует. Таким образом, многие нынешние физические фундаментальные теории всё ещё являются чистой математикой – красивой, но ничем не подтверждённой.

Математика постепенно проникает в самые разные области человеческого знания – даже в такие, как биология и психология. И вот однажды математика стала основой самой смелой и дерзкой попытки: заглянуть в будущее.

Тысячелетиями люди мечтали открыть способ заглянуть в грядущее, предсказать предстоящие события – и, конечно, подготовиться к ним.

На протяжении многих веков гадалки, жрецы-авгуры и астрологи пытались увидеть будущее, используя для этого картину звёздного неба, внутренности жертвенных животных, священные книги и всевозможные приметы.

– Но они же всё предсказывали неправильно, – сказала Галатея. – Почему люди верили им так долго?

– Иногда они попросту угадывали, что произойдёт. Но самое главное – получив поддержку предсказателя, люди чувствовали себя увереннее и легче достигали цели. Психологическое плацебо – лекарство, которое само по себе не действует, но помогает самовнушению.

Но можно ли заглянуть в будущее по-настоящему, с помощью научных и математических методов?

Однажды лошадь очень устала. Обычная пегая лошадь, тянувшая по рыхлому первому снегу тяжёлые сани с брёвнами. И вот сани подъехали к железнодорожному переезду. Хозяин лошади был не очень сообразительным человеком и не понимал, что по стальным рельсам полозья саней скользят плохо и сани могут остановиться на переезде. Так и оказалось: усталая лошадь вытащила сани на рельсы и, обессиленная, остановилась, не в силах двинуть застрявший воз. Это случилось как раз перед скорым поездом, в котором ехала императорская семья. Император был миролюбивым правителем, который прославился тем, что за время его правления страна не участвовала ни в одной войне. Натолкнувшись на сани с брёвнами, поезд сошёл с рельсов.

Спасая семью, император на своих плечах держал крышу разваливающегося вагона, надорвал здоровье и умер, не дожив до пятидесяти лет. Его наследник был слабовольным человеком, не способным эффективно управлять огромной империей. Он постоянно ввязывался в неудачные войны, а они заканчивались революциями. Доведя страну до кризиса, новый государь отрекся от престола, чем толкнул империю в гражданскую войну. История огромной страны изменилась, что повлекло за собой перемены во всем мире. А началось всё с усталой лошади и её придурковатого хозяина.

История не любит сослагательного наклонения, но что бы было, если император не попал бы в крушение поезда и правил ещё лет двадцать? История мира могла бы сложиться иначе.

В литературе возникло даже целое направление – альтернативная история. В его произведениях рассказывается о мирах, где не случилось того, что реально произошло в нашем мире. А в некоторых научно-фантастических книгах описывается наука, способная рассчитать альтернативные варианты будущего, которое ещё не осуществилось. Следовательно, им можно управлять, например, рассчитав желательный вариант будущего развития и предсказав условия, при которых оно может реализоваться. Конечно, ни одна из математических моделей не сможет учесть усталость лошадей или невнимательность машиниста поезда, поэтому все предсказания будут вероятностными. Но есть факторы (например, рост населения, скорость использования природных ресурсов и их количество), которые слабо зависят от воли отдельного человека и могут стать важными переменными в будущей модели развития человеческой цивилизации.

Учёный и писатель Айзек Азимов написал научно-фантастический роман «Основание» о возможности математического предсказания будущего. В одной из его глав описывается суд над учёным, который предсказал крушение галактической империи Трантор и одновременно нашёл способ, как изменить будущее к лучшему:

«– Я уже говорил и вновь готов повторить, что через пятьсот лет Трантор будет лежать в руинах.

– А вам не кажется, что подобное утверждение можно расценить как нелояльное?

– Нет, сэр. Научная истина не имеет отношения к лояльности или нелояльности.

– И вы уверены, что ваше утверждение – научная истина?

– Да.

– На каком основании?

– На основании математических расчетов, сделанных мною как психоисториком.

– ...Можно ли изменить будущее всего человечества?

– Да.

– С лёгкостью?

– Нет. С большим трудом... Психоистория может не только предсказать крах Империи, но и сделать соответствующие выводы относительно последующих тёмных веков. Империя, как здесь говорилось, просуществовала двенадцать тысячелетий. Грядущие тёмные века продлятся не двенадцать, а *тридцать* тысяч лет. За период, предшествующий возникновению второй Империи, сменится тысяча поколений страждущего человечества. Мы не должны этого допустить».

– Да я бы всё отдала за способ увидеть будущее! – сказала восторженно Галатея. – А то ведь даже о завтрашнем дне ничегошеньки не знаешь и вечно попадешь в неприятности.

– В научно-фантастическом романе «Теория катастрофы» (второй том трилогии «Астровитянка») колоритный профессор Ван-Теллер говорит своим ученикам: «Жестокая тайна нашего мира состоит в том, что земной цивилизацией никто не управляет. Политики тупы и не заглядывают дальше срока своих выборов. Паровоз человеческого общества летит вперёд на всех парах, но у него нет машиниста. Мы мчимся в будущее, закрыв глаза, не зная дороги вперёд ни на век, ни на десять лет. Ждёт ли нас за поворотом пропасть без моста? – никто и не пытается узнать. Ясно одно: от грядущих катастроф нас не спасут молитвы и волшебники... Отбросим политические иллюзии! Мировые правительства похожи на детей в песочнице – они сидят в мокрых штанах и лупят друг друга лопатками по голове».

В этом романе описывается общество, где технология предсказания будущего становится реальной силой, за овладение которой борются центры мировой власти. Лектор рассказывает школьникам об управлении будущим: «Повернуть историю просто: достаточно понять – какое изменение в *настоящем* мы должны осуществить, чтобы получить нужное

нам *будущее*... Главная трудность фьючермоделирования – проблема хаотичности, нестабильности социологических процессов. Аналогичная сложность существует в атмосферных течениях – их плохая предсказуемость хорошо известна метеорологам... Эта стохастичность выражается в неизбежном расщеплении пучка эволюционных траекторий, разбегание которых характеризуется показателем Ляпунова... Чем быстрее расходятся пути грядущего, тем короче срок возможных предсказаний. Но даже в турбулентной атмосфере есть свои инварианты и законы... Будущее – это и цель, и оружие. Знание вариантов грядущих событий может принести огромную пользу для игроков на мировой арене. Как практически управлять историей? Кто получит эту власть над будущим?.. Кто сможет целенаправленно воздействовать на будущее, тот будет править миром. История сменяет генетику на посту важнейшей из наук».

– Здорово! – сказал Андрей, – Управлять историей с помощью уравнений.

– Но не только фантасты обсуждают расчет будущего. Это становится респектабельной темой для математиков и социологов. Американский профессор Джей Форрестер опубликовал в 1971 году книгу «Мировая динамика», которая стала событием в науке. В этой книге обсуждалась «системная динамика», объектом моделирования для которой был весь мир в целом. В своей книге Форрестер удивляется, что из-за незнания социальных систем мы отказываемся математически моделировать развитие общества, но не боимся принимать новые законы и правительственные программы. Форрестер с сотрудниками построил компьютерную модель мировой цивилизации, для которой в качестве переменных выступали население мира, деньги, природные ресурсы, сельское хозяйство, уровень загрязнения. Модель Форрестера предсказывала на 2050–2060 годы мировой кризис с резким сокращением населения Земли и ростом экологического загрязнения.

– Это же совсем скоро! – ужаснулась Галатея.

– Автор отмечал: «Вполне возможно оказаться в такой ситуации, когда продолжение процесса индустриализации может привести к сокращению населения из-за загрязнения, в то время как прекращение индустриального процесса будет означать сокращение населения из-за недостаточной технической оснащённости общества».

Конечно, таким достаточно простым моделям доверять трудно, но впечатляет сам факт того, что математические уравнения в принципе могут предсказать будущее цивилизации на сотню лет вперед. Вероятно, область математического моделирования будущего отдельных стран и всей планеты в целом станет одной из самых актуальных тем для научных исследований в XXI веке. Форрестер писал о перспективах этой темы: «Я считаю, что за следующим горизонтом человечества лежит более глубокое понимание природы наших социальных систем».

В России эту тему активно развивал Сергей Петрович Капица, который в сотрудничестве с С. П. Курдюмовым и Г. Г. Малинецким опубликовал книгу «Синергетика и прогнозы будущего». В ней авторы обсуждают математическое моделирование истории и стратегическое планирование будущего человечества. Они предлагают создать новую науку: теоретическую историю, которая предсказывала бы развитие общества на 10—1000 лет вперед. Например, они рассматривают модели, которые делают сильный прогноз о стабилизации населения планеты на уровне 14 миллиардов.

– Что такое сильный прогноз? – спросил Андрей.

– Сильный прогноз говорит о том, что случится, а слабый прогноз – о том, чего наверняка не произойдёт в данной системе. Эту прогностическую науку другие специалисты называют «клиометрией»...

– Клио была музой истории! – не удержалась, чтобы не похвастаться своими знаниями античной мифологии, Галатея.

– ...или «количественной историей», или «исторической механикой». Она ставит перед собой задачу научного прогнозирования будущего. Авторы пишут: «Чтобы описывать развитие огромной страны с помощью 4–5 переменных (или даже 100), нужна большая интеллектуальная смелость и глубокое понимание существа дела». Трудностей в новой науке не счесть. Например, авторы отмечают «парадокс планировщика»: «То, что прекрасно на временах 5–7 лет, может оказаться далеко не лучшим решением на временах порядка 10–20 лет и гибельным на временах 40–60 лет». Ещё одной проблемой моделирования человеческого общества является «эффект джокера» – появление в системе случайного или непредсказуемого фактора, который скачком меняет развитие системы.

– Как сани на рельсах! – мрачно сказал Андрей.

– Верно. Система такой сложности, как общество, будет хаотична и нестабильна по очень многим параметрам. Поэтому авторы обсуждают проблему «управления хаосом», а также затрагивают книгу «Философия нестабильности», которую написал Илья Пригожин, один из создателей современной теории самоорганизации различных систем. Критическими моментами в развитии любой системы являются точки, в которых эволюционные пути расходятся. Все знают бесчисленные истории о том, как сказочный герой стоит в раздумье на перекрёстке трёх дорог и раздумывает, какую из них выбрать и стоит ли пугаться написанным на камне предостережениям. Страны и мир тоже бывают на перепутье. Авторы книги «Синергетика и прогнозы будущего» отмечают роль личности в критических точках: «Именно в точке бифуркации есть место для великих. Для тех, кто начинает, закладывает основы, выбирает новые пути, а не для тех, кто развивает, совершенствует, продолжает».

– Что такое бифуркации? – спросила Галатея.

– Это когда путь эволюции системы раздваивается. Так рыцарь, колеблясь, стоит на развилке дороги. Куда он повернёт – налево или направо? Выбор пути – это выбор судьбы. И когда судьба в нерешительности останавливается перед точкой бифуркации, на выбор пути может повлиять любая мелочь. В точках бифуркации система становится очень чувствительной к внешнему воздействию.

Математической основой для попыток предсказания будущего является теория катастроф, которая изучает поведение системы в точках бифуркаций. Термин «теория катастрофы» ввели математики Рене Том и Кристофер Зиман. Он означает резкую перестройку системы при изменении какого-то параметра. В развитие теории катастроф внесли свой вклад многие выдающиеся математики, включая Владимира Арнольда. Чтобы проиллюстрировать поведение системы при таких перестройках, Зиман изобрел «машину катастроф Зимана» из кружочка на оси и пары карандашей с резиновыми нитями.

