

Эта книга рассказывает об основных вехах на пути развития науки. Вы узнаете, как совершались великие открытия в области математики, биологии, химии, физики и какие возможности они подарили человечеству.

Работа учёных представлена в широком историческом контексте – от включения нуля в систему счёта до создания Большого адронного коллайдера.

- Великие изобретения древних египтян
- Строение клетки и теория эволюции
- Основы химии: изменение веществ
- В погоне за идеальным двигателем
- От падения яблока до падения Луны
- Уравнение космической цивилизации

И многое другое – под одной обложкой!

Интернет-магазин:
www.dmkpress.com

Оптовая продажа:
КТК «Галактика»
books@aliants-kniga.ru

日本文芸社
NIHONBUNGEISHA

DMK
ИЗДАТЕЛЬСТВО
www.dmk.pф

ISBN 978-5-97060-820-3

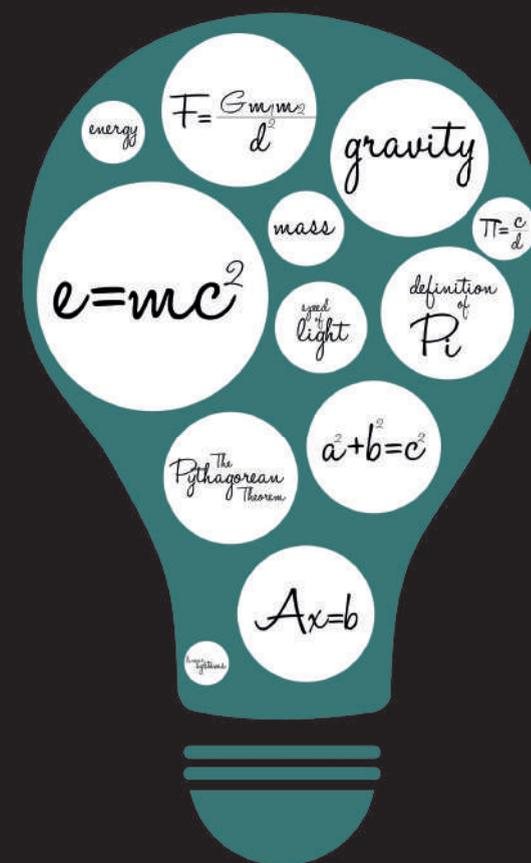


Замечательные научные теории

図解

С ЭТОЙ КНИЖКОЙ НЕ УСПЕШЬ!

ООМИЯ НОБУМИЦУ



Замечательные
научные теории

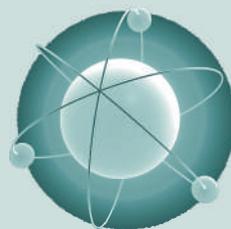
DMK
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Нобуицу Оомиа

Замечательные научные теории

図解 眠れなくなるほど面白い

科学の 大理論



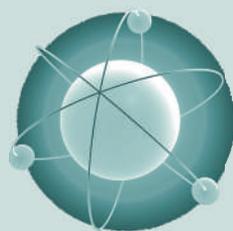
科学評論家
大宮信光

Nihonbungeisha

Описание
в картинках

С этой книжкой не уснешь!

Замечательные научные теории



научный обозреватель
Нобумицу Оомия

ДМК
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва, 2021

УДК 53.02
ББК 26
О599

Оомиа Н.

О599 Замечательные научные теории / пер. с яп. К. В. Павловской. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 132 с.: ил.

ISBN 978-5-97060-820-3

Важные научные открытия делают реальностью то, о чём ещё совсем недавно писали фантасты. Какие идеи в науке можно считать прорывными и как они изменили нашу жизнь? В этой книге затрагиваются концепции, принципы и законы, которые стали ключевыми для развития цивилизации и технологий.

Автор рассказывает о масштабных достижениях учёных – начиная с изобретений древности (появление бумаги, алхимические эксперименты, селекция растений) и заканчивая современными теориями, которые расширяют границы познания в самых разных сферах (использование стволовых клеток для омолаживания организма; поиск мест, пригодных для жизни, за пределами планеты Земля и т. д.).

Издание адресовано всем, кто интересуется научно-популярной литературой и хочет получить системное представление об основных тенденциях в мире науки.

УДК 53.02
ББК 26

Copyright Russian translation rights arranged with NIHONBUNGEISHA Co., Ltd. through Japan UNI Agency, Inc., Tokyo.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-4-537-26134-9 (яп.)
ISBN 978-5-97060-820-3 (рус.)

Copyright © NIHONBUNGEISHA, 2016
© Оформление, издание, перевод,
ДМК Пресс, 2021

Содержание

Предисловие	8
-------------------	---

Глава 1. В XXII век. Новые разработки, новейшие научные теории

С мечтой о космосе. Главное открытие: ИПСК.....	12
Светодиоды – источники освещения четвёртого поколения. Светодиоды нашли в метеоритах.....	16
Глобальное потепление происходит из-за инверсионных следов самолётов? Перистые облака и галактические космические лучи	20
Надежда человечества – покинуть Землю и улететь в космос! Шестое массовое вымирание.....	22
Существует ли внеземная жизнь? Зоны, пригодные для жизни	24
Доминирующая во Вселенной темная материя.....	26
Истинная природа Вселенной. Частица Бога, бозон Хиггса	28

Глава 2. Мир физики. Энергия движения, тепла и электричества

Причины хлыстовых травм. Закон инерции (первый закон движения) ...	32
Как спортивный автомобиль делает рывок. Уравнение движения (второй закон движения).....	34
Толкучка в переполненном поезде. Закон действия и противодействия (третий закон движения).....	36
Золотое правило механики. Принцип работы	38
Какой закон неосознанно используют бильярдисты? Закон сохранения количества движения	40
Почему в тормозной системе машины используется масло? Принцип Паскаля	42
Почему тяжёлый самолёт парит в воздухе? Теорема Бернулли	44
Пирамида науки XX века. Специальная теория относительности и общая теория относительности	46
«Вечное возвращение» Ницше основано на этом законе?! Закон сохранения энергии.....	50
В погоне за идеальным двигателем. Теорема Карно	52
Почему в ванную нельзя ставить электрическую стиральную машину. Закон Ома	54

Копирование благодаря статическому электричеству.	
Закон Кулона.....	56
Вызывающие ностальгию электронагревательные приборы.	
Закон Джоуля.....	58
Мягкий фундамент для электрической цивилизации.	
Закон электромагнитной индукции (закон индукции Фарадея)	60
Мир природы не любит изменений. Правило Ленца	62
Правая рука – для выработки электроэнергии, левая – для её расхода. Правило правой и левой руки Флеминга.....	64
Великие изобретения древних египтян. Три закона отражения.....	66
Что такое оптоволокно? Закон преломления.....	68
Закон физики, возникший из-за пяти чувств. Законы физики, рожденные пятью чувствами. Закон Вебера–Фехнера	70
Расширение Вселенной и железнодорожный переезд.	
Эффект Доплера	72
Почему существуют различные виды атомов? Принцип Паули.....	74
Эйнштейн и его глубокая связь с телевидением.	
Фотоэлектрический эффект.....	76

Глава 3. Изменившие мир теории древности

Бумага, изобретённая для императора. Китайская наука	78
Эпохальное изобретение цифры 0. Индийская наука	80
Алхимия, давшая начало химии. Наука в исламских странах	82
Темпура появилась благодаря Африке. Наука в Африке и странах Внутренней Азии	84
Улучшение сортов растений, спасшее людей от голода.	
Наука коренных народов Америки.....	86

Глава 4. Основы химии. Изменение веществ

Почему шины выдерживают вес машины? Закон Бойля.....	90
Как выправляют помятые мячи для пинг-понга. Закон Бойля–Шарля (уравнение состояния газа).....	92
Можно использовать для уничтожения от слизи.	
Правило Вант-Гоффа	94
Сжечь алмаз (!) в качестве доказательства. Закон сохранения массы (закон бессмертия вещества)	96
Как бы вы ни шли, вы прольёте то же количество пота.	
Закон Гесса.....	98

Глубокая связь между пузырьками в пиве и кессонной болезнью. Закон Генри.....	100
Чем гуще мисо-суп, тем проще им обжечься. Закон Рауля.....	102

Глава 5. Универсальность жизни. Загадки Земли и космоса

Искры творчества над кофейной чашкой. Клеточная теория.....	106
Великое открытие, сделанное в монастырском саду. Закон Менделя разрешил проблему Дарвина!.....	108
Секретная история открытия двойной спирали. Центральная догма молекулярной биологии.....	110
Что было раньше – курица или яйцо? Гипотеза мира РНК.....	112
Раньше кислород был ядом. Теория о симбиотической эволюции клеток.....	114
Почему из эпицентра землетрясение сразу же передаётся дальше? Формула Омори.....	116
Почему вещи падают прямо вниз? Принцип относительности Галилея.....	118
Падают и яблоко, и Луна! Закон всемирного тяготения.....	120
Великое открытие американца о стремлении к расширению. Закон Хаббла.....	122
У Большого взрыва есть отец. Теория Большого взрыва.....	124
Кварки похожи на шарики. Кварковая модель Гелл-Манна.....	126
Если хотите встретить инопланетян, продлите жизнь своей цивилизации! Уравнение космической цивилизации.....	128
Вселенная существует для людей. Антропный принцип.....	130

Предисловие

Когда начали зарождаться первые ростки науки? Не тогда ли, когда ещё в глубокой древности люди начали собираться у костров под звёздным небом, рассказывали интересные и страшные истории? Если вы интересуетесь мировой историей, советую вам в первую очередь прочитать третью главу этой книги: «Изменившие мир теории древности». Скорее всего, у вас сразу же возникнет вопрос: «Разве в этой части говорится не только о теориях, но и о конкретных изобретениях?» И вы будете правы!

В древности создавались мифы, легенды, в которых содержались представления людей о строении Вселенной, об окружающей природе. И многие люди не были вполне убеждены, что это всего лишь легенды. Сила этих небылиц была настолько велика, что привела к открытию многих явлений, а впоследствии ещё и к созданию великих теорий. Для древности характерно именно то, что теории и конкретные вещи были неотделимы, и никто даже не пытался их разделить. В настоящее же время существует разделение между абстрактными теориями и конкретными вещами. Именно поэтому современные великие теории создают глобальную цивилизацию и имеют универсальное применение.

Такие замечательные теории, проложившие дорогу в современность, представлены во второй главе – «Мир физики. Энергия тепла, движения и электричества». Некоторым может показаться, что эта глава очень длинная. На самом же деле – всё-таки недостаточно длинная, и некоторые её темы продолжены в пятой главе. Я сделал это намеренно, но почему я сделал именно так – предоставляю разобраться читателям самостоятельно.

Ценители науки могут жаловаться, что информации всё ещё недостаточно, что этого не хватает, а это недостаточно раскрывается. Да, верно. В причинах этого я тоже предоставлю разобраться вам, читателям. Огромное, огромное спасибо за понимание.