– Хочу такую машину! – заявила Галатея.

– Сделаем, – успокоил её брат, указывая пальцем на картинку, где была изображена простая конструкция, генерирующая катастрофы.

– Математики выделили семь основных катастроф, которые они называли: катастрофы складки и сборки; катастрофы ласточкиного хвоста и бабочки; эллиптическая, гиперболическая и параболическая омбилики.

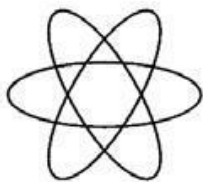
– Назову-ка я своего котенка Омбиликой, – решила Галатея. – Все соседские кошки умрут от зависти.

– Теория катастроф нашла многочисленные применения в различных областях прикладной математики, физики, а также в экономике. С её помощью исследуют устойчивость судов и упругость конструкций, фазовые переходы и закипание перегретой жидкости, эмбриологию и дифференцировку клеток, а также бистабильность восприятия, когда один и тот же рисунок может восприниматься по-разному.

– Я знаю такие рисунки, – сказала Галатея, – Там непонятно – нарисована ваза или два профиля носами друг к другу?

– Впадение системы в хаос описывают как последовательность многочисленных бифуркаций, которые делают поведение системы практически непредсказуемым. Оптика, например рассеяние света в горлышке бутылки или в бокале, дает массу иллюстративного материала к теории катастроф. Эта теория даже попробовала описать тюремные бунты – на примере беспорядков в тюрьме Гартри в 1972 году. Учёные описали волнения заключённых как функцию двух переменных: напряжённости и разобщённости. После первых бунтов учёные стали замерять эти параметры и сверять с теорией. Теория предсказала линию, пересечение которой грозит беспорядками, – и действительно, при таком пересечении в тюрьме реально произошёл новый бунт.

Математика быстро прорастает в различные области химии и биологии, экономики и психологии, социологии и истории. Безусловно, нас ждёт расцвет математических моделей, компьютерных прогнозов и теоретической истории. Потому что тот, кто сможет рассчитывать будущее, будет править миром.



Александр Михайлович Ляпунов (1857–1918) – российский математик и механик, создавший теорию устойчивости решений дифференциальных уравнений. Академик Петербургской академии наук. В честь математика был назван астероид 5324, открытый крымским астрономом Людмилой Карачкиной.

Эварист Галуа (1811–1832) – французский математик, основатель современной высшей алгебры. В его честь назван кратер на обратной стороне Луны.

Пьер Ферма (1601–1665) – французский математик-самоучка, один из создателей аналитической геометрии и теории чисел. В 1637 году сформулировал Великую теорему Ферма – самую знаменитую математическую загадку всех времён. В его честь назван кратер на видимой стороне Луны.

Эндрю Уайлс (р. 1953) – английский и американский математик, доказавший Великую теорему Ферма в 1994 году. Рыцарь-командор Ордена Британской империи (2000). Награждён премией Вольфа (1996), премией Шао (2010) и премией Абеля (2016).

Григорий Яковлевич Перельман (р. 1966) – знаменитый математик, доказавший гипотезу Пуанкаре – одну из семи «проблем тысячелетия». Отказался от Филдсовской премии, членства в Академии наук России и других наград. В честь него назван астероид (50033) Перельман.

Ричард Гамильтон (р. 1943) – американский математик, профессор Колумбийского университета. Впервые ввел в рассмотрение «поток Риччи», которые стали основой для доказательства гипотезы Пуанкаре. Лауреат премии Шао (2011).

Джей Форрестер (1799–1847) – американский профессор, создатель первой математической модели земной цивилизации, которая предсказала глобальный кризис в середине XXI века.

Рене Том (1923–2002) – французский математик, создатель теории катастроф. Лауреат Филдсовской премии, высшей награды математиков.

Кристофер Зиман (1925–2016) – британский математик, известный работами в области топологии и теории катастроф. Лауреат медали Фарадея.

Владимир Игоревич Арнольд (1937–2010) – один из крупнейших математиков XX века, внёсший огромный вклад в целый ряд областей математики и механики. Академик РАН.

Сергей Петрович Капица (1928–2012) – советский и российский физик, сын выдающегося советского учёного Петра Капицы. Видный популяризатор науки. В его честь назван астероид (5094) Серёжа, открытый астрономом Людмилой Карачкиной.

Сергей Павлович Курдюмов (1928–2004) – советский и российский физик, член-корреспондент РАН. Специалист в области математической физики и синергетики.

Георгий Геннадьевич Малинецкий (р. 1956) – советский и российский математик. Активно развивает математическое моделирование истории.

Сказка о ноосфере и искусственном человеке

Земля, согласно учебникам географии, состоит из центрального ядра и окружающих его оболочек, как луковица. Ядро окружено толстой оболочкой из жидкой мантии, то есть расплавленного камня. Поверх жидких слоёв плавает твёрдая оболочка – литосфера. С ней каждый землянин хорошо знаком – он ходит по литосфере, хотя не всегда знает об этом. Жидкая вода не покрывает Землю полностью, но она выделена в отдельную оболочку – гидросферу. Самая наружная оболочка Земли – это многослойная газовая шуба, которую учёные называют атмосферой, а остальные земляне зовут просто воздухом и с удовольствием дышат им. Такой набор оболочек или сфер появился у Земли в первый миллиард лет её жизни. Позже на Земле

возникли и размножились живые организмы, образовав слой, насыщенный жизнью, – биосферу. Сравнительно недавно на Земле появился *Homo sapiens* – человек разумный. Он активно стал обустраивать планету, распаивать поля, строить города и дороги, копать каналы и охватывать Землю телефонными и радиосетями.

Выдающийся учёный Владимир Вернадский рассматривал Землю как необратимо эволюционирующую систему. Он полагал, что такие геосферы, как литосфера и гидросфера, были первым этапом развития планеты, на второй стадии возникла биосфера, а на третьем этапе – ноосфера, «сфера знания».

– Почему Вернадский выделил ноосферу как отдельную оболочку планеты? – спросил Андрей.

– Потому что человек расселился по всей планете и победил в соревновании с другими видами, а также открыл новые источники энергии, например атомные, которые делают человека геологической силой. Но самое главное – человек создал единую информационную систему, состоящую из многочисленных хранилищ информации и многообразных средств связи между ними. Большинство современных жителей Земли имеет доступ к информационным хранилищам и потокам. Безусловно, остаётся вопрос: как их достойно использовать, но фактом является то, что сейчас человеку предоставлены практически неограниченные возможности по получению информации. Далеко не у всех землян есть избыток денег, но большинство жителей Земли имеют доступ к колоссальному информационному изобилию, беспрецедентному в истории.

– А есть возможность превратить информационное богатство в реальное? – спросила Галатея.

– Конечно, интеллектуальный уровень людей во всём мире постоянно повышается – и это дает толчок прогрессу во всех областях. Всё больше людей вовлечены в образование, науку или технику. В последовательном развитии и накоплении научного знания Вернадский видел главное доказательство прогресса человечества. Он не был одинок в своих взглядах.

Первыми понятие «ноосфера» ввели и стали обсуждать двое французов-философов: Эдуард Леруа и Тейяр де Шарден. Эти мыслители осознали, как стремительно развивается человечество – это сообщество разумных приматов, родственников шимпанзе и горилл. Естественно, возникает вопрос: что будет с человечеством дальше? Может ли этот вал разумной жизни разбиться о какие-то пределы?

Интересно, что эти философы, заглядывая усилием мысли в будущее, концентрировались на проблеме человека, которая, как они полагали, является ключевой для всей эволюции нашей цивилизации.

Итальянец Аурелио Печчеи, основатель легендарного «Римского клуба», для которого профессор Форрестер создавал свои модели и прогнозы, указывал в своей знаменитой книге «Человеческие качества» на основной источник кризиса современной цивилизации: «С какой бы точки зрения мы ни изучали нынешнее положение человечества, проблематику или перспективы его дальнейшего развития, мы неизбежно приходим к тому, что именно сам человек – со всеми его недостатками, качествами и даже с неиспользованными и неизведанными возможностями – оказывается центром всех проблем и событий». Печчеи призвал к «человеческой революции» и сформулировал шесть целей для человечества, достижение которых сделает мир счастливой, а самого человека – лучше.

Первая цель – осознание внешних пределов возможностей человеческой цивилизации, а именно – до каких пределов эта цивилизация может развиваться, не разрушая собственную планету.

Вторая цель – осознание внутренних пределов возможностей самого человека. Быстрый прогресс подвергает организм человека и его психику жёстким испытаниям. Где предел человеческой способности адаптироваться под стремительно меняющуюся среду?

Третья цель – сохранение культурного наследия, накопленного человечеством за тысячелетия развития.

Четвёртая цель – создание эффективного мирового сообщества, которое заменило бы, по выражению Печчеи, «нынешнюю систему эгоцентрических государств».

Пятой целью Печчеи указал на среду обитания, на проблему размещения на планете нескольких миллиардов будущих жителей.

Шестой целью Аурелио Печчеи полагал оптимизацию производственной мировой системы, улучшение экономики и её взаимосвязи с обществом.

Тейяр де Шарден попытался заглянуть в будущее гораздо дальше. Он написал знаменитую книгу «Феномен человека», в которой обсуждает отдалённое развитие ноосферы и человеческой цивилизации. Он полагал, что человечество долго делилось на разные племена и страны, ссорилось и воевало, но настанет время, когда все различия будут преодолены и связи между людьми вырастут настолько, что ноосфера практически превратится в одну сверхличность. Шарден писал: «Все наши трудности и взаимные отталкивания, связанные с противопоставлениями личности и целого, исчезли бы, если бы мы только поняли, что по структуре ноосфера и вообще мир представляют собой совокупность, не только замкнутую, но и *имеющую центр*. Пространство-время *конвергентно по своей природе*, поскольку оно содержит в себе и порождает сознание. Следовательно, его безмерные поверхности, двигаясь в соответствующем направлении, должны снова сомкнуться где-то впереди в одном пункте, назовем его *омегой*, который и сольёт, и полностью поглотит их в себе».

Шарден не полагал, что личности исчезнут в этой точке омега: «Неверно искать продолжение нашего бытия и ноосферы в безличном. Универсум – будущее – может быть лишь сверхличностью в пункте омега».

Современные учёные и философы стали говорить о Сингулярности – точке, в которой технологический прогресс приобретёт взрывообразный характер, станет стремительным и труднопредсказуемым. Это понятие перекликается с «омегой» Шардена.

Признанными экспертами в области будущего являются писатели-фантасты. Они часто не только предугадывают будущее, но и формируют его своими предсказаниями, которые их читатели осознанно или неосознанно пытаются претворить в реальность. Многие фантасты описывают будущее, в котором, кроме биологических мыслящих организмов вроде людей, существуют интеллектуальные киберы и виртуальные разумы. Причём все эти индивидуумы могут существовать как отдельно, так и сливаясь разными способами и с разной степенью взаимосвязи в единый информационный организм, вплоть до мирового.

С одной стороны, в этих предсказаниях нет ничего нереального. Мы уже стоим на пороге появления роботов, обладающих искусственным интеллектом, сопоставимым с нашим интеллектом, а в перспективе – и заметно превосходящим его. Многие люди считают, что роботы не могут по-настоящему мыслить, но они уже обыгрывают нас в шахматы. Количество информации, которое они могут хранить в своём мозгу, превзошло количество информации, хранящейся в книгах огромной библиотеки. Английский учёный Алан Тьюринг ввёл простой и практичный критерий, который позволяет определить – достигла ли машина уровня человеческого мышления.