Огромное количество законов физического мира является основой гегемонии Запада, который победил этническую цивилизацию домодернистской эпохи и построил глобальную цивилизацию на Земле. Тем не менее цивилизации Китая, Индии, исламская цивилизация, цивилизации Внутренней Азии и Африки всё ещё имеют свои собственные цвета и запахи своего климата.

Внедряя современную глобальную науку и технологию в инфраструктуру общества, этническая наука может оказаться на новом этапе возрождения.

И аналогично тому, как физика предшествовала появлению современного мира, эта глава предшествует четвёртой – «Основы химии. Изменение веществ» и пятой – «Универсальность жизни. Загадки Земли и космоса». Темы, включённые в эти главы, стали активно изучаться относительно недавно.

Мы совершили большие шаги в ходе развития цивилизации, и сейчас, в начале XXI века мы вступили в эпоху переосмысления старых знаний. СМИ и интернет ежедневно приносят информацию о новых научных достижениях, и учёные сейчас особенно отчаянно мечтают о получении Нобелевской премии. Я намеренно поставил первой главу «В XXII век. Новые разработки, новейшие научные теории».

В этой книге я последовательно проведу вас по всему течению мировой истории. Её интересно читать как по порядку, с начала и до конца, так и листать книгу, останавливаясь на тех конкретных местах, которые заинтересовали вас больше всего.

Ваш эксцентричный гид по науке,
Нобумицу Оомия

1

В XXII век

**Новые разработки,
новейшие научные
теории**



С мечтой о космосе

Главное открытие: ИПСК

Что общего между Сатоши Омурой и Синьей Яманакой?

Двое японских учёных получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине – Сатоши Омуро в 2015 г. и Синья Яманака в 2012 г. Есть много общего в их жизненном пути.

После окончания Университета Яманаси Омуро преподавал в вечерней школе и одновременно получал магистерскую степень по химии в аспирантуре Токийского университета естественных наук. Затем отправился в США для продолжения учебы.

Яманака тоже поступил в местечковый университет (университет Кобэ) на лечебный факультет. Он хотел стать ортопедом. Это желание возникло у него из-за многочисленных переломов, которые он получал, занимаясь дзюдо в школе, а в университете игрой в регби. Он неоднократно слышал о трагедиях, случавшихся с регбистами, когда они после столкновений попадали в кому. Яманака понял, что ортопедия не может исцелить таких больных. Поэтому решил заняться фармакологией и поступил в аспирантуру городского университета Осаки по этой специальности. После окончания аспирантуры поехал в США, в институт Гладстона.

Оба наших героя сумели правильно воспользоваться своим пребыванием в США.

Понимая, что на родине его исследования не получают финансирования, перед возвращением в Японию Омуро обошёл несколько американских фармацевтических компаний, договариваясь о совместных исследованиях. Так как лекарства для людей давно уже активно разрабатываются и исследуются, он обратился к лекарствам для животных. Он сказал об этом так: «В человеческой фармакологии мы делаем то же самое, но шанса выиграть нет». И в этом он тоже походил на Яманаку.

Совместно с крупной фармацевтической компанией США Омуро разрабатывает препарат, который эффективно работает на собаках и кош-

Детская мечта о космосе и умение взглянуть на проблему с другой стороны привели к открытию ИПСК¹ – универсальных клеток, с помощью которых можно воспроизвести различные органы человека. Можно омолаживать или даже получить бессмертие!

¹ ИПСК – это аббревиатура от «индуцированные плюрипотентные стволовые клетки».



ках. Препарат безвреден для человека, и по предложению компании его везут в тропическую Африку, где раздают людям бесплатно. Лекарство доказывает свою высокую эффективность.

Яманака вернулся в Японию в 1996 г., а в 1999 г. стал профессором Института науки и технологий Нара. Здесь он сосредоточился на исследовании **уникальных свойств эмбриональных стволовых клеток (ЭСК)**. Учёные, занимающиеся их исследованием, в основном рассматривали деление клеток с целью получения различных их видов. И эти исследования происходили в условиях жесточайшей конкуренции.

Лаборатория, которой заведовал Яманака, была маленькой и слабой, и вероятность добиться успеха раньше других была очень низка. Тогда он решил сделать крутой разворот и занялся перепрограммированием стволовых клеток.

Не правда ли, совсем как Омура, который тоже вёл свои исследования от обратного?

Зов космоса

Яманака в детстве любил читать фантастические романы. Особенно ему нравилась серия про космического героя Перри Родана. В Германии выходила одна книга в неделю, а в Японии читателей радовали одним томом ежемесячно.

В самом начале этой истории отправившийся на Луну космонавт Перри Родан использовал клеточный активатор, **клеточный душ**, обеспечив-



ший ему вечную молодость и бессмертие. Дальнейшая история повествует о его взлётах и падениях на пути к основанию великой межзвёздной империи. Как и клеточный активатор, использованный Роданом¹, ИПСК омолаживают клетки. Яманака говорит, что если у него появится свободное время, то он хочет продолжить читать про приключения Родана.

Наверное, в глубине души Яманака всё ещё постоянно испытывает этот зов космоса, устремляясь к которому, можно найти омоложение и бессмертие.

У высокой стены

Тем не менее когда Яманака вернулся из США в Японию, он был недоволен тем, как ведутся исследования в Японии. И как раз в это время пришли удивительные новости из США о том, что учёные достигли успеха в создании человеческих ЭСК (см. рисунок на стр. 13).

Применить человеческие ЭСК для практического лечения мешали **две проблемы**: этики и иммунного отторжения.

Чтобы решить эти проблемы, Яманака решил попробовать создать клетки, похожие по свойствам на ЭСК, из клеток человеческого тела, а именно из клеток кожи. По мнению учёного сообщества, это была совершенно абсурдная идея, противоположная бытовавшему в то время направлению исследований.

Однако Яманака думал так: «И клетки кожи, и ЭСК имеют одно и то же строение и набор одних и тех же элементов (называемых генами), которые и создают клетки. Разница между ними заключается только в том, как эти элементы связаны между собой. Как только мы поймём, что происходит в ЭСК, мы сможем перенести этот способ на клетки кожи и преобразовать их в универсальные клетки, подобно ЭСК».

Четыре гена, способные омолодить клетки!

Используя компьютерные технологии, Яманака перепробовал множество способов образования клеток и в конечном итоге остановился на способе с четырьмя генами. Затем он перенёс этот метод на клетки кожи, перепрограммировал их, и произошло полное омоложение. Так и появились **индуцированные плюрипотентные стволовые клетки** (ИПСК), которые к тому же имеют почти безграничные возможности к размножению.

Когда мы сможем добиться омоложения и бессмертия клеток, тогда сможем добиться этого и для скоплений клеток: тканей, органов и даже

¹ Синъя Яманака, Синъя Мидори. Я спросил Синъю Яманаку о жизни и ИПСК. Изд-во Коданся.



целых тел. Однако тело человека состоит из 60 трлн клеток, это крайне сложный живой пространственно-временной континуум.

Всё не так уж и просто. Яманака в своих прогнозах тоже осторожен. Однако надежда сияет впереди, и мы будем продолжать.

Какое влияние оказывают четыре гена (факторы транскрипции)



Факторы транскрипции – это группа белков, особым образом связанных с ДНК. Если возникает необходимость в белке, который до этого почти не использовался, факторы транскрипции контролируют его синтез и адаптируют организм к новой среде. В зависимости от фактора транскрипции соматические клетки стареют, становятся опухолевыми, но также и ЭСК.

* Апоптоз – регулируемый процесс программируемой клеточной гибели.

Четыре гена

По новому методу в клетки кожи мыши, используя вирус, были введены четыре вида генов (Oct 3/4, cMyc, SOX2, Klf4). В течение двух недель клетки превратились в универсальные. Они были похожи на ЭСК, но всё же были другого вида, поэтому их назвали ИПСК. Это новые универсальные клетки, созданные японскими исследователями первыми в мире. Они используются в регенеративной медицине вместо эмбриональных стволовых клеток (ЭСК). Поскольку при этом не применяются оплодотворённые яйцеклетки, была решена и этическая проблема.

Светодиоды – источники освещения четвёртого поколения

Светодиоды нашли в метеоритах

Возможности, которые породил неопределённый характер полупроводников

LED (светоизлучающие диоды)¹ изначально представляли собой биполярные вакуумные трубки. Ток в них течёт только в одном направлении. Это свойство используют, например, для выпрямления переменного тока.

Полупроводниковый диод, выполняющий такие же функции, как и биполярные вакуумные трубки, был изобретён японским физиком Лео Эсаки, который в 1973 году за это получил Нобелевскую премию по физике. В настоящее время вакуумные трубки уже почти не используются, и когда мы говорим о диоде, то чаще всего имеем в виду **полупроводниковый диод**.

Полупроводники хорошо пропускают электроны, но всё же не так хорошо, как металлические проводники. Но и не так плохо, как диэлектрики (изоляторы), которые не пропускают ток. То есть по проводимости электрического тока полупроводники находятся где-то между диэлектриками и проводниками. Однако деление «проводник–полупроводник–изолятор» не абсолютное. Полупроводник может свободно превратиться и в проводник, и в изолятор. Именно это свойство дало так много возможностей использования полупроводников.

Валентные и свободные электроны

Большинство твердых веществ имеют кристаллическое строение. В узлах кристаллической решетки находятся атомы или ионы. На внешней оболочке атома находятся валентные электроны, а свободные не входят в состав определенного атома или иона (рис. 1). Они более активны, чем валентные, и имеют более высокий уровень энергии.

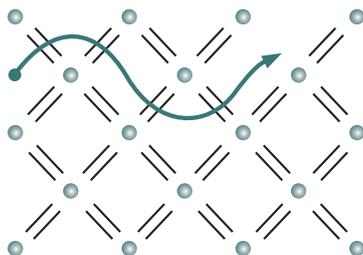
Если валентный электрон получит извне тепловую или световую энергию, то он может быть выбит из оболочки атома и стать свободным, а на его месте останется незаполненная валентная связь – **дырка** (рис. 2).

¹ В слове «диод» префикс «ди» имеет значение «два (полюса)» (биполярность диода), а корень «од» происходит от греческого «hodos», что значит «путь».



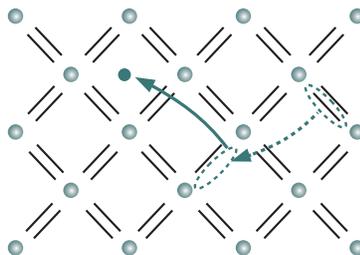
Свободные и валентные электроны

Рис. 1



● – атом; ● – движущийся свободный электрон; — — — — — общая пара электронов, связывающая атомы в кристаллической решетке; ● – электрон в зоне проводимости; — — — — — электроны в валентной зоне

Рис. 2



Когда валентные электроны (— — — — —) покидают атом, они становятся свободными (●). Там, где они находились (○), остаются дырки



Светодиоды – полупроводниковые элементы с высокой продолжительностью работы и низкой ценой, поэтому они широко используются для освещения домов и в светофорах. Кроме того, они активно применяются в качестве подсветки в компьютерах, смартфонах и мобильных телефонах.