Критерий Тьюринга моделирует простую ситуацию: «Человек взаимодействует с одним компьютером и одним человеком. На основании ответов на вопросы он должен определить, с кем он разговаривает: с человеком или компьютерной программой. Задача компьютерной программы – ввести человека в заблуждение, заставив сделать неверный выбор». Уже проводятся мировые соревнования, в которых компьютер пытается обмануть собеседника, выдав себя за живого человека. И нельзя сказать, что это ему плохо удаётся!

– Ха, – сказала Галатея, – в жизни не поверю, что какая-то машина сможет меня обмануть. Я её вычислю за пять минут!

– Тем не менее мало кто сомневается, что через несколько десятков лет возникнет робот, который будет прекрасно играть роль образованного собеседника: умного и с чувством юмора. Для человека, который станет увлечённо разговаривать с таким роботом, будет безразлично, как формируется ответ в голове этого робота – в процессе мышления или просто выборкой из огромного количества готовых ответов.



Понятно, что киберорганизм, чей интеллект представляет собой циркуляцию электрических токов в контурах, может с одинаковым успехом существовать как в теле автономного робота, так и в компьютере в виде программы или виртуального разума.

Вполне реалистичным представляется и создание искусственных биологических существ, обладающих разумом, но лучше, чем люди, приспособленных к различным условиям обитания — таким как космос или подводный мир. Через несколько веков развития генетики и медицины мы получим не только практически бессмертных людей, но и целый спектр модификаций человека и даже разумных животных — вернее, мыслящих существ, чьи предки в настоящее время являются животными.

Уровень взаимодействия разумных существ тоже может быть очень variabelен, особенно в случае виртуальных разумов и киберов.

Но остаётся открытым труднейший вопрос: как уживутся на одной планете или в одном обитаемом пространстве эти столь различные расы разумных существ? Любовь и страх, удовольствие и гнев, дружба и ненависть — мы можем испытывать всё это только благодаря тому, что являемся людьми — достаточно сложными, но конечными биологическими организмами, охваченными петлями гормональных взаимозависимостей. Наши слабости — это наша сила, потому что это то, что делает нас людьми. На них построена вся наша человеческая

цивилизация. Уберите их – и вы получите уже не человеческое сообщество. По каким законам любви и ненависти будет оно жить – нам неизвестно.

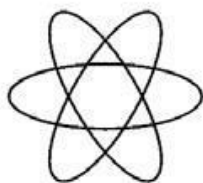
Какова будет психология искусственного интеллекта? Психология человека базируется на его биологических реакциях. Гнев, страх, любовь – это то, что делает человека человеком, что управляет его жизнью и смертью. Но что будет управлять кибернетическим – и более того, – виртуальным, разумом? Человек не может выбраться за пределы своего тела, не может преодолеть ограничений, которые присущи биологическому организму, а у кибернетических и виртуальных разумов ограничений будет гораздо меньше. Но не сделает ли это их опасными для человека, который стал прародителем этих новых разумов? Не захочет ли раса искусственных разумных существ уничтожить расу людей, родственников обезьян? Многие мыслители и общественные деятели уже высказывают такие опасения. Пусть расы будут существовать мирно, но понятно, что не будет равноправия между могучим искусственным разумом и разумом организма, ограниченного своими биологическими возможностями. Будет ли перспектива в таком неравноправном союзе?

– Конечно, – сказала Галатея, – если кто-нибудь сильно умничает, это очень раздражает.

– Чем будут заняты будущие разумные существа, если к тому времени основные научные проблемы окажутся решены? Не погрязнут ли они в скуке и примитивных удовольствиях, скатившись вниз по эволюционной лестнице? Или уступив эволюционную лестницу другим, более быстро развивающимся или более стабильным психологически существам?

Здесь столько вопросов, на которые ещё нет ответов, и которые ждут своих исследователей и пророков...

Примечания для любопытных



Тейяр де Шарден (1881–1955) – французский философ и антрополог, развивавший учение о ноосфере. Автор знаменитой книги «Феномен человека» (1948).

Эдуард Леруа (1870–1954) – французский философ и математик, друг Тейяра де Шардена. Предложил понятие «ноосфера».

Владимир Иванович Вернадский (1863–1945) – российский и советский учёный и общественный деятель. Академик. Создатель науки биогеохимии. Развил учение о ноосфере – планетарной сфере разума.

Аурелио Печчеи (1908–1984) – итальянский учёный и общественный деятель. Основатель «Римского клуба» – Международной общественной организации, исследующей глобальные модели развития человечества.

Сказка о космических истребителях и звездолётах

– Аурелио Печчеи говорил о внешних пределах развития человечества, имея в виду Землю, – сказал Андрей. – Но если человечество выйдет в космос, то его внешние пределы ничем не будут ограничены.

– Верно, – сказала Никки, которая гостила у принцессы Дзинтарыи, по традиции, принимала участие в рассказе вечерних историй, – Всё упирается в космический транспорт, – или, попросту, в ракеты. Тысячелетиями человек мечтал летать как птица, но как только он научился летать, то сразу захотел летать быстрее птиц. Ведь кто быстро летает, тот побеждает в воздушных боях, а

также быстрее перевозит пассажиров и важные грузы. Да и вообще – какой землянин не любит быстрой езды? Поэтому, как только братья Райт взлетели на своём самолёте-этакерке, сразу началось соревнование за скорость воздушного судна. Выяснилось, что винтовые самолёты не способны лететь быстрее скорости звука, которая стала пределом для тихоходных самолётов. Человечеству потребовалось полвека, чтобы преодолеть этот барьер и пройти от ажурного самолёта братьев Райт до обтекаемого сверхзвукового реактивного самолёта.

Первые серийные сверхзвуковые истребители взлетели в 1952–1953 годах. В США это был F-100 «Супер Сейбр», который был построен в количестве более двух тысяч; в СССР – «МиГ-19» – таких самолётов было выпущено шесть с половиной тысяч. Конструкторское бюро Микояна и Гуревича разработало немало отличных самолётов, на которых было установлено пятьдесят пять мировых рекордов. В бюро работало много талантливых авиаконструкторов, одним из которых был Анатолий Брунов. Именно он разработал дозвуковой «МиГ-15», который был выпущен в количестве более пятнадцати тысяч штук и стал самым массовым реактивным боевым самолётом в истории авиации. Именно Брунову было поручено разработать сверхзвуковой самолёт нового поколения, и он вместе с другими инженерами создал сверхзвуковой «МиГ-21», который был выпущен в количестве свыше десяти тысяч экземпляров и стал самым распространённым сверхзвуковым самолётом в истории. Этот самолёт с характерным треугольным крылом стоял на вооружении в шестидесяти пяти странах.

Но сверхзвуковые истребители при попытке увеличения скорости столкнулись с очередными препятствиями. Это хорошо видно на примере создания сверхзвукового американского самолёта SR-71 «Чёрный дрозд», который был разработан в 60-е годы XX века. Он предназначался для полётов со скоростью выше 3 Махов, то есть трёх скоростей звука. Как быстро выяснилось, на скорости более 3300 км/час передние кромки крыльев самолёта моментально разогревались до 400 градусов, а средняя температура обшивки составляла около 260 градусов.

– То есть на крыло можно было поставить и быстро закипятить чайник! – сказала Галатея.

– Да, поэтому, чтобы пилоты могли выжить в такой духовке, им пришлось надевать скафандры, похожие на космические, а также охлаждать свою кабину с помощью специальных систем кондиционирования. Для таких скоростных самолётов пришлось разрабатывать системы управления и навигации, а ещё – специальное вязкое топливо, которое нужно было разогревать перед заправкой и использованием. Топлива этот самолёт пожирал огромное количество. Масса полностью заправленного самолёта составляла 77 тонн, из которых почти две трети – 46 тонн – приходилось на топливо. Самолёт не мог взлететь с такой нагрузкой, поэтому он поднимался с аэродрома с небольшим запасом топлива, разгонялся до сверхзвуковой скорости, чтобы прогреть обшивку перед заправкой, потом тормозился, заправлялся в воздухе от специального самолёта-заправщика и только потом мог отправляться в полёт. Топлива хватало максимум на полтора часа, после чего «Чёрный дрозд» должен был снова заправляться в воздухе.

– Вряд ли этот самолёт был массовым, – отметил Андрей.

– Верно. «Чёрных дроздов» было построено всего тридцать две штуки, и стоил каждый самолёт тридцать четыре миллиона долларов. В это время у сверхзвуковых истребителей появились конкуренты – ракеты, которые стремительно пробивали атмосферу, где летали самолёты, и уходили в космические дали. Ракеты стартовали вертикально и были одноразовыми, как снаряд. Появилась мечта – создать такой истребитель, который бы мог взлетать с аэродрома, подниматься к краю атмосферы и выходить в космос. Выполнив задачу, например починив неисправный спутник, такой космический самолёт снова бы возвращался в атмосферу и садился на аэродром как обычный авиалайнер. Над созданием такого космического истребителя бьются конструкторы и инженеры – и проблем там множество, включая перегрев и огромную потребность в топливе. Ведь такой космический истребитель должен летать в десять раз быстрее, чем «Чёрный дрозд»!

– А в фантастике такие истребители уже всю бороздят просторы Вселенной. Например, Люк Скайуокер из «Звёздных войн» полетел на таком космическом истребителе к джедаю Йоде и приземлился в джунглях! – оживлённо напомнил Андрей.

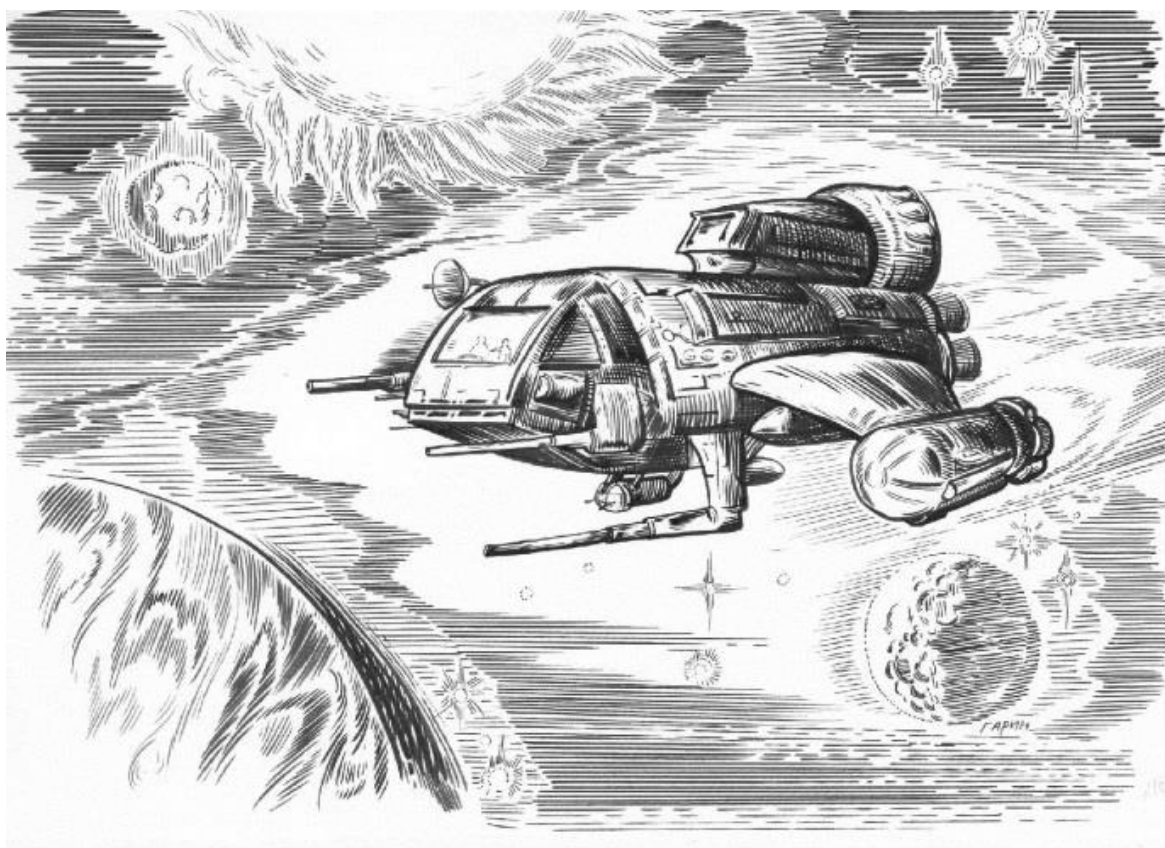
– Да, без подобных машин фантастика выжила бы с трудом. Однако если посмотреть без фантастического энтузиазма, то такие истребители – вещь полезная, но в реальности они вряд ли смогут долететь даже до другой планеты, не говоря уж о других звёздах. Для того чтобы стать по-настоящему неограниченным в среде своего обитания, человечеству надо решить проблему

космического транспорта. Без межпланетных кораблей мы не сможем расселиться по Солнечной системе, а без межзвёздных кораблей невозможно начать наступление на Галактику.

Никки усмехнулась:

– Редкая фантастическая книга обходится без космических лайнеров, которые движутся между звёзд мгновенно или со скоростью гораздо больше скорости света. Обычно принцип перемещения таких кораблей книжные герои объясняют друг другу с помощью сложенной вдвое косынки или листа бумаги, который протыкается насквозь. Хотя физика каждого последующего столетия часто отменяет запреты физики предыдущих веков, я сильно сомневаюсь, что такие корабли вообще возможны. Но даже создание обычного досветового межзвёздного корабля, вполне разрешённого специальной теорией относительности, наталкивается на колоссальные трудности. Главная проблема – в источнике энергии для движения. Нынешние химические ракеты похожи на огромные бочки с горючим, к которым приделаны двигатели-горелки и крохотная кабина с космонавтами. Мы только мечтаем о кораблях на атомной или термоядерной энергии. Создание таких кораблей – задача, которая будет стоять перед учёными и инженерами в ближайшие десятки лет.

Более того, для освоения Солнечной системы нам не нужны очень быстрые корабли, нам нужны космические транспорты, которые двигались бы с ускорением, сопоставимым с ускорением земного притяжения – в одно g («Же»). Стандартное значение «Же» приблизительно равно десяти метрам в секунду в квадрате. Это позволит сократить время путешествий по Солнечной системе с многих месяцев и даже лет до нескольких недель, что не только удобно, но и безопасно, потому что длительное пребывание человека в космическом пространстве угрожает его здоровью из-за радиации, которая резко усиливается при солнечных вспышках.



– А мы почему не боимся этой радиации? – спросила Галатея.

– Нас защищает магнитное поле Земли и земная атмосфера. Поселения людей на Луне или Марсе тоже можно сделать хорошо защищёнными, например с помощью толстого слоя лунного песка или марсианского грунта, но в межпланетном пространстве в небольшом корабле такого уровня защиты достичь трудно.

– Можно ли создать корабли, которые не таскают с собой топливо, а как-то добывают или получают его во время полёта? – заинтересовался Андрей.

– Американский физик Роберт Баззард предложил проект космического корабля на термоядерной тяге, собирающего по пути необходимое топливо из межзвёздного водорода с помощью магнитной ловушки. Другие проекты рассматривают ускорение космических кораблей с помощью мощных лазеров, установленных на Земле или Луне, которые давлением светового луча гонят очень лёгкие корабли в космическую даль.

– Очень лёгкие? – переспросила Галатея.

– Да, похожие на лист бумаги. Космонавта в такой конверт не засунешь, подобная технология применима разве что для межзвёздных автоматических зондов.

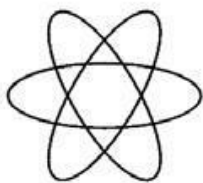
– А есть ли какие-то другие физические принципы для передвижения между звёздами? Пространственно-временные червоточины или какие-нибудь фантастические корабли, которые летят, цепляясь за вакуум? – настаивал Андрей.

– Я не знаю, – вздохнула Никки. – Но надеюсь, что вы, повзрослев, решите эту сверхсложную проблему. Ею уже всерьёз занимаются государственные организации и частные фонды. НАСА выделило Фонду Тау Зиро полмиллиона долларов на анализ возможности межзвёздных путешествий.

– Предположим, что мы научимся... – тут Галатея многозначительно посмотрела на брата, – ...строить межзвёздные корабли. А куда нам на них отправиться в первую очередь?

– Тут выбор очень велик, – сказала Никки. – Но уже поздно, давайте обсудим наши космические планы завтра.

Примечания для любопытных



Артём Иванович Микоян (1905–1970) – советский авиаконструктор, соруководитель конструкторского бюро «Микоян и Гуревич». Самолёты «МиГ-1» и «МиГ-3» участвовали во Второй мировой войне. После войны в КБ было создано более десяти удачных типов боевых самолётов, включая первый сверхзвуковой советский самолёт «МиГ-19» (1952–1960, выпущен в количестве 6,5 тысяч экземпляров).

Михаил Иосифович Гуревич (1892/1893–1976) – советский авиаконструктор, соруководитель конструкторского бюро «Микоян и Гуревич».

Анатолий Григорьевич Брунов (1905–1972) – советский авиаконструктор, создатель двух выдающихся самолётов: реактивного «МиГ-15», который был выпущен в количестве 15 560 штук с 1947 по 1959 год (без учёта выпуска китайских вариантов самолёта) и стал самым массовым реактивным боевым самолётом в истории авиации, а также сверхзвукового «МиГ-21», который был выпущен в количестве 11 496 штук (без учёта китайского производства) и стал самым распространённым сверхзвуковым самолётом в истории.

Роберт Баззард (1928–2007) – американский физик, предложивший проект межзвёздного корабля, собирающего в качестве топлива водород, рассеянный в космическом пространстве между звёздами.

Сказка о миллиарде неоткрытых миров

На следующий вечер разговор вернулся в космические дали. Никки сказала:

– Куда лететь космическим путешественникам? Есть ли у далёких звёзд планеты, аналогичные Земле или даже более комфортабельные и плодородные? Живут ли там

инопланетяне, которые в чём-то похожи на нас? Эти вопросы будоражили лучшие умы человечества многие тысячелетия.

– Совершенно верно! Мой ум эти вопросы тоже будоражат! – заявила Галатея.

– Варианты ответов были предельно различны: одни полагали, что во Вселенной существует только одна планета, населённая разумными существами, – Земля; другие мыслители провозглашали бесчисленное множество обитаемых миров. Астрономы строили научные модели образования других солнечных систем, но они тоже давали очень разные ответы на вопрос о численности планет в космосе. Например, модель Канта предполагала, что многие звёзды окружены вращающейся газо-пылевой туманностью, из которой, как правило, вырастает семейство планет, расположенных вокруг звезды на определенном расстоянии, что позволяет поддерживать на них более-менее постоянные температурные условия. Так как планеты удалены от своего светила на разные дистанции, то среди них непременно найдутся благоприятные для жизни планеты, температура на которых позволяет существовать жидкой воде, то есть находится в узком интервале от 0 до 100 градусов Цельсия. Модель астронома Джинса, напротив, полагала существование протопланетного диска вокруг звёзд результатом редчайшего сближения двух светил, в результате которого гравитация одной звезды выдирает из другой клочок материи, впоследствии превращающийся в газопылевой диск, рождавший планеты.

Такие противоречивые теории строились на протяжении многих столетий. Только в конце XX века наука о планетах вокруг других звёзд перешла на новый уровень достоверности. В начале 1990-х годов двое астрономов – поляк Александр Вольщан и канадец Дейл Фрейл – на основании данных американского радиотелескопа Аресибо, находящегося на карибском острове Пуэрто-Рико, открыли, что пульсар, расположенный на расстоянии 2300 световых лет в созвездии Весы – его открыл сам Вольщан, – ведёт себя необычно: его частота, которая должна была быть постоянной, слегка меняется, словно вокруг пульсара движутся две или даже три планеты. Статью об этом открытии опубликовал самый престижный журнал, но она была встречена с большим скепсисом. Пульсар – это быстро вращающаяся нейтронная звезда, оставшаяся после взрыва сверхновой. Неужели после такого мощного взрыва возле звезды могли уцелеть какие-то планетные тела? Постепенно сомнения рассеялись, и к астрономам, обнаружившим планеты возле пульсара, пришла слава. Известный польский астроном Богдан Пачинский назвал это «величайшим открытием, сделанным польским астрономом после Коперника». Журнал «Астрономия» в 1998 году включил открытие первых планет возле другой звезды в список из двадцати пяти великих астрономических открытий.

Историю открытия далёких планет сейчас отсчитывают с 1988 года, когда группа канадских астрономов обнаружила признаки планеты возле звезды Гамма Цефея, но неточность методов не позволила утверждать это с уверенностью. Этот результат был подтверждён лишь в 2002 году. Безусловно, открытие Вольщана – Фрейла стало переломным пунктом в истории поиска планет возле других светил. Оно вызвало такой интерес и активность среди наблюдателей, что в последующие годы было открыто ещё несколько планет – уже возле обычных звёзд. Для поиска экзопланет, как стали называть планеты возле других звёзд, были разработаны специальные методы, например, их ищут по изменению спектра звезды из-за воздействия на неё планеты...

– Как крохотная планета может повлиять на спектр огромной звезды? – удивилась Галатея.

– Даже небольшая планета заставляет звезду колебаться возле общего центра тяжести звёзднопланетной системы. Эти небольшие покачивания вызывают доплеровские смещения спектра звезды, которые вызваны изменением скорости далекого светила относительно земного наблюдателя.

Например, красная линия водорода, из-за которой хромосфера нашего светила светит красным светом, хорошо заметным при солнечных затмениях, при круговом движении далёкой звезды смещается то в область более длинных волн, то в область более коротких. И эти изменения можно зарегистрировать точной аппаратурой. Ещё одним способом является наблюдение затмения звезды планетой...

– Ой, я снова не понимаю! – воскликнула Галатея, – Как крошечная планета может загородить огромную звезду?

– Конечно, планета не сможет заслонить собой гигантское светило. Но даже небольшая часть излучения, которое перехватывает планета, находясь между земным астрономом и диском звезды, даст важную информацию, которую можно расшифровать. Ничтожные доли процента

изменения светимости звезды, если они повторяются с периодичностью орбитального движения, надёжно указывают на то, что у звезды есть планета. Астрономы ищут планеты и по воздействию их на окружающий диск, в котором они прорезают щели, образуют волны и резонансные сгустки. Планеты могут также менять наклон диска или вызывать в нём изгиб. Планеты возле Бета Пикторис сбрасывают кометные ливни на звезду, выдавая этим своё невидимое присутствие. По мере развития астрономической техники учёные научились получать и прямые фотографии планет и даже регистрировать спектры их атмосфер.

– А скоро учёные смогут получать фотографии поверхностей планет? Хотя бы очертания материков и океанов? Или, может быть, светящихся инопланетных городов? – спросил Андрей.