При движении электронов от полупроводника *p*-типа, обладающего дырочной проводимостью, к полупроводнику *n*-типа, с электронной проводимостью, происходит поглощение света. В противоположном направлении при движении электронов происходит излучение света. Именно такое излучение используется в светодиодах (рис. 3).

Разница в уровне энергии между полупроводниками *n*- и *p*-типа определяет цвет излучаемого или поглощаемого света: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый.

Японцы, получившие Нобелевскую премию по физике

Светодиоды имеют довольно долгую историю. Уже в начале XX века было обнаружено, что если через полупроводник из карбида кремния (химическая формула – SiC) пропустить электрический ток, то он начнёт светиться. Связь между поведением электронов внутри вещества и испускаемым свечением невозможно было объяснить классической физикой – **учением об электромагнетизме Максвелла**.

Учёные начали изучать поведение электронов внутри атомов и молекул – именно так появилась и сформировалась квантовая физика. Основываясь на этих знаниях, в 1960-е годы учёные создали красные, зелёные и жёлтые светодиоды. Однако, как известно, свет – это сочетание трёх основных цветов, то есть красного, зелёного и синего. Поэтому нужно было изобрести ещё **синий светодиод**, что было сопряжено со сложностями. Массовое производство синих светодиодов, светивших непрерывно и стабильно, при этом имея высокую эффективность, началось благодаря трем лауреатам Нобелевской премии по физике 2014 года – профессору университета Мэйдзэ Исаму Акасаки, профессору университета Нагои Хироси Аmano и профессору Калифорнийского университета в США Сюдзи Накамуре.

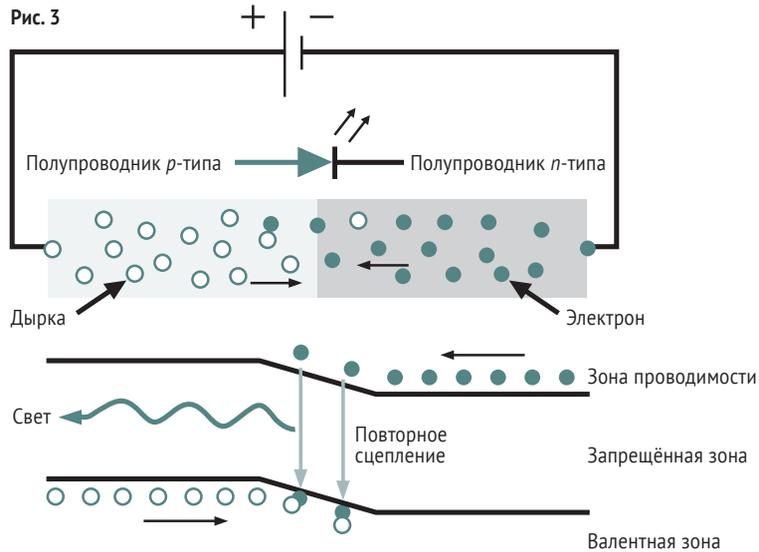
Важность карбида кремния

Если взглянуть на историю освещения, то первым поколением источников света были костры и свечи, вторым – электрические лампочки, третьим – люминесцентные лампы, а четвёртый этап завершился светодиодами.

В начале XX века в ореоле славы сияли первые светодиоды из карбида кремния. В то время этот материал в достаточном количестве могли добыть только из метеоритов. Сейчас, в XXI веке, карбид кремния научились создавать искусственно, и его создание является ключевым в технологии силовой электроники.



Как светятся светодиоды



Силовая электроника занимается транспортировкой электроэнергии. Эта технологическая отрасль имеет отношение к преобразованию, управлению и снабжению электроэнергией. Конечно, даже светодиоды не будут работать, если не будут подключены к источнику питания. Силовая электроника обеспечивает экономичность (энергосбережение, экономию ресурсов, высокую эффективность) и удобство пользования (маленький размер, вес, высокую функциональность), устраняет причины нестабильностей, поэтому пользователи всегда ожидают товары хорошего качества.

В самом сердце этой отрасли – **карбид кремния**.

Нынешняя сверхкомпьютеризированная цивилизация, в которой информация, энергия и вещество становятся одним целым, является одним из главных трендов на пути к XXII веку.

Почему светодиод светит?

(См. рис. выше.)

При прямом включении светодиода дырки и электроны двигаются навстречу друг другу и соединяются в зоне соприкосновения полупроводников *p*-типа и *n*-типа. Когда происходит это соединение, уровень энергии электронов уменьшается, и они выбрасывают лишнюю энергию в виде света.

Глобальное потепление происходит из-за инверсионных следов самолётов? Перистые облака и галактические космические лучи

Связь перистых облаков, галактических космических лучей и Солнца

11 сентября 2011 года в США были совершены террористические акты, в результате чего авиаперелёты были запрещены на три дня. В эти дни практически не было инверсионных следов самолетов, и температура в США изменилась на 1–2 °С. На следующий день, 12 сентября, пролетело несколько военных и транспортных самолётов, и следы от шести самолётов за несколько часов разрослись в перистые облака, занявшие в совокупности до 20 тыс. км².

Перистые облака действуют как «нагреватели»: они не дают уйти в космос инфракрасным лучам с Земли и удерживают это тепло в атмосфере. С другой стороны, есть теория об их охлаждающем свойстве: они отражают энергию, излучаемую Солнцем. На нынешнем этапе изучения облаков невозможно сказать, какое из этих свойств сильнее.

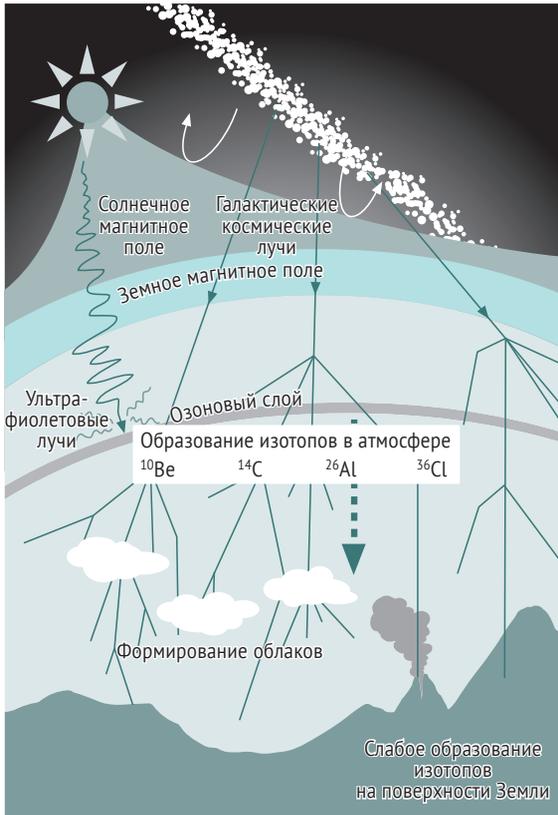
Кстати, солнечные пятна, возникающие на поверхности Солнца, имеют сильное локальное магнитное поле, что приводит к активизации поверхности Солнца. Был период, когда солнечные пятна почти не появлялись. Отрезок времени с 1645 по 1715 год называется **минимумом Маундера**. Температура понизилась, из-за чего в Скандинавии и других северных странах не смогли собрать урожаи пшеницы и картофеля, у людей из-за недоедания ослаб иммунитет, что привело к распространению заразных болезней и миллионам погибших. Даже сейчас, в XXI веке, мы всё ещё боимся повторения минимума Маундера.

Земля окружена солнечным магнитным полем, и обычно оно играет роль щита, защищая Землю от проникновения галактических космических лучей. Если ослабнет солнечная активность, ослабнет и его магнитное поле, и галактические космические лучи прорвутся к Земле, столкнутся

Реактивные инверсионные следы создают перистые облака, из-за чего происходит глобальное потепление.



Взаимодействие галактических космических лучей и атмосферы



В периоды усиления солнечной активности солнечное магнитное поле становится сильнее, а проникающих в земную атмосферу галактических космических лучей становится меньше. В результате сокращается уровень образования бериллия-10 (Be) и углерода-4 (C). Изменение количества образования бериллия по сравнению с прошлым периодом позволяет учёным оценить активность Солнца.

Происхождение галактических космических лучей

В нашей галактике светит от 200 до 400 млрд звёзд. Если в звезде кончается материал для термоядерного синтеза, она умирает. Когда умирает большая звезда, происходит большой взрыв. Заряженные частицы, исторгнутые взрывом, с чудовищной скоростью движутся в пространстве, образуя галактические космические лучи.

с атмосферой и достигнут поверхности Земли. Произойдет ионизация атмосферы, ионизированные частицы станут ядрами конденсации водяного пара, и нижний слой облаков увеличится. Они будут отражать энергию, излучаемую Солнцем, и на Земле станет гораздо холоднее.

При этом галактические космические лучи проникают также и внутрь Земли, активизируют магму, что приводит к извержениям вулканов. Вулканический дым достигает стратосферы, препятствуя проникновению солнечных лучей, что приводит к похолоданию.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) отрицает влияние галактических космических лучей на климат. Необходимо продолжать исследования, чтобы понять, как связаны потепление, вызванное парниковыми газами (углекислым газом и метаном), и похолодание, вызванное галактическими космическими лучами, как влияют реактивные самолёты на перистые облака и как всё это проявится в будущем.

Надежда человечества – покинуть Землю и улететь в космос! Шестое массовое вымирание

Развитие цивилизации ведёт к массовому вымиранию

За пятьсот миллионов лет существования жизни на Земле произошло пять массовых вымираний. Их ещё называют «Большой пятёркой» (см. стр. 23). Следующее, шестое массовое вымирание на самом деле уже началось. Предки всех современных людей примерно 200 тыс. лет назад проживали в Африке и были немногочисленны. Примерно 120 тыс. лет назад часть этой группы переселилась в Юго-Западную Азию, а затем распространилась по всей планете. Переселение людей привело к вымиранию таких огромных травоядных животных, как мамонты и пещерные медведи. Нас же, современных людей, можно и вовсе назвать самыми страшными убийцами. Многие амфибии: лягушки, тритоны, саламандры, – дожив до настоящего времени, находятся под наибольшей угрозой вымирания. Согласно подсчётам скорость их вымирания превышает фоновую (при нормальных условиях) в 45 тысяч раз.

Есть и другие виды животных, скорость вымирания которых приближается к амфибиям. Треть каменных кораллов, треть акул и скатов, треть пресноводных моллюсков, четверть млекопитающих, одна пятая рептилий, одна шестая птиц, а также половина растений находятся на грани исчезновения. Во времена динозавров, в Мезозойскую эру, вымирал примерно один вид раз в 1000 лет, а сейчас, по приблизительным оценкам, вымирает до 40 тысяч видов в год (*Элизабет Колберт. Шестое вымирание. Неестественная история. М.: Corpus, 2019*).

Характерной особенностью нынешней цивилизации является то, что семена растений могут разноситься на более дальние расстояния. Но, с другой стороны, разнообразные препятствия, которые мы чиним их распространению: дороги, участки земли для строительства, города, различные плантации, – все они приближают массовое вымирание.

Для нас, современного человечества, надежды уже нет? Надежда есть в космосе. Пусть человечество и человеческая цивилизация стремятся в космос, а другие существа, обитающие на Земле, живут сами по себе!

Эволюция жизни на Земле – это чередование крайне длинных периодов мирного существования и крайне редких периодов массового вымирания. Сейчас начинается шестое вымирание.



Важнейшие события за всю историю существования жизни (500 млн лет)

Период	Эра	Количество лет до настоящего времени (единица – 1 млн лет)	Событие
Четвертичный период	Кайнозой	Настоящее время	Начало ледникового периода
Неоген (новый третичный период)			Первые крупные человекообразные обезьяны
Палеоген (старый третичный период)		50	Антарктический ледяной покров, образование ледников Первые приматы Мел-палеогеновое вымирание
Меловой период	Мезозой	100	
Юрский период			Первые цветущие растения Первые птицы
Триасовый период		200	Триасово-юрское вымирание
Пермский период	Палеозой		Пермское вымирание
Каменноугольный период		300	
Девонский период			Первые рептилии Девонское вымирание
Силурийский период		400	
Ордовикский период			Ордовикско-силурийское вымирание Первые наземные растения
Кембрийский период		500	

История «Большой пятёрки», прослеживаемая благодаря морским окаменелостям



Считается, если выживает хотя бы один вид в семействе, то выживает и все семейство. Потери на видовом уровне гораздо больше

Существует ли внеземная жизнь?

Зоны, пригодные для жизни

Есть ли жизнь на Марсе

Проект «Марс-один» полёта на Марс в один конец спонсируется как телевизионное реалити-шоу. На участие подали заявки 200 тысяч человек, и авторы проекта стремятся в 2025 году осуществить задуманное. НАСА планирует к середине 30-х годов запускать пилотируемые полёты на Марс и обратно.

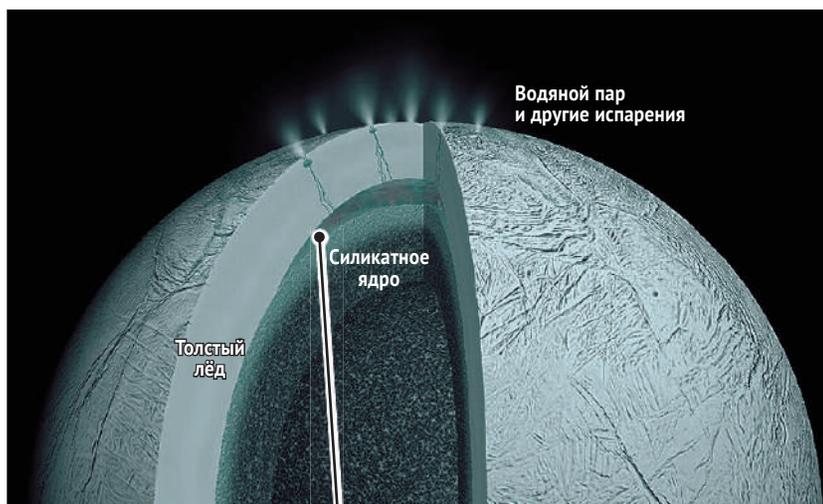
Профессор высшей школы естественных наук Осацкого университета Кадзутсу Сайки предположил, что Марс станет первой планетой Солнечной системы, на которой будут построены города. Однако здесь возникает большая проблема. Во-первых, вероятность зарождения жизни на Марсе значительно выше, чем на Земле. Земля изначально была вся покрыта морем, а на Марсе была и суша. Нуклеотиды, которые образуют ДНК, состоят из азотистого основания, сахара и фосфатной группы, которые связываются при потере жидкости. Значит, жизнь могла появиться на побережье моря, после того как морская вода, накатывающая на берег, станет высыхать. Если это так, то жизнь впервые зародилась на Марсе. При столкновении с астероидом или другим небесным телом частицы жизни, приземлившись на улетающем метеорите, могли достичь Земли. В 2015 году Россия провела демонстрационный эксперимент, показывающий, что это возможно. Эта теория называется литопанспермия (лито – от греческого «камень»). Если это так, то мы, человечество Земли, вернувшись на свой родной Марс, пойдём по своему, оригинальному пути развития, загрязним окружающую среду и там, и закончится всё это массовым вымиранием жизни на Марсе.

Согласно ещё одной распространенной теории, жизнь зародилась в гидротермальных источниках в глубинах морей. Исходя из этой теории, внимание стоит обратить на гигантский ледяной спутник Юпитера Европу и на спутники Сатурна Энцелад и Титан. Сторонники этой теории утверждают, что под поверхностью, покрытой льдом, на морском дне, могут быть подводные вулканы и гидротермальные источники, которые могут служить основой для зарождения жизни.

Обсуждение планов о миграции на Марс и поиске жизни на планетах земной группы сейчас в самом разгаре, теме же поиска внеземной жизни ещё только предстоит стать актуальной.



Внутреннее устройство Энцелада (схематическое изображение)



Источник: НАСА / Лаборатория реактивного движения (ЛРД)

Подземное море

На спутнике Сатурна, Энцеладе, есть гидротермальная среда (см. изображение выше)

Группа исследователей из Японии, США и Европы подтвердила, что на покрытом толстым слоем льда спутнике Сатурна, Энцеладе, в подземном море есть среда, в которой могли бы обитать живые организмы. Этим подтверждением стали мелкие, в диаметре всего лишь несколько стомиллионных долей дюйма, частицы, содержащие диоксид кремния. Диоксид кремния может быть незаменимым источником энергии при питании живых существ, и предполагается, что он циркулирует благодаря гидротермальным источникам на дне подземного моря Энцелада.

Поиск жизни на планетах земной группы

В 1995 году была обнаружена первая планета за пределами Солнечной системы. В 2009 году для обнаружения в галактике Млечный Путь планет земной группы был запущен **космический телескоп Кеплер**. Сейчас, в 2015 году, НАСА объявило, что почти у каждой звезды, которую мы видим в ночном небе, есть своя планета.

Примерно 15–20 % звёзд имеют планеты земной группы. И сейчас очень популярны попытки найти жизнь в таких пригодных для проживания зонах. Для этого ведётся спектральное наблюдение за атмосферой планет за пределами Солнечной системы. Учёные пытаются найти так называемые **биомаркеры**, например сосуществующие кислород и метан, при обнаружении которых повышается вероятность обнаружения жизни. Мы все ожидаем открытий в этой сфере.

Доминирующая во Вселенной темная материя

Неопознанное вещество Вселенной

Тёмная материя – это гипотетическая форма материи. Она не видна глазу, но определённо существует. Можно сравнить её с преступным миром, который мы тоже не видим, хотя он есть.

Первым человеком, обнаружившим существование тёмной материи, стал в 1930-х годах швейцарский астроном Фриц Цвикки. Он измерял массу скопления галактик двумя способами.

Первый – способ оптической массы. Измеряется яркость галактик, входящих в скопление. Второй – способ механической массы¹. Здесь масса скопления галактики вычисляется, исходя из скорости движения галактик. Оказалось, что механическая масса намного больше оптической. То есть можно сказать, что невидимая тёмная материя занимает 70–80 % всей массы скопления галактик.

В 1970-е годы американский астроном Вера Рубин, изучая вращение галактики Андромеда, предположила наличие в ней **тёмной материи**.

В 1986 году была открыта крупномасштабная структура Вселенной. Если оценить время, за которое могла быть образована эта структура, то оказывается, что оно намного больше, чем рассчитанное по закону Хаббла от 10 до 20 млрд (см. стр. 126).

Общей массы космоса не хватает для образования такой структуры, необходимо наличие невидимой тёмной материи.

Существование тёмной энергии

В 2003 году НАСА для наблюдения за космическим фоновым излучением запустило космический аппарат WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), и благодаря этим наблюдениям обнаружилось, что если сложить

Существование тёмной материи можно подтвердить, наблюдая, как влияет её гравитация на движение небесных тел, однако наблюдать саму тёмную материю мы пока не можем. Но она точно существует.

¹ Чем быстрее движутся галактики внутри скопления галактик, тем большая гравитация требуется, чтобы удержать галактики вместе. Поэтому, зная среднее значение скоростей движения галактик, можно вычислить массу всего скопления галактик.



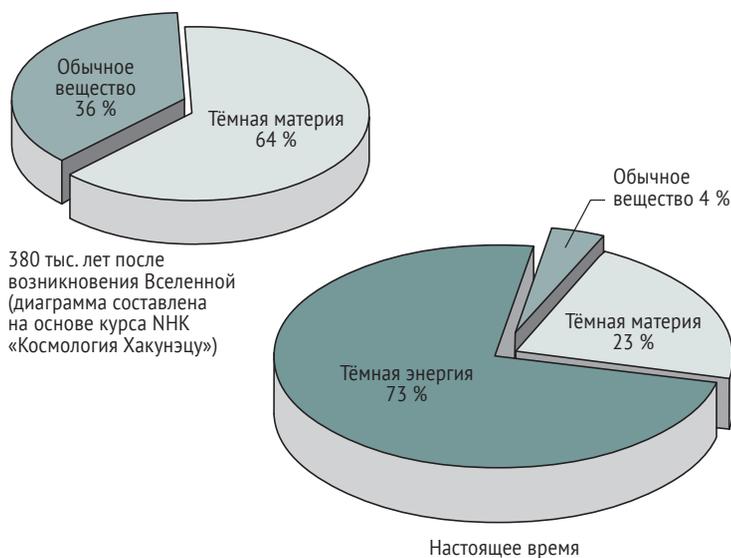
массу всех видимых в космосе звёзд и газа, то получится всего **4 % от массы**, необходимой для создания Вселенной!

Для того чтобы компенсировать оставшиеся 96 %, тёмной материи также оказывается недостаточно, поэтому очевидно, что здесь задействована ещё и тёмная энергия, открытая в 1998 году.

Существование тёмной энергии было обнаружено во время измерения скорости расширения Вселенной. Учёные наблюдали за взрывами сверхновых и обнаружили, что во время взрыва сверхновой типа Ia Вселенная расширяется с ускорением. За это открытие в 2011 году была вручена Нобелевская премия по физике.

Такое ускорение могло быть вызвано только наличием ранее неизвестной тёмной энергии. Дальнейшие тщательные исследования показали, что спустя примерно 7 млрд лет после Большого взрыва Вселенная начала расширяться с ускорением. Сможем ли мы идти в ногу с ускоренным расширением Вселенной, активно развивая и расширяя нашу космическую цивилизацию?

Изменение в составе строительного материала космоса



Истинная природа Вселенной

Частица Бога, бозон Хиггса

Бозон Хиггса и Большой адронный коллайдер (БАК)

Бозон Хиггса, моментально ставший знаменитым как «частица Бога», был теоретически открыт примерно 50 лет назад преподавателем Брюссельского свободного университета Франсуа Энглером и почётным преподавателем Эдинбургского университета Питером Хиггсом.

Йоитиро Намбу открыл механизм спонтанного нарушения симметрии, согласно которому должны существовать частицы, двигающиеся со скоростью света, но не имеющие массы, совсем как призраки. Однако на самом деле они имели массу, которая затрудняла их свободное передвижение.