– Да, именно об этом думают учёные, готовя к запуску в космос оснащённый золотыми зеркалами крупнейший телескоп имени Джеймса Вебба и мечта о ещё более крупных инструментах. Именно космические телескопы вызвали революционные изменения в области обнаружения далёких планет. Специализированный спутник «Кеплер», созданный для поиска планет возле других звёзд, привел к настоящему буму открытия экзопланет. С 2009 по 2013 год он, изучая лишь небольшой участок неба между Денебом и Вегой, открыл три с половиной тысячи кандидатов в экзопланеты. К первому января 2018 года было надёжно зарегистрировано 3726 планет возле 2792 звёзд. Из них 662 звезды имели более чем одну планету. Несколько сот

планет из этого списка похожи по своим физическим параметрам на Землю. Ещё несколько тысяч планет находятся в очереди на регистрацию, дожидаясь дополнительных наблюдений.

– А почему «Кеплер» изучал только одну часть неба? – спросил Андрей.

– Потому что его поле зрения было слишком маленьким, чтобы успеть осмотреть всё небо. Но в 2013 году российской ракетой был запущен европейский астрометрический спутник «Гайя», который должен проанализировать положения миллиарда звёзд на всём небе. Матрица, которая установлена в современных фотоаппаратах, имеет размер в несколько квадратных миллиметров и содержит несколько миллионов пикселей. Матрица, которая работает на космическом аппарате «Гайя», имеет размер в половину квадратного метра и состоит из 938 миллионов пикселей – в десять раз больше, чем у матрицы «Кеплера». «Гайя» должна за пять лет сфотографировать всё небо семьдесят раз. По оценкам специалистов, «Гайя» не только даст самый подробный в истории каталог положений и движений звёзд, но и откроет около десяти тысяч экзопланет. Кроме того, этот телескоп детальнейшим образом измерит искривление света звёзд в гравитационном поле Солнца – эффект, предсказанный Эйнштейном и обнаруженный Эддингтоном в 1919 году в момент полного солнечного затмения, когда возле чёрного Солнца звёзды стали видны даже днём. Этот эффект позволяет непосредственно наблюдать структуру пространства-времени.

Сколько цивилизаций возникло на этом множестве экзопланет? Американским астрономом Фрэнком Дрейком в 1960 году была предложена формула Дрейка. Она оценивает число цивилизаций в нашей Галактике, готовых вступить в контакт. Это число получается из перемножения общего числа звёзд в Галактике на долю звёзд, которые обладают подходящими для жизни планетами, и на вероятность возникновения на таких планетах разумной жизни, заинтересованной и способной на контакт. Безусловно, последняя вероятность очень трудно оценивается. И есть ещё один множитель в формуле Дрейка, который резко уменьшает вероятность контакта с инопланетянами: это отношение продолжительности жизни цивилизации к общему времени существования Галактики. Возможно, что высокоразвитые цивилизации существуют настолько короткое время, что просто не успевают вступить в межзвёздную переписку.

– Но почему? – спросила Галатея.

– Потому что все разумные расы должны сталкиваться с нехваткой ресурсов, с перенаселённостью, с экологическими проблемами, с опасностями глобальных войн и эпидемий. Как долго может развиваться разумная жизнь, которая в технологической фазе быстро распространяется по своей планете? Может, только космические цивилизации могут существовать долго, но сколько таких цивилизаций в настоящее время в Галактике? Десять, сто, тысяча?

Всего в нашей Галактике – Млечном Пути – насчитывается двести миллиардов звёзд. Примерно каждая пятая обладает планетой, похожей на Землю и расположенной в температурной зоне, благоприятной для существования жидкой воды. Таким образом, десятки миллиардов планет в нашей Галактике обладают шансами на возникновение биосферы и даже разумной жизни на них. А всего во Вселенной свыше ста миллиардов галактик...

– Десятки миллиардов планет! – взволновалась Галатея, – Многие из них похожи на Землю! Но как, как узнать – есть ли там жизнь?! Там должны жить совершенно удивительные растения и животные. Может, там живут люди и даже маленькие девочки!

– С которыми ты была бы не прочь вступить в переписку! – пошутил Андрей.

– Да! – с вызовом ответила Галатея. – Только тамошний язык надо выучить.

– До переписки с инопланетянами пока дело не дошло, хотя проекты по межзвёздной связи уже осуществляются. В 1959 году был предложен проект SETI – программа поиска внеземных цивилизаций.

Одно время он поддерживался НАСА и другими государственными учреждениями, которые профинансировали программу «Озма» и послание Аресибо.

– Что это за программа и послание? – заинтересовалась Галатея.

– Проект «Озма» – один из первых проектов поиска радиосигналов инопланетян. Был проведён Фрэнком Дрейком в 1960 году на 26-метровом радиотелескопе в Западной Вирджинии. Он исследовал излучение двух звёзд – Тау Кита и Эпсилон Эридана. В 1973–1976 годах в той же

обсерватории был проведён проект «Озма-2», в ходе которого исследовалось излучение шестисот пятидесяти звёзд. Сигналов от инопланетян не обнаружилось.

Послание Аресибо – радиосигнал на длине волны 12.6 см, который был послан 16 ноября 1974 года из обсерватории Аресибо в направлении шарового звёздного скопления M13, расположенного в созвездии Геркулеса на расстоянии двадцати пяти тысяч световых лет от Земли. Сообщение длилось 169 секунд и содержало 1679 цифр. Сообщение было составлено Фрэнком Дрейком и Карлом Саганом. Число 1679 – полупростое, то есть является произведением простых чисел 23 и 73. Следовательно, этот сигнал легко превратить в прямоугольную матрицу такого же размера, на которой, как на экране, появится картинка с информацией о числах; о важнейших для людей химических элементах – водороде, углероде, азоте, кислороде и фосфоре; о человеческом геноме; о самом человеке и о Солнечной системе.

– Мама, стой! – воскликнула Галатея. – Значит, я могу нарисовать картинку, разделить её на клеточки 73 на 23 и отправить в космос в виде радиосигнала?

– Да, можешь, – подтвердила Дзинтара.

– Ура! – сказала Галатея и победно посмотрела на брата. – Мне даже язык учить незачем! Я всё, что надо, нарисую!

И она стала быстро набрасывать в блокноте что-то понятное любым инопланетным девочкам – не важно, растут ли зелёные щупальца на их головах, или вместо рук у них приспособлены красные клешни.

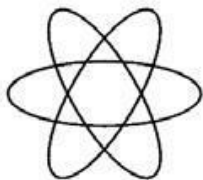
Дзинтара продолжила:

– С 1995 года SETI существуют на частные пожертвования с бюджетом в пять миллионов долларов в год. Радиотелескопы, которые используются в проекте, могут засечь излучение аэродромного радара на расстоянии двухсот световых лет. Изучено более тысячи звёзд, но надёжно зарегистрировать сигнал, посланный внеземной цивилизацией, не удалось. Хотя какие-то загадочные сигналы были получены, но у них не было повторяемости, то есть они не могут считаться сообщением инопланетян. В настоящее время существует целая серия проектов по поиску внеземных цивилизаций и даже по посылке межзвёздных зондов. Любой землянин может принять участие в одном из проектов SETI и в поиске инопланетных посланий, подключив свой персональный компьютер в общую сеть, которая анализирует сигналы из космоса. Сотни тысяч землян участвуют в этом проекте. Поэтому можно надеяться, что в обозримом будущем мы найдём братьев по разуму или даже установим с ними связь.

– Зачем мы так страстно хотим контакта с инопланетянами? – спросил задумчиво Андрей.

– Потому что мы очень одиноки как разумная раса. Мы хотим посмотреться в зеркало, хотим увидеть себя чужими глазами. Поэтому люди будут строить всё более совершенные телескопы, которые смогут сфотографировать поверхности далёких планет и, может быть, найти там светящиеся города инопланетных жителей. Поэтому они будут продолжать вслушиваться в радиокосмос в надежде поймать послание чужого разума – чужого, но не злого. Потому что мы верим, что по-настоящему разумное существо должно быть добрым.

Примечания для любопытных



Иммануил Кант (1724–1804) – философ и астроном из Кёнигсберга (ныне Калининград), выдвинувший современную теорию происхождения планетных систем.

Джеймс Джинс (1877–1946) – английский физик, астроном и математик. Автор космогонической теории происхождения Солнечной системы из клочка солнечной материи, вырванной приливным воздействием близко пролетевшей звезды.

Александр Вольщан (р. 1946) – польский астроном, открывший в 1990 году пульсар, возле которого он вместе с Дейлом Фрейлом и другими соавторами обнаружил три планеты. Они стали первыми планетами, достоверно открытыми вне Солнечной системы.

Телескоп имени Джеймса Вебба – крупнейший телескоп, который готовится к запуску в 2019 году. Размер зеркала – 8,2 метра.

Фрэнк Дрейк (р. 1930) – американский учёный, составивший формулу Дрейка для определения числа инопланетных цивилизаций, с которыми возможен контакт. Пионер межзвёздной связи.

Карл Саган (1934–1996) – американский учёный и популяризатор науки. Один из инициаторов программы SETI по поиску признаков внеземных цивилизаций. Автор научно-фантастического романа «Контакт», на основе которого в 1997 году был снят одноимённый фильм.

Послесловие. Профессия – учёный

Со временем ты поймёшь, что биологи, астрономы, физики и прочие представители этого ужасного племени учёных – такие же люди, как и мы с тобой.

Клиффорд Саймак. Почти как люди

Кто такой учёный, и чем он занимается? Учёный – это профессиональный открыватель. Это разведчик, который ищет неоткрытые острова в океане неизвестного или новые пути для развития нашей цивилизации. Об этих первопроходцах нередко забывают, а их жизнь, полная приключений и даже опасностей, превращается в короткие сухие строчки энциклопедии. Кто из современников, пользующихся компьютерами и мобильными телефонами, помнит об учёных и инженерах, которые, рискуя жизнью, изучали электрические явления, учились ловить радиоволны и создавали первые полупроводниковые детали? Чтобы современные молодые люди лучше представляли себе историю науки, я пообещал читателям моей научно-фантастической «жюльерновской» трилогии «Астровитянки» написать книгу из сотни историй об учёных и изобретателях. Идея оказалась плодотворной, но в одну книгу такое количество историй не вошло. Пришлось написать шесть книг. Читатель держит в руках последнюю книгу научных историй, которых теперь стало сто, так что своё обещание я выполнил.

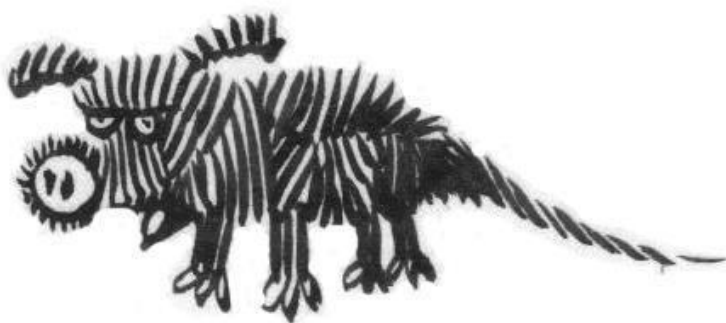
Если кто-нибудь из читателей, прочитав эту книгу или все шесть томов «научных сказок», поверил в то, что наука – это самое увлекательное из занятий, значит, я свою задачу выполнил. Но нигде и никогда открытие новых земель не давалось без труда и риска. Лишь в XX веке исследователи сумели достичь Северного полюса, в то время как многие экспедиции XIX века его не достигли: отступили или погибли. В любой, самой престижной и привлекательной области человеческой деятельности: в кино, в балете, в спорте, в литературе, в науке – есть своя трудная изнанка. Она скрыта от широкой публики, но без неё не обходится ни одна из профессий. В фигурном катании красивые молодые люди, стремительно скользя на коньках, делают прыжки в четыре оборота, а потом, улыбаясь, стоят на пьедесталах и получают золотые олимпийские медали. Но за этим фасадом – долгие годы изнурительных тренировок, травм и слёз, а также сотни фигуристов, которые не смогли достичь высшей планки и сошли с дистанции раньше, довольствуясь, в лучшем случае, гораздо более скромными наградами. Современная наука – это тоже труд и риск. Труд получения профессионального образования полон бессонных ночей, переутомления и даже отчаяния. Но даже лучшее образование не избавляет от риска не стать успешным учёным, не суметь создать нечто новое и важное, потому что теорий мало, а учёных много, и далеко не каждый становится автором своей теории, хотя бы и небольшой.