В 2008 году Йоитиро Намбу получил Нобелевскую премию по физике за открытие механизма спонтанного нарушения симметрии, а 5 июля 2015 года он умер.

После того как существование бозона Хиггса было доказано теоретически, начали проводиться различные эксперименты, чтобы доказать его существование на практике. Наконец, в июле 2012 года, когда Европейский центр ядерных исследований (ЦЕРН) проводил опыты со столкновением протонов в большом адронном коллайдере (БАК), **были обнаружены бозоны Хиггса**. После получения этого результата Энглер и Хиггс в 2013 году получили Нобелевские премии по физике.

В БАК пучок протонов движется по окружности длиной в 27 км по часовой и против часовой стрелки, и в четырёх местах они сталкиваются. При столкновении протонов появляется множество вторичных частиц. Именно среди них и искали бозон Хиггса.

Из примерно 2 тыс. триллионов таких столкновений было обнаружено около 1000 кандидатов на бозон Хиггса (рис. 1). Эксперименты проводились в двух группах, а результаты сравнивали.

Япония внесла значительный вклад в решение задачи выбора одной субатомной реакции из триллиона столкновений. Невозможно записать данные о реакции на каждое из триллиона столкновений. Выбор произ-

Открытие и анализ «частицы Бога», бозона Хиггса, может помочь нам разрешить загадки Вселенной и понять, откуда мы пришли и куда придём.

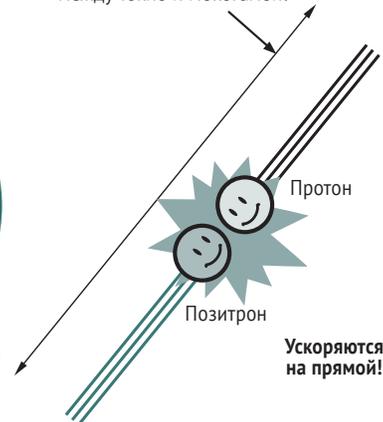


Способы обнаружения бозонов Хиггса

Рис. 1 БАК
Размером с кольцевую линию
электричек Яманотэ!



Рис. 2 МЛК
Длина – как расстояние
между Токио и Йокогамой!



водился сразу после пересечения лучей. Он должен был быть строгим, но если он слишком строгий, то вы не сможете исследовать природу бозона Хиггса. Сохранять баланс было сложно. Чтобы найти такое редкое явление, нужно было создать высокоэффективный измерительный прибор, над созданием которого трудились около 3000 исследователей из 38 стран.

В БАК можно не только найти ответ на вопрос, почему элементарные частицы обладают массой, но и решить загадку подлинного характера тёмной материи, а также создать маленькие чёрные дыры. Однако и у БАК есть предел.

Во-первых, протон состоит из более мелких элементарных частиц. Хитоси Мураяма, директор физико-математического института имени Кавли в Токийском университете, сказал: «Эти столкновения частиц под названием протоны – всё равно, что столкновение двух дайфуку¹». То, что мы на самом деле хотим видеть, – это столкновение бобов из этой начинки. Но вокруг только паста. И даже если дайфуку могут столкнуться, заставить столкнуться бобы мы пока не можем. Как иногда трудно увидеть то, что так хочется!

Ещё одна проблема БАК – **движение по окружности**. При поворотах частицы начинают светиться и таким образом теряют энергию. Это приносит проблемы. Необходимо постоянно снабжать их огромным количеством энергии. Как только эта сложность была преодолена, в БАК смогли обнаружить бозоны Хиггса.

¹ Дайфуку – виды японских сладостей, начиненных сладкой пастой из бобов адзуки. – Прим. перев.

Поиски партнёров бозонов Хиггса в международном линейном коллайдере (МЛК)

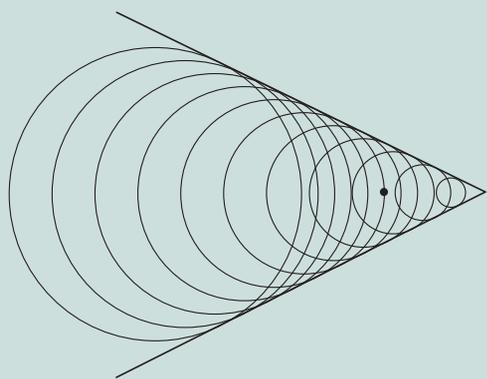
Директор Мураяма указывает, что у бозонов Хиггса должно быть множество «родственников». Хотя, восхищаясь бозоном Хиггса, его называют частицей Бога, но на самом деле он скорее частица богов. Сейчас обнаружено 17 видов элементарных частиц, включая бозон Хиггса. Как в зеркальном отражении, каждому бозону соответствует частица-партнёр, своеобразный теневой воин. Международный линейный коллайдер (МЛК) создавался для того, чтобы эту частицу можно было вырвать за один раз, как сорняк.

МЛК представляет собой туннель на глубине ~100 м, идущий горизонтально по прямой, длина его – примерно 30 км (это почти такое же расстояние, как между Токио и Йокогамой). В этом тоннеле протоны и позитроны движутся с ускорением, придающим им скорость, близкую к скорости света. Они сталкиваются в центре, и там могут быть рождены родственные бозону Хиггса **теневые частицы** (стр. 29, рис. 2).

Возможно, среди родственников бозону Хиггса теневого частиц скрывается и тёмная материя. Если мы хотим создавать тёмную материю, то для этого идеально подойдёт МЛК. С его помощью мы сможем воссоздать первое мгновение после Большого взрыва до одной триллионной доли секунды, и даже триллионную долю от этого числа, и даже триллионную долю от этого нового числа. Так мы сможем увидеть сущность Вселенной, словно изображённую на буддистской мандале. С помощью МЛК мы сможем понять, откуда мы пришли и куда придём в конечном итоге. Однажды мы сможем обменяться представлениями о Вселенной и с теми, кто придерживается **теории антропного принципа** (стр. 130), отличного от описанного выше, и таким образом упорядочить все наши взгляды. Свет надежды на будущее для наших детей и внуков позволит этому осуществиться.

2

Мир физики
Энергия
движения, тепла
и электричества



Причины хлыстовых травм

Закон инерции (первый закон движения)

В законе инерции важно «сохранение»

Если с объектом, пребывающим в неподвижности, ничего не делать, он продолжит быть неподвижным. Это известно всем, не так ли?

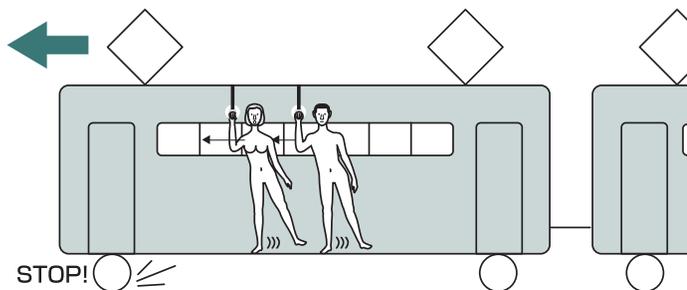
Однако не понятно, сколько сможет двигаться пришедший в движение объект, если снаружи на него не действуют совсем никакие силы. Раньше считалось: чтобы объект продолжал двигаться, к нему нужно постоянно прикладывать силу. Ведь повозка, запряжённая лошадьми, продолжает двигаться именно благодаря тому, что лошади продолжают бежать. Однако лошади работают, чтобы преодолеть замедление из-за трения поверхности земли и сопротивления воздуха.

В законе инерции важно **сохранение**. Неподвижный объект будет стремиться сохранить состояние покоя, а движущийся – равномерное движение. Как раз чтобы изменить это состояние, нужна сила, нарушающая это состояние, придающая ускорение. Однако объект, не желая изменений, тоже сопротивляется, иначе говоря, отчаянно стремится сохранить прежние привычки. Это и есть **инерция**.

Когда поезд резко тормозит, ноги стоящих пассажиров, соприкасающиеся с полом, замедляют скорость вместе с поездом. Однако верхняя часть тела, на которую никакая сила не действует, по закону инерции наклоняется вперёд с прежней скоростью поезда.

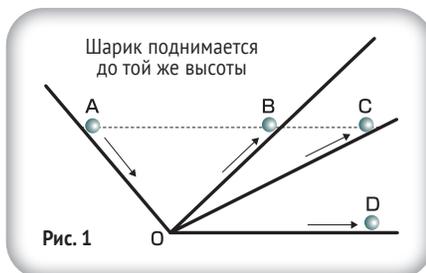
Возникает разность скоростей между верхней и нижней частями тела, верхняя – стремится вперёд, поэтому человек наклоняется (см. рисунок →). Рассмотрим случай, когда автомобиль сталкивается с другим и резко теряет скорость. Поскольку величина инерции объекта пропорциональна его массе, то она особенно сильно действует на голову, тяжёлую и слабо поддерживаемую. Такое движение головы по инерции может привести к хлыстовой травме.

Если на объект не действует внешняя сила, то он либо сохраняет состояние покоя, либо продолжит прямолинейное движение с постоянной скоростью.



Если поезд резко останавливается, то по закону инерции верхняя часть тела пассажира движется вперёд, и человек наклоняется

Закон инерции



Те, кто работал над законом инерции

За пределы определения, данного закону инерции Галилео Галилеем (1564–1642), вышел Рене Декарт (1596–1650). Он считал этот закон одним из законов механики. Затем Исаак Ньютон (1642–1727) вписал его в свою систему, где он получил название первого закона движения. Сейчас этот закон называют «законом Ньютона», что не совсем справедливо.

О существовании инерции узнали благодаря наклонной поверхности

Первым человеком, обнаружившим существование инерции, был Галилео Галилей. Он заметил, что шарик, который столкнули по наклонной поверхности из точки А в точку О, оттолкнувшись, стал подниматься вверх и, независимо от угла наклона, докатился до точки В или С на той же высоте, что и точка А (см. рисунок ↑).

Если постепенно уменьшать наклон поверхности и довести его до горизонтальной линии OD, то шарик, как далеко бы ни улетел, не смог бы достичь высоты точки А, вечно продолжал бы движение и вечно вращался бы вокруг Земли. Однако было бы ошибкой предположить, что это круговое движение с постоянной скоростью.

Как спортивный автомобиль делает рывок

Уравнение движения (второй закон движения)

Ускорение спорткаров

Спортивные автомобили оснащены мощными двигателями, и это одна из причин, почему они могут делать рывок. Другая причина – всю машину делают лёгкой. Если сказать то же самое на языке физики, то рывок, или ускорение объекта (спортивного автомобиля в данном случае), пропорционально мощности его двигателя, или, иначе говоря, силе, приложенной к объекту, и обратно пропорционально его массе. А так как машина лёгкая, то ускорение может быть больше.

Второй закон движения

Этот закон движения открыл Ньютон. Именно поэтому он называется **вторым законом движения Ньютона** (или уравнением движения). Кроме того, этот закон идёт в паре с изложенным в предыдущей главе первым законом движения Ньютона (законом инерции). В предыдущей главе описываются случаи, когда никакие внешние силы не воздействуют на объект, здесь же – когда к объекту приложены силы.



$$a = \frac{f}{m},$$

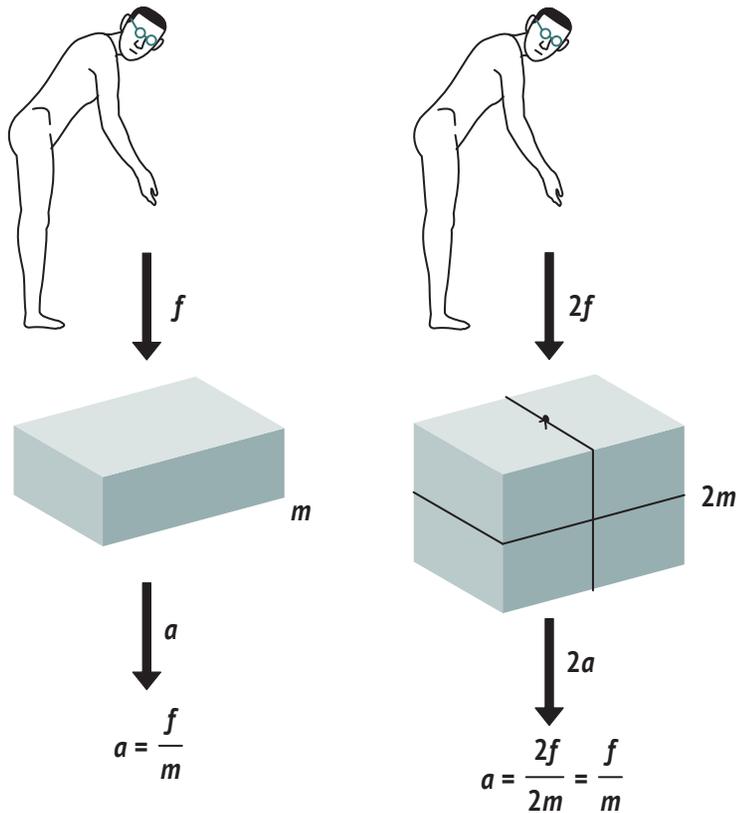
или $f = ma,$

где
 f – сила, действующая на объект;
 m – масса объекта;
 a – ускорение

Ускорение объекта прямо пропорционально силе, приложенной к объекту, и обратно пропорционально его массе. Направление его движения – в ту же сторону, куда направлена и приложенная сила.



Ускорение одинаково и для одного кирпича, и для двух



При свободном падении и одного, и двух кирпичей отношение f к m остаётся постоянным. Значит, постоянным остаётся и ускорение.

Диапазон применения второго закона движения Ньютона

Согласно второму закону движения Ньютона, если к телу прилагать постоянную силу, то оно будет ускоряться, и в какой-то момент его скорость превысит скорость света. Это противоречит принципу постоянства скорости света теории относительности (стр. 46). Диапазон применения второго закона Ньютона ограничивается теми случаями, когда скорость объекта низка относительно скорости света. Предметы, окружающие нас в повседневной жизни, движутся гораздо медленнее скорости света – 300 тыс. км/с. Поэтому если в уравнение Ньютона подставить численные значения, погрешность будет небольшой. Конечно, если скорость объекта начнёт приближаться к скорости света, лучше использовать уравнение движения из теории относительности.

Толкучка в переполненном поезде

Закон действия и противодействия (третий закон движения)

Наука переполненных поездов

Никто из нас не любит толкучку в переполненных поездах, но всё же, пожалуйста, представьте себе эту сцену. Вас толкает другой человек, и вы сами случайно толкаете соседа. Сосед, стараясь не упасть, толкает вас, начинает работать сила ответного толчка, и вы сохраняете равновесие.

Это называется **законом действия и противодействия**, или же третьим законом движения уже известного нам Ньютона.

Закон действия и противодействия работает во многих случаях

Везде, где действует сила, обязательно существует отношение действия и противодействия. Например, рыба плавниками отталкивает воду назад, а вода, давя на рыбу в ответ, продвигает её вперёд. Ветер качает ветви деревьев, а когда ветви давят на ветер в ответ, он издаёт свист.

Шины автомобиля давят на дорогу, а дорога давит на шины, поэтому машина продвигается вперёд. Ракета при взлёте выпускает струю газа, отталкивается от него, а затем этот газ выталкивает ракету вверх (см. рисунок →). Когда в результате взаимодействия объектов возникает ускорение, важно, происходит это внутри системы¹ или вне её. Если объекты взаимодействуют внутри системы, то силы действия и противодействия равны по величине и направлены в противоположные стороны; они нейтрализуют друг друга, и ускорения не происходит.

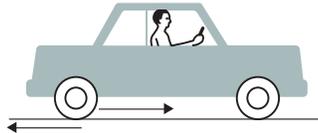
Как только одна часть этой системы начинает действовать вне её, силы действия и противодействия больше не нейтрализуют друг друга, появляется **ускорение**.

Как только один объект начинает прилагать силу ко второму (действие), второй в ответ прилагает к первому такую же по величине, но противоположно направленную силу (противодействие).

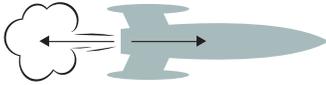
¹ Система – объекты с постоянным взаимодействием или взаимосвязью.



Различные примеры действия и противодействия



Действие: шины давят на дорогу
Противодействие: дорога давит на шины

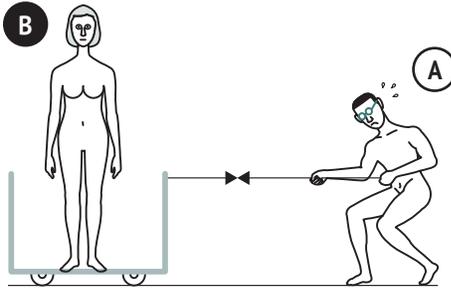


Действие: ракета толкает газ
Противодействие: газ толкает ракету



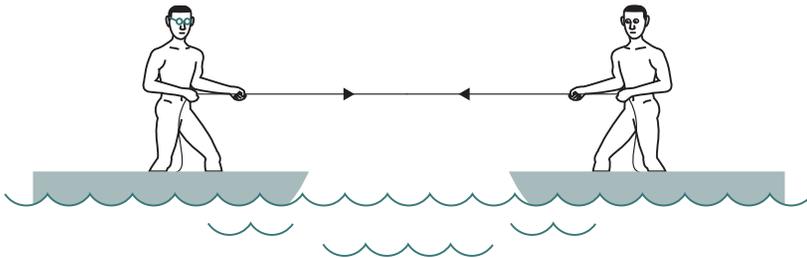
Действие: земля притягивает мяч

Противодействие: мяч притягивает землю



Если А тянет В, то В получает ускорение и начинает двигаться. В отталкивает А в ответ, но это влияет только на А, а не на самого В. Здесь В находится в одной системе, а А тянет В извне этой системы. Поэтому сила, приложенная к В, не компенсирует силу, приложенную к А. Чтобы придать ускорение и А, и В, нужна внешняя сила. Например, если сделать пол скользким, то трение между обувью А и полом будет небольшим, и они могли бы двигаться одновременно

Если двое людей, стоящих в двух разных лодках, будут перетягивать канат, то они начнут двигаться с одинаковой скоростью, если у лодок и людей будет одинаковая инертная масса.



Золотое правило механики

Принцип работы

Экономия силы для выполнения работы

Работа в широком смысле – это любая активная деятельность человека. В физическом же смысле, если к объекту приложена сила и он начинает двигаться, говорят, что сила совершает работу, или объект получает работу от внешней силы. Такая физическая концепция работы, или, точнее, её первое, смутное, понимание, случилось в древности, в эпоху, когда создавались мегалитические памятники – сооружения из огромных каменных глыб. «Великая сила», превышающая человеческую, – это то, что отделило работу в физическом смысле от работы в широком смысле. Ещё раньше, в эпоху охотников-собирателей, люди, работая в команде, могли справляться с такими действиями, необходимыми для пропитания: бросали, всаживали стрелы, поднимали, несли в руках, тянули или взваливали на плечо. С появлением земледелия началась агрессивная борьба за избыточный продукт, в результате которой появились правители, для строительства дворцов и усыпальниц которых необходимы были одновременные усилия десятков и даже сотен человек. Когда человеческой силы не хватало, использовались инструменты: бревно (вал), клин, рычаг, подъёмный блок. Эти устройства называют **простейшими механизмами**.

«Как только нагрузка повышалась, увеличивалась и сила, действующая на каждого рабочего, что делало ситуацию более опасной. Поскольку многие рабочие в то время были из покорённых народов, надзирателем для них выбирали их же товарища из числа наиболее интеллектуально выдающихся (руководители таким образом могли хорошо повысить производительность труда), и надзиратели, стараясь максимально облегчить труд своих товарищей, изобрели простейшие механизмы» (*Масару Ватанабэ*. История повседневной физики. Изд-во Тоёсётэн).

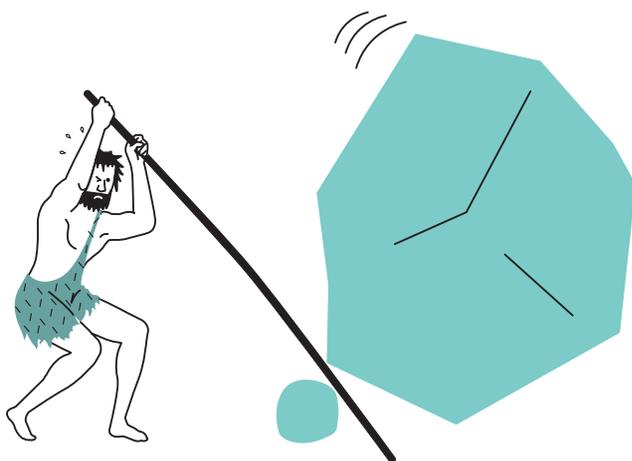
Древние греки, используя такие приспособления, смогли значительно сэкономить силы.

Используя инструменты и механизмы, можно увеличить силу или расстояние перемещения, но объём работы не уменьшится:

(объём работы) = (количество силы) × (расстояние перемещения).



Принцип работы, создающей «великую силу», превышающую человеческую



Принцип работы

Работа (Дж) = величина силы (Н) × пройденное расстояние (м).

Сила постоянна, и её направление совпадает с направлением движения тела

Концепция энергии

Энергия показывает, какую максимальную работу может совершить тело. Работа по-гречески – «эргон». Прибавим к этому префикс «эн», и получится «энэргон», который в немецком языке превратится в «Energie», в английском – в «energy», а в русском – в «энергию». Сама концепция энергии была принята в середине XIX века. Когда энергия становится работой, обязательно происходит выделение теплоты. Это второй закон термодинамики, или, иными словами, закон увеличения энтропии (неопределенности). О первом законе вы сможете прочитать на стр. 51. А согласно третьему закону, при абсолютном нуле (см. стр. 53) энтропия становится равна нулю.

«Если вы уменьшите силу вдвое, расстояние, пройденное силой, увеличится тоже вдвое. Силу сбережь получается, но произведение силы и расстояния перемещения останется тем же».