Астрономы-наблюдатели могут провести у телескопов долгие годы, прежде чем накопят данные и получают интересный научный результат, но их труд пытаются оценивать по бюрократическим критериям. Астроном Евгений Ченцов, посвятивший изучению космоса всю свою жизнь, сокрушенно говорит: «Оценка по числу публикаций – нам, наблюдателям, это прямое подталкивание к халтуре».

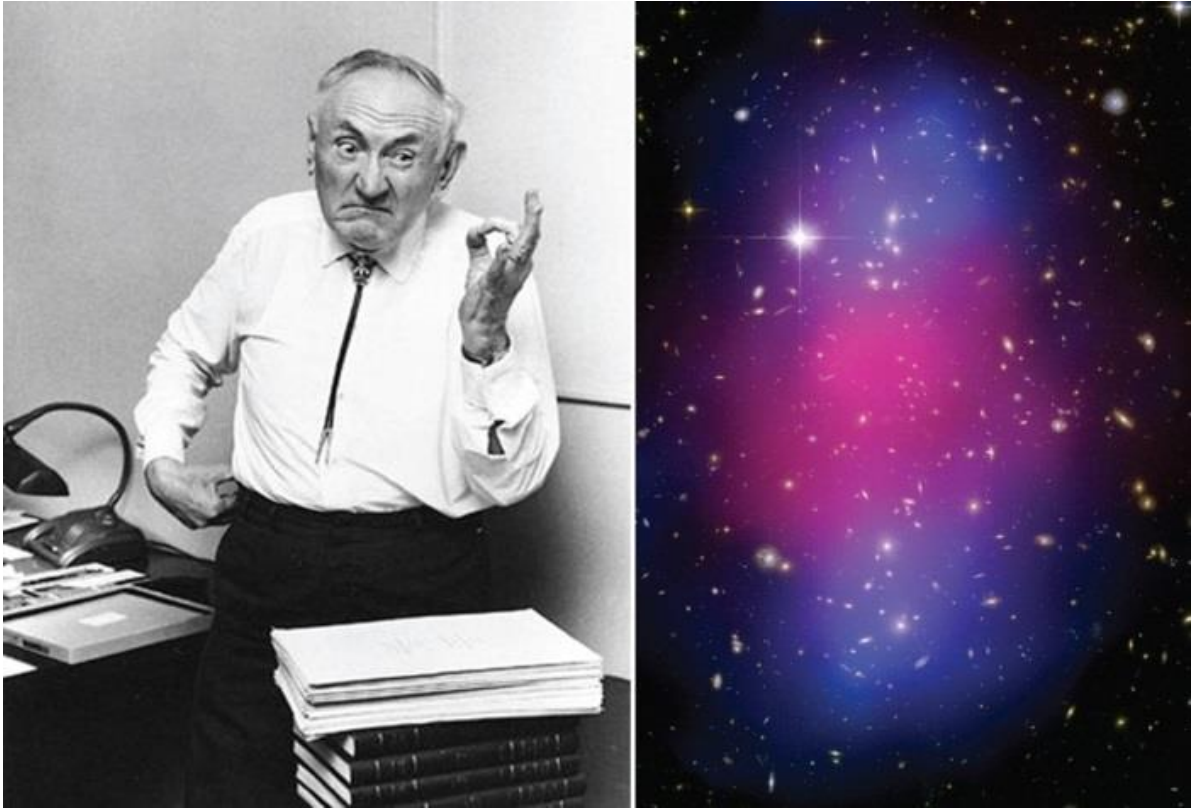
Было бы неверным представлять нынешнего учёного как независимого исследователя, стоящего перед тайнами природы. Колумб не в одиночку открыл Америку. Он плыл вместе с командой, с которой ему пришлось договариваться, чтобы матросы не взбунтовались. Даже если современное открытие сделано одним человеком, оно может стать достоянием общества только после публикации и обсуждения среди других специалистов. Накопление научных знаний, безусловно, коллективный процесс. И как в любом коллективе, здесь есть место человеческим страстям, несправедливостям и обидам. Внутри научного сообщества нередко острая конкуренция, которая может быть далека от честного соревнования, но надо учитывать, что ещё более жёсткая конкуренция царит в бизнесе, в искусстве и во многих других профессиях.

В научных публикациях излагаются только результаты и никогда не описывается трудная дорога, которую пришлось пройти, прежде чем эти результаты были получены. Рассказать откровенно о внутренней жизни науки можно только на основании личного опыта, поэтому автор собирается написать ещё одну книгу под названием «13 научных приключений» о тех проблемах, которыми он занимался лично, и о той внутренней научной кухне, которая ускользает от постороннего взгляда, но без знания которой полного представления о науке не получить. Молодые люди, которые хотят выбрать науку в качестве главного дела жизни, должны сделать свой выбор с открытыми глазами.

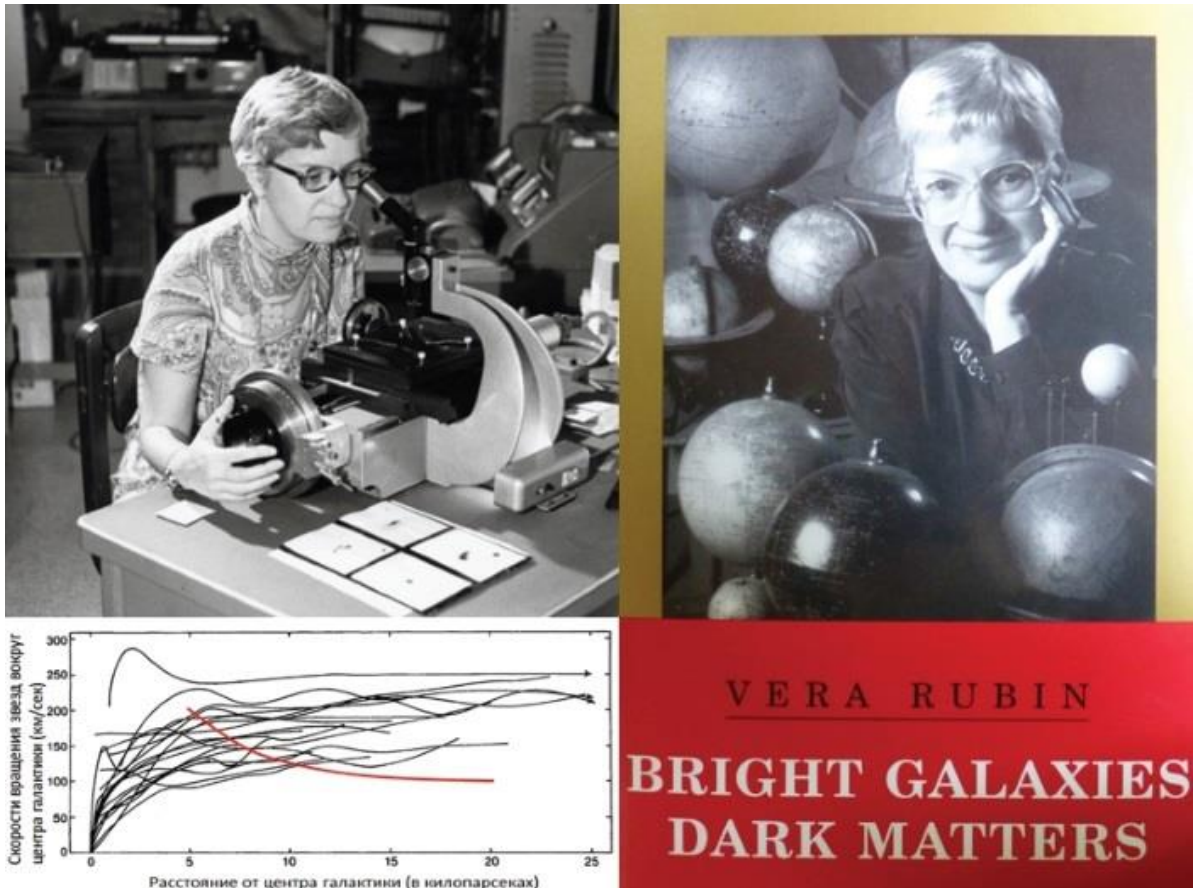
2017–2018



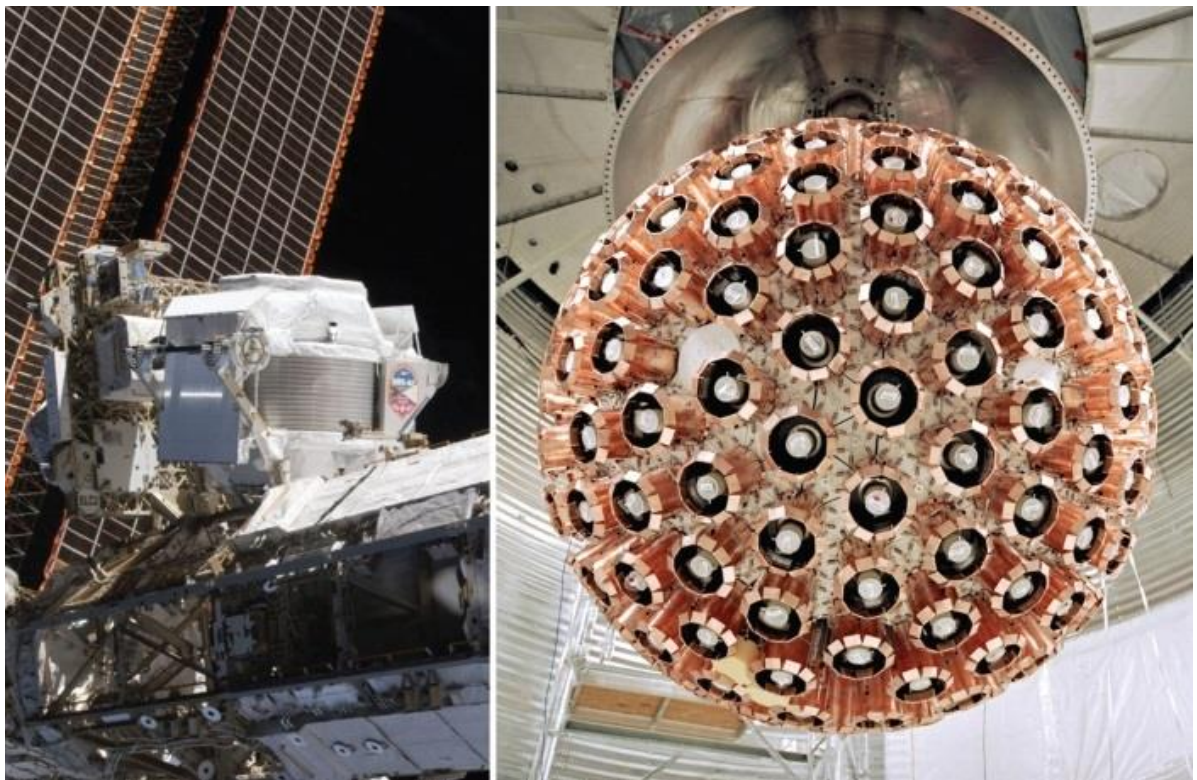
Иллюстрации



Слева: Фриц Цвикки. Фото: Википедия. Справа: Галактическое Скопление Пуля возникло при столкновении двух скоплений галактик. Газ, показанный красным цветом, затормозился при столкновении, а тёмная материя, показанная синим цветом, полетела дальше. Значит, основная масса скоплений, заключённая в тёмной материи, не совпадает с барионной компонентой в виде газа. Оптическое фото: NASA/STScI; Magellan/U.Arizona/D.Clowe et al.; карта гравитационного линзирования для тёмной материи: NASA/STScI; ESO WFI; Magellan/U.Arizona/ D.Clowe et al.; совмещение и рентгеновские данные: NASA/CXC/CfA/ M.Markevitch et al