Золотое правило механики

Закон, согласно которому **произведение силы и пройденного расстояния является постоянным**, называют **золотым правилом механики**. Он пришёл в Европу из арабских стран. В первой половине XIX века французский инженер Гаспар-Гюстав Кориолис (1792–1843) предложил воспринимать работу как одну из физических величин. С ним был согласен и профессор физического факультета Парижского университета Жан-Виктор Понселе, который предложил для неё единицу измерения «км × м». Таким образом, понятие и количество выполненной работы (Work Done) были установлены в качестве физической величины.

Какой закон неосознанно используют бильярдисты?

Закон сохранения количества движения

Количество движения в физике

О количестве движения в повседневной жизни говорят так: «Ты, наверное, в последнее время мало двигаешься. Как-то ты располнел». В физике у него есть чёткое определение – это произведение массы и скорости. Когда вы ловите быстро летящий мяч, то, поймав его, ощущаете боль, а если он летит медленно, то вам небольно. Если скорость одинакова, то менее больно будет ловить более лёгкий мяч для пинг-понга, чем бейсбольный мяч. Другими словами, количество движения, которое можно называть также интенсивностью движения, или импульсом, связано как со скоростью, так и с массой. Количество движения сохраняется, если на объект не воздействует внешняя сила.

Сохранение количества движения, особенно во время столкновения, находит применение в обычной жизни.

Закон движения в бильярде

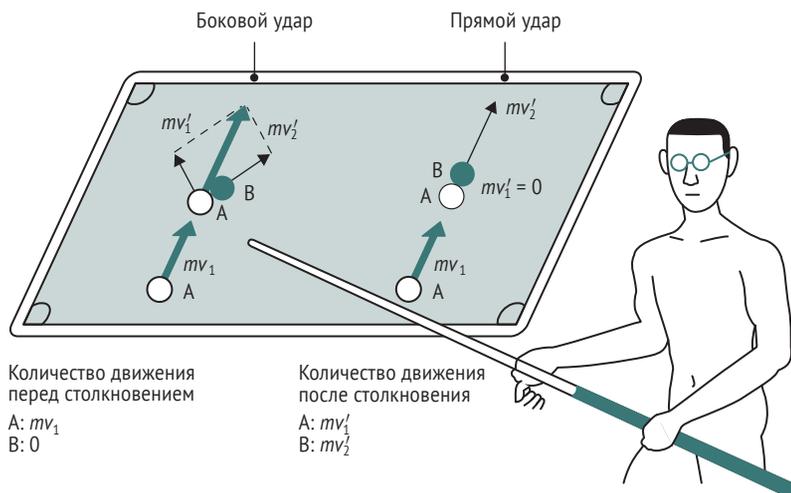
В бильярде постоянно происходят столкновения шаров. Если в неподвижный шар В ударится шар А, находящийся прямо за ним (прямой удар), то шар А остановится, а шар В с такой же скоростью продвинется вперёд. Если удар приходится не в центр (боковой удар), то шары А и В начинают двигаться под прямым углом, и количество движения и – поскольку масса остаётся неизменной – их скорость рассчитываются по правилу параллелограмма. Это связано с тем, что и скорость, и сила – это не просто величины, но величины, имеющие направление, – векторы (см. рисунок →).

Однако в бильярде бывает, что движущиеся после столкновения шары сталкиваются с другими, а бывает, что и нет. И это делает наблюдение за игрой гораздо интереснее.

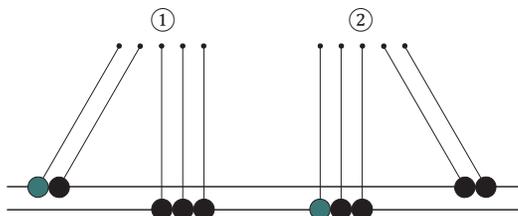
Количеством движения называют произведение массы объекта на его скорость. Если на объект не действует внешняя сила, то количество движения этого объекта сохраняется. Полное количество движения системы, где взаимодействуют два и более объектов, также сохраняется, если на нее не действуют внешние силы.



Закон движения в бильярде



Эксперимент, иллюстрирующий закон сохранения количества движения



На рис. 1 показано состояние перед столкновением, а на рис. 2 – после столкновения. Сколько шариков бросить, столько же и поднимется

Что такое упругий удар?

Ещё одно условие, определяющее взаимосвязь между движением бильярдных шаров до и после столкновения, – это материал, из которого сделаны сталкивающиеся объекты. Основным материалом для изготовления бильярдных шаров считается слоновая кость, которая почти не деформируется и не выделяет тепла. Такое столкновение называют упругим ударом, и для расчета движения после него достаточно только закона сохранения количества движения.

Является ли удар упругим, зависит от значения коэффициента упругости e : если $e = 1$, то это полностью упругий удар; если $e = 0$, то это полностью неупругий удар; если $1 > e > 0$, то это неупругий удар. Сумма кинетических энергий двух объектов до и после столкновения не изменяется, если $e = 1$, и уменьшается из-за столкновения, когда $e < 1$.

Кстати, столкновение молекул газа – это тоже полностью упругий удар.

Почему в тормозной системе машины используется масло?

Принцип Паскаля

Принцип Паскаля используется для торможения автомобилей

Текучая среда, о которой говорится в принципе Паскаля, – понятие, нечасто встречающееся. Это общее название жидкостей и газов. Сила давления – это сила, приложенная к единице площади.

Например, по принципу Паскаля, если к площади в 2 см^2 приложить силу в 2 кг, то сила в 1 кг действует на каждый квадратный сантиметр, то есть к поперечному сечению площадью в 100 см^2 будет приложена в общей сложности сила в 100 кг. Имея исходную силу всего в 2 кг, можно увеличить её до 100 кг. Как можно не использовать это свойство (см. рис. 2)?

В частности, принцип Паскаля можно применять и для торможения автомобилей.

В автомобильных тормозах используется масло

Работа тормозов заключается в том, чтобы к вращающимся колёсам или колёсным осям прикладывалась сила, препятствующая вращению, в результате чего происходит снижение скорости. В качестве такой силы в воздушных тормозах используется накопленное в воздушном резервуаре давление сжатого воздуха, но чаще всё же используются масляные тормоза (гидравлические).

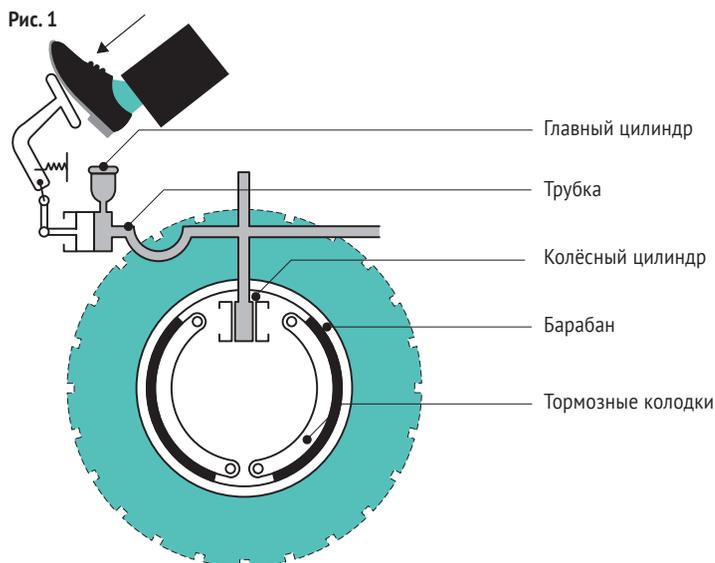
В гидравлических тормозах, когда водитель давит на педаль тормоза, открывается подача масла, которое проходит по трубопроводу, и усилие, в несколько десятков раз большее, передаётся в тормозные колодки и в равной степени распределяется на все колёса (см. рис. 1).

По такому же принципу работает и гидравлический домкрат. Блез Паскаль известен своим изречением «Человек – всего лишь тростник, слабейшее

Давление, которое оказывается на жидкость или газ, передается в каждую точку жидкости или газа без изменений. То есть передача давления во всех направлениях происходит одинаково.



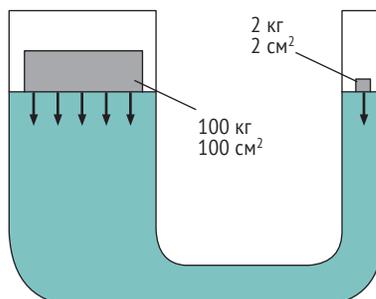
Устройство гидравлического тормоза



из творений природы, но он – тростник мыслящий». Мог ли он даже мечтать о том, что его открытие будет использоваться таким образом?

В 31 год Паскаль упал с кареты и ушёл в монастырь, и там, как «мыслящий тростник», увлёкся размышлениями и писательством. Научной деятельностью он занимался только до этого происшествия.

Рис. 2 Принцип Паскаля



В обоих случаях сохраняется баланс
1 кг / 1 см²!

Опыты Блеза Паскаля (1623–1662)

Ученик Галилео Галилея, Эванджелеста Торричелли, наполнил стеклянную трубку длиной в 1 м, закрытую с одного конца, ртутью, другой её конец зажал пальцем и перевернул в контейнер с ртутью. Часть ртути из трубки вылилась, а затем, на высоте примерно 76 см, остановилась. Он считал, что вес ртути поддерживается благодаря атмосферному давлению. Это принцип барометра. Паскаль заинтересовался этим опытом и решил повторить его самостоятельно. Он попросил шурина доставить необходимое оборудование на вершину горы, где наблюдал за изменением атмосферного давления, чем доказал его существование. Название единицы давления Па (Паскаль) – в честь него. В дальнейшем Паскаль углубил опыт, привёл дополнительные выводы, которые и стали принципом Паскаля позже.

Почему тяжёлый самолёт парит в воздухе?

Теорема Бернулли

Сила воздушной тяги

Случалось ли вам почувствовать притяжение от проезжающих мимо скорых поездов?

Откуда же оно берётся? Из-за **вязкости** (свойства текучих тел оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой) при движении объекта воздух начинает двигаться вместе с ним, как будто приклеенный. Воздух, находящийся на некотором расстоянии от объекта, притягивается и тоже начинает двигаться в этом же направлении.

Почему тяжёлые самолёты летают

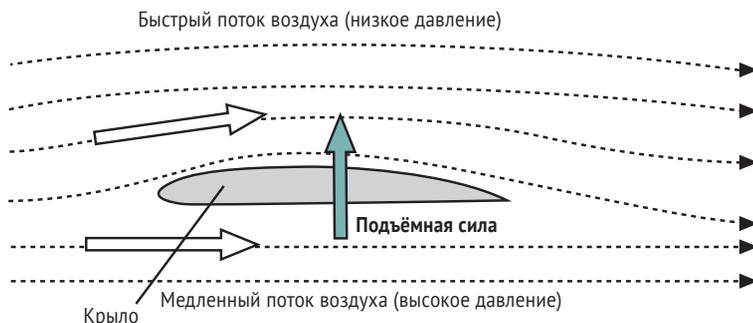
Воздух рядом с мчащимся поездом начинает двигаться примерно с такой же скоростью и в том же направлении. Однако для человека, который стоит на противоположной стороне платформы, воздух остаётся неподвижным, и давление остаётся равным 1 атмосфере. Согласно теореме Бернулли: **чем выше скорость потока, тем ниже давление, и наоборот, чем ниже скорость, тем выше давление**. На той стороне платформы, рядом с которой проходит поезд, воздух двигается быстрее, и давление меньше 1 атмосферы. Из-за этой разницы в давлении нас и притягивает к поезду.