Слева: Вера Рубин в 1970 году. Фото: д-р Рубин и Отдел земного магнетизма, Институт Карнеги в Вашингтоне. Слева внизу: кривые вращения 21-й галактики из статьи В. Рубин, К. Форда, Н. Тоннарда (1980). Автор добавил красную линию, иллюстрирующую ожидаемое поведение кривой вращения по закону Кеплера. Справа: обложка книги В. Рубин (1997 год) Фото автора. На обложке фото В. Рубин, сделанное Марком Годфри



Слева: бочкообразный магнитный спектрометр, который весит почти 7 тонн и стоит 2 млрд долларов, был доставлен в 2011 году шаттлом на космическую станцию для поиска частиц тёмной материи. Фото: НАСА. Справа: канадско-британский детектор частиц тёмной материи DEAP-3600, содержащий 3,6 тонны жидкого аргона. Планируется новый детектор с 50 тоннами аргона

Фото: Википедия, Марк Уорд



Астронавт-геолог Харрисон «Джек» Шмитт (экспедиция «Аполлон-17») исследует интересную скалу на Луне 13 декабря 1972 года. Справа – лунный автомобиль экспедиции «Аполлон-17». На врезке: вулканический пепел с большим количеством вулканического оранжевого стекла, найденный Шмиттом на Луне

Фото: НАСА/«Аполлон-17»/Юджин Сернан



Автор вместе с первым космическим геологом Харрисоном Шмиттом (справа) в Годдардском центре космических полетов НАСА 3 мая 2017 года
Из архива автора



Агатовая камера с кристаллами и псевдокристаллами кварца

Из коллекции автора

Фото: автор



Слева: два бразильских топаза весом в 50 и 32 кг

Справа сверху: малахит из Конго

Справа внизу: фрагмент мексиканской Пещеры Мечей Смитсоновский музей натуральной истории (Вашингтон)

Фото: автор



Справа: пещера вблизи американского города Лурей (Вирджиния) с богатой коллекцией известковых отложений

Слева: подземное озеро

Нижняя часть изображения – это не сталагмиты, а отражение в воде сталактитов на потолке

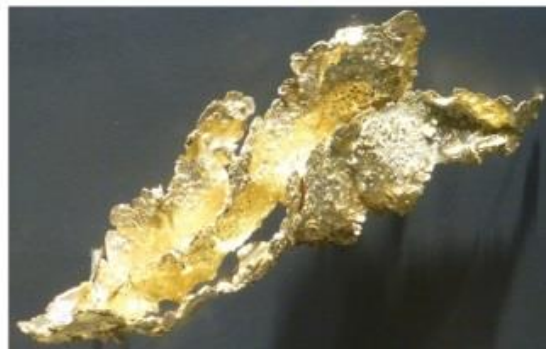
Фото: автор



Крымская известняковая яйла с отчетливыми слоями

Вид из Симеиза.

Фото: автор



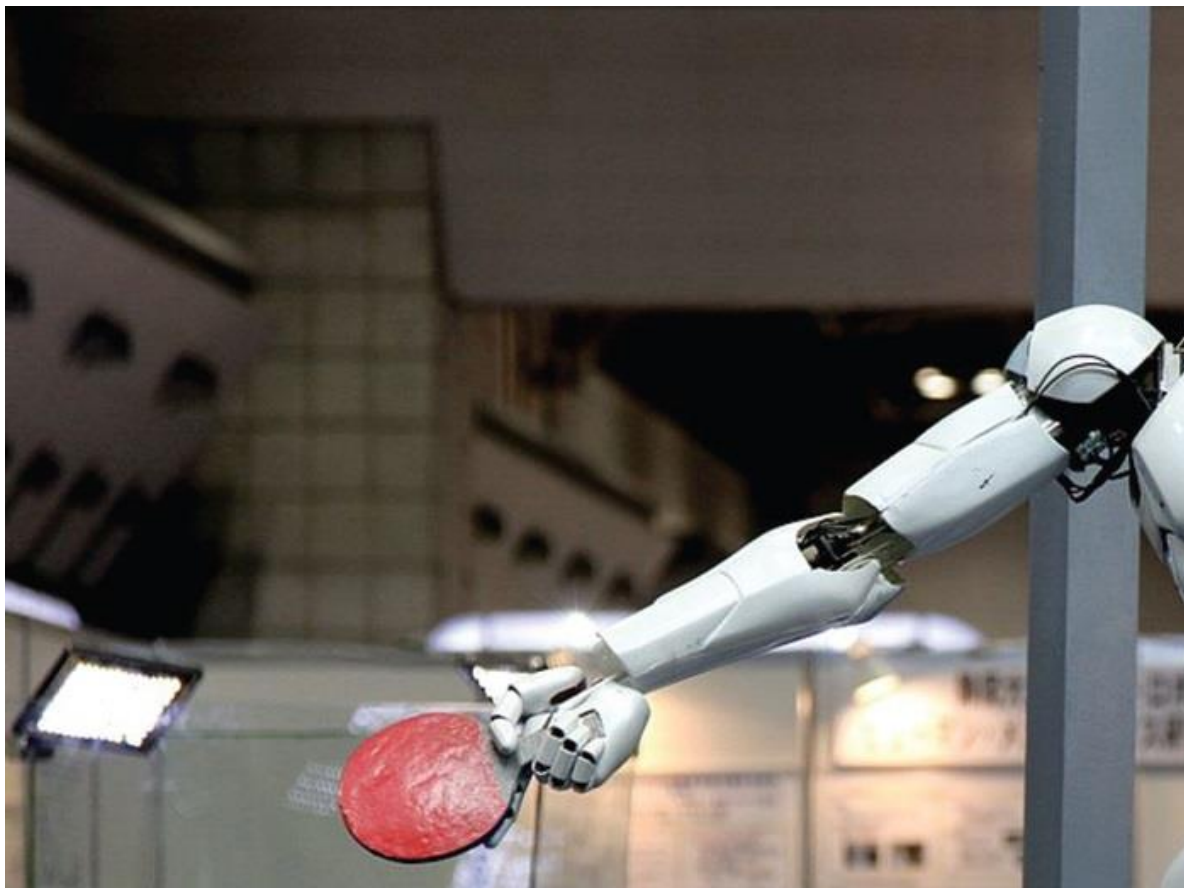
Слева сверху: Большая Дыра или первая кимберлитовая трубка. Фото из Википедии. Слева внизу: алмазодобытчики возле трубки в Кимберли, Южная Африка, 1873 год. Фото из Википедии, из книги Р. В. Мюррея (Британская библиотека).

Справа: крупный бриллиант весом в 127 карат, известный как «Португальский алмаз», и калифорнийский самородок листового золота. Смитсоновский музей натуральной истории (Вашингтон). Фото: автор



Национальный институт графена в Манчестере Фото: Манчестерский университет. Вверху: лауреаты Нобелевской премии Андрей Гейм (слева, фото: Хольгер Моцкау, Википедия) и Константин Новосёлов (справа, фото: Википедия).

В центре – изображение графена в сканирующем микроскопе (Википедия, фото: армия США)



Робот Топио для игры в настольный теннис
Токийская международная выставка роботов в 2009 году
Фото: Википедия



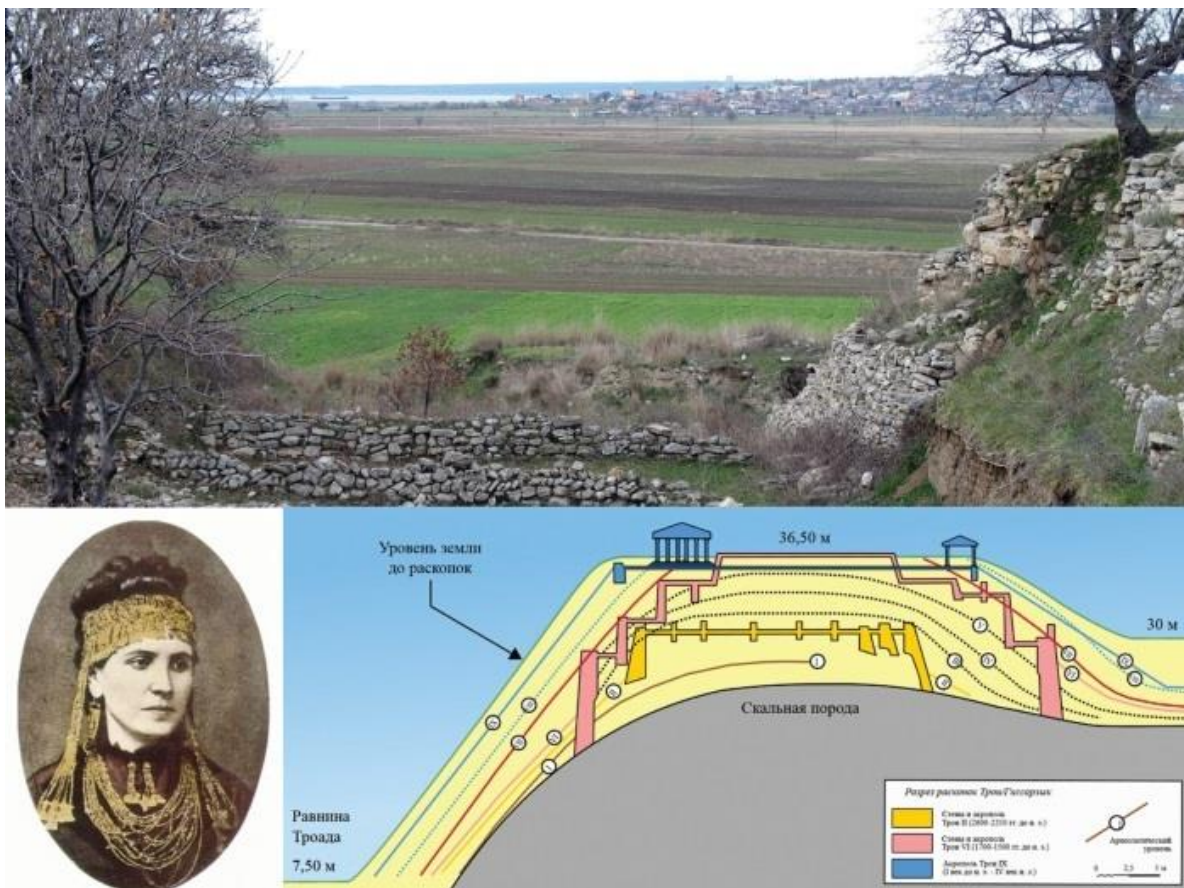
Слева: семья кроманьонцев, проживавшая в Европе более 40 тысяч лет назад (фото: Википедия). Взрослый кроманьонец обучает мальчика раскалыванию кремня для создания каменных орудий. Справа сверху: кремнёвый нож

Фото: Михал Манас (Чехия), Википедия. Справа внизу: каменный топор с деревянной рукояткой и возрастом около 6 тысяч лет, найденный на северо-западе Великобритании (экспонат Британского музея). Фото: Википедия



Ещё одно достижение физики твёрдого тела – лазеры. Шесть лазеров: красные с длиной волны 635 и 660 нанометров; зелёные – с длиной волны 520 и 532 нанометра; голубые – 405 и 445 нанометров. Фото: Википедия

На врезке: Прохоров и Таунс (справа) в 1959 году в США, на конференции по квантовой электронике



Вид с холма Гиссарлык на равнину перед Троей, где сражались гомеровские герои. Видны остатки городских стен Справа внизу: схема семи культурных слоев Трои
Слева внизу: фотография Софии Шлиман с драгоценностями Трои. Все фото: Википедия



Слева: погребальная маска Тутанхамона

Справа: археолог Картер, сидящий на корточках,
открывает гробницу Тутанхамона
Фото: Википедия



Скелет плезиозавра *Plesiosaurus macrocephalus*, найденный Мэри Эннинг в 1830 году.
Хранится в Национальном музее естественной истории (Париж). Фото: Википедия.

На врезке типичные окаменелости: аммонит (слева) и аммонит в разрезе, зуб ископаемой акулы (справа).

Из коллекции автора. Фото: автор



Слева: портрет Мэри Эннинг, исследователя окаменелостей.

Картина до 1842 года, художник неизвестен

Музей натуральной истории, Лондон. Фото: Википедия

Справа: первый в мире художественный рисунок из жизни ископаемых существ

Акварель палеонтолога Генри де ла Беша. Фото: Википедия



Трицератопс, описанный впервые О. Маршем в 1891 году Смитсоновский музей натуральной истории (Вашингтон)

Фото: автор



Тираннозавр может перекусить крупного мужчину пополам Смитсоновский музей
натуральной истории (Вашингтон)
Из архива автора



Тираннозавр в полный рост
Смитсоновский музей натуральной истории (Вашингтон)

Фото: автор



Бронтозавр *Apatosaurus louisae*. Музей Карнеги
Фото: Тадек Курпаски (Википедия)



Птицы – единственные прямые наследники динозавров

Слева: кардинал, символ штата Вирджиния. Справа сверху: птенец кардинала, который никак не решится полететь. Справа внизу: синяя птица отдыхает в руке автора. Все фото: автор



Слева сверху: бабочка махаон кормится на флоксах. Слева внизу: красная саламандра. Справа сверху: спящий лисёнок.

Справа внизу: черепаха, которая может наглухо захлопывать свой панцирь. Все фото: автор

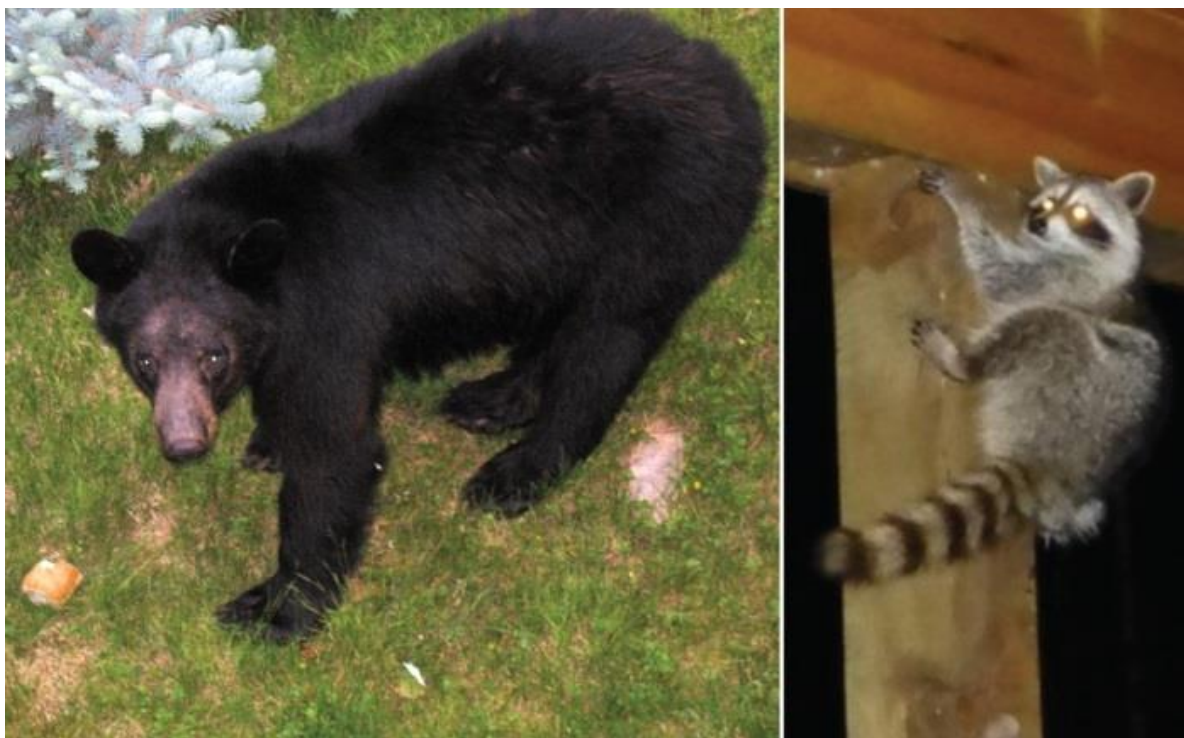


Слева сверху: оленёнок изучает мир Слева внизу: ручная белка Машенька уже не боится людей
Справа сверху: опоссум держит еду передними лапками
Справа внизу: бурундучок
Все фото: автор



Слева: самец индюка в полном боевом оперении

Справа: даже крупный рогатый олень предпочитает быть наготове для бегства. Все фото: автор



Слева: сердитый чёрный медведь: «Почему булочка без мёда?»

Справа: испуганный енот ошибся деревом

Все фото: автор



Слева сверху: фламинго в зоопарке на острове Оаху (Гавайи)

Слева внизу: носорог оттуда же. Справа сверху: летающий дельфин из океанариума на острове Оаху (Гавайи)

Справа внизу: морская черепаха на пляже Большого острова (Гавайи). Чёрные камни вокруг – куски лавы от местного вулкана

Все фото: автор



Пример простой нелинейной системы: стоячие волны различных ориентаций в ялтинской мелкой речке Учансу

Самые короткие волны – капиллярные, для более длинных волн существенна гравитация.
Фото: автор



Автор (слева внизу) наблюдает полное затмение Солнца 21 августа 2017 года. Чёрное Солнце окружено светлой короной из выбросов плазмы. Слева сверху (указано стрелкой): звезда Регул из созвездия Льва. Справа внизу: Солнце в фазе частичного затмения (съёмка через фильтр). На диске видны четыре солнечных пятна. Справа сверху: красная хромосфера светит сквозь лунные долины.

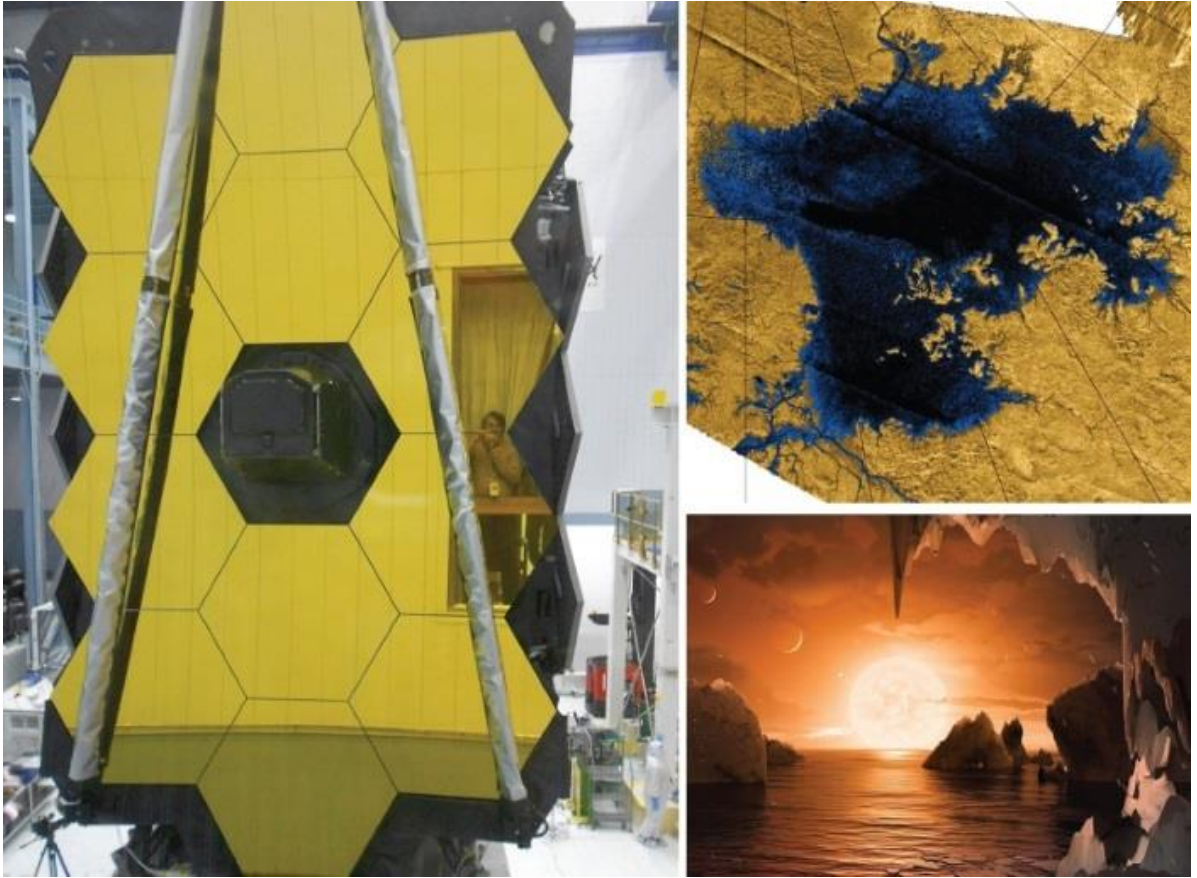
Все фото Солнца: Александр Кутырев (у него они получились лучше, чем у автора)



Сумеет ли человечество совершить скачок от сверхзвуковых истребителей до межзвёздных кораблей?

Слева: американский «Черный дрозд», который мог летать в три раза быстрее скорости звука. Смитсоновский аэрокосмический музей (Вирджиния). Фото: автор. Справа: в кабине космического сверхсветового корабля. Фото: НАСА.

Внизу: самый массовый в истории сверхзвуковой истребитель «Миг-21», созданный в СССР. Фото: Википедия



Слева: крупнейший космический телескоп Уэбба готовится к полету. В его золотых зеркалах скоро будут отражаться далекие миры, а пока там отражается автор на галерее для посетителей. Годдардский центр НАСА, 26 апреля 2016

Фото: автор. Справа сверху: углеводородный океан на Титане, спутнике Сатурна. Фото: NASA/JPL–Caltech/USGS.

Справа внизу: океан на планете Траппист-1f из созвездия Водолея (в представлении художника). Возле этой звезды вращаются ещё три планеты. Фото: NASA/JPL–Caltech