Тяжёлые самолёты держатся в воздухе по той же причине. В верхней части крыльев скорость течения воздуха выше, чем в нижней, поэтому и давление ниже. Благодаря этой разнице в давлении возникает подъёмная сила, которая поддерживает самолёт, позволяя ему скользить в воздухе (см. рисунок →).

Чем выше скорость потока, тем ниже давление, и чем ниже скорость, тем выше давление.



Почему тяжёлые самолёты могут летать?



Потоки воздуха сверху и снизу крыла

Там, где скорость потока большая, давление меньше
Там, где скорость потока мала, давление больше

Формула теоремы Бернулли

$$\rho gh + p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{const}$$

ρ – плотность текучей среды
 g – ускорение свободного падения
 h – высота от произвольной горизонтальной поверхности
 p – статическое давление текучей среды
 v – скорость течения

История дома Бернулли

Семья Бернулли переехала из голландской Фландрии в Швейцарию. Из этой семьи вышло множество выдающихся учёных и деятелей искусства. Начиная с конца XVII века примерно за 100 лет в этой семье появились 8 известных математиков. Одним из них и был Даниил Бернулли.

Теорема Бернулли

Теорема Бернулли является одним из основных законов гидродинамики. Формула, выражающая этот закон, довольно сложна (см. рисунок ↑). Изложенная выше теорема «Чем выше скорость потока, тем ниже давление, и чем ниже скорость, тем выше давление» фактически выводится из теоремы Бернулли.

Сама же теорема была обнаружена в 1738 году Даниилом Бернулли.

Пирамида науки XX века

Специальная теория относительности и общая теория относительности

Принцип относительности Эйнштейна на основе принципа постоянства скорости света

Часто встречающееся в повседневной жизни явление, когда один наблюдатель стоит неподвижно, а второй – совершает прямолинейное движение с постоянной скоростью относительно него, называют **инерциальной системой**.

Альберт Эйнштейн утвердил существование специальной теории относительности, одним из принципов которой является то, что законы физики в различных инерциальных системах принимают одну и ту же форму. Принцип относительности Галилео Галилея (стр. 118) относился только к механике, Эйнштейн же расширил его применение.

Эйнштейн утвердил и другой принцип – **принцип постоянства скорости света**. Предпосылками к выработке этих принципов стало наблюдение за системой, осуществляющей прямолинейное движение с постоянной скоростью по отношению к наблюдателю. Эйнштейн предположил:

- одновременность относительна;
- время расширяется (идет медленнее);
- пространство сжимается.

Такие предположения были удивительными, и принять их было не так-то легко.

Кстати, закон преобразования, который сделал бы неизменными механику Ньютона и электромагнетику Максвелла, найти невозможно.

Мне кажется, что это открытие Эйнштейна стало символом распада великой Британской империи, которую создали Ньютон и Максвелл. Электромагнетику Максвелла Эйнштейн считал примитивной. А механика Ньютона нуждалась в пересмотре.

Среди всего того, что нужно было пересмотреть, самым центральным пунктом оказалась масса.

Теория относительности – это теория о том, как наблюдатели, находящиеся в разном состоянии движения, воспринимают одинаковые явления.



Когда скорость объекта приближается к скорости света, его масса увеличивается. Работа, проделанная силой, или, иначе, энергия, накапливается в виде массы. Отсюда выводится закон сохранения массы и энергии (эквивалентности).

Эйнштейн хотел покончить с собой?!

Альберт Эйнштейн хотел покончить с собой, спрыгнув с высоты. Вы, наверное, подумали, что я о чём-то странном вдруг упомянул. Так вот, читайте дальше.

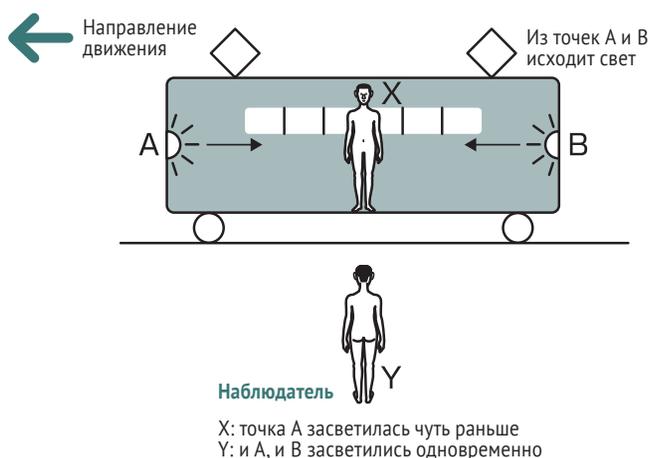
С момента, когда мир услышал о специальной теории относительности, прошло два года. В 1907 году Эйнштейн хвастался своей новой идеей, называя её самой лучшей за всю свою жизнь. Его интересовало, перестанет ли человек ощущать свою тяжесть, если будет падать под действием гравитации.

С тех пор, как Галилей бросал с наклонённой Пизанской башни предметы, прошло 300 лет. Эйнштейн думал о том, что произойдёт, если оттуда полетит человек, – и представлял себя на месте этого человека.

Вы можете не понять, почему он считал эту идею «самой лучшей». Попробуйте представить, что вы, встав на весы, сразу же спрыгнули с высоты.

Посмотрите, на весах сейчас ноль! То есть вы можете испытать невесомость. Только прошу вас, не повторяйте этот опыт самостоятельно!

Эйнштейн провёл два мысленных эксперимента (такие эксперименты, в которых человек не участвует лично) – с лифтом в свободном падении после обрезания тросов и с лифтом, который с ускорением тянут



вверх, – и именно из них вывел то, что мы сегодня называем общей теорией относительности, – эквивалентность гравитации и ускорения.

Для нынешних людей, которые часто ездят на лифтах, эти эксперименты хорошо понятны. Когда лифт опускается, мы чувствуем лёгкость, а когда он поднимается вверх, мы чувствуем, что нас как будто придавливает к полу.

Несогласующиеся космология и теория относительности

Как можно видеть по рис. 2 и 3, в той части пространства-времени, где есть гравитация, то есть работает ускорение, свет изгибается. В 1917 году, когда была провозглашена общая теория относительности, многие верили, что Вселенная статична, не расширяется и не сужается. Однако из уравнения общей теории относительности эту статичность вывести не получалось. Эйнштейн, находящийся в затруднении, добавил космологическую постоянную, компенсирующую эффект гравитации. Однако спустя 12 лет Хаббл зафиксировал расширение Вселенной (см. стр. 122), и Эйнштейн назвал космологическую постоянную «самой большой ошибкой человечества», отказался от неё, и про неё быстро забыли. Однако в 1998 году она снова эффектно заявила о себе. Было обнаружено, что Вселенная расширяется с ускорением (см. стр. 27). Всё же была сила, которая компенсировала эффект гравитации! Была выдвинута гипотеза о тёмной энергии, и теперь, как только мы поймём истинную природу этой энергии, мы сможем объединить гравитацию и другие природные силы и тем самым осуществить мечту Эйнштейна.

В чём разница между двумя теориями?

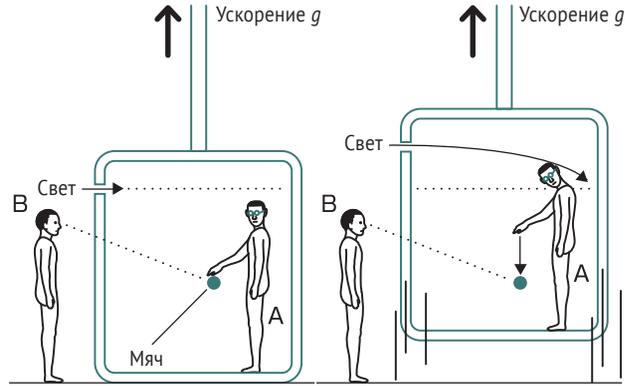
Специальная теория относительности объясняет закономерность движения двух объектов относительно друг друга в одной системе координат при условии неизменной скорости и однородности внешней среды. Другими словами, если взять наблюдателей А и В, то один из них по отношению к другому движется прямолинейно с постоянной скоростью. Главное достижение этой теории – формула $E = mc^2$.

Общая теория относительности – наблюдатели двигаются совершенно свободно и по скорости, и по направлению движения. Главное достижение этой теории – гравитационная линза, возникшая из эффекта Эйнштейна.



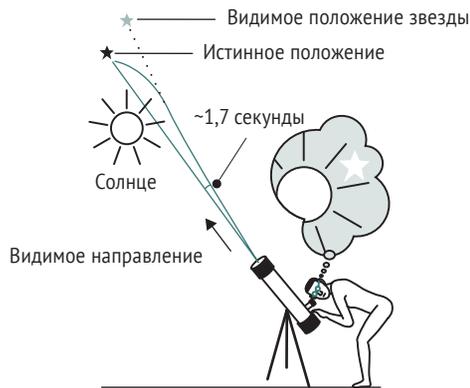
Рис. 2

Что такое невесомость?



Наблюдатель A: мяч падает с ускорением g . Свет изгибается!
 B: мяч парит в воздухе. Свет идёт прямо!

Рис. 3 Отклонение лучей света гравитационным полем



Это также называют **эффектом Эйнштейна**

«Вечное возвращение» Ницше основано на этом законе?! Закон сохранения энергии

Механическая энергия неизменна!

Существует несколько разновидностей энергии: механическая, электромагнитная, тепловая и т. д. Закон сохранения механической энергии открыл Галилео Галилей.

Он проводил опыт с маятником (см. рис. 1), в ходе которого выяснил, что при возвратно-поступательном движении маятника от одной точки до другой его высота в начале и в конце движения обязательно остаётся одинаковой. Это он назвал **принципом маятника**. В самой высокой точке маятника – самая большая потенциальная энергия, и поскольку в это мгновение маятник не движется, его кинетическая энергия равна нулю.

Когда маятник движется к самой низкой точке, потенциальная энергия уменьшается, а кинетическая, наоборот, увеличивается. В самой низкой точке потенциальная энергия равна нулю, а кинетическая достигает своего максимума. Во время движения маятника в любой момент сумма потенциальной и кинетической энергий – механическая энергия – является постоянной и неизменной.

Это и называется законом сохранения механической энергии. Этот закон используется в гидроэнергетике и в американских горках в парках развлечений (см. рис. 2).

Закон сохранения электромагнитной энергии

Закон сохранения электромагнитной энергии доказывает такой опыт: соединяют заряженный конденсатор и катушку индуктивности. Конденсатор начинает разряжаться через катушку, энергия электрического поля уменьшается, пока не достигнет нуля. В это же время ток, проходящий в катушке, создает магнитное поле, которое увеличивается и становится наибольшим, когда конденсатор разрядится. Энергия передаётся

В замкнутых системах общее количество энергии остаётся постоянным и с течением времени не меняется.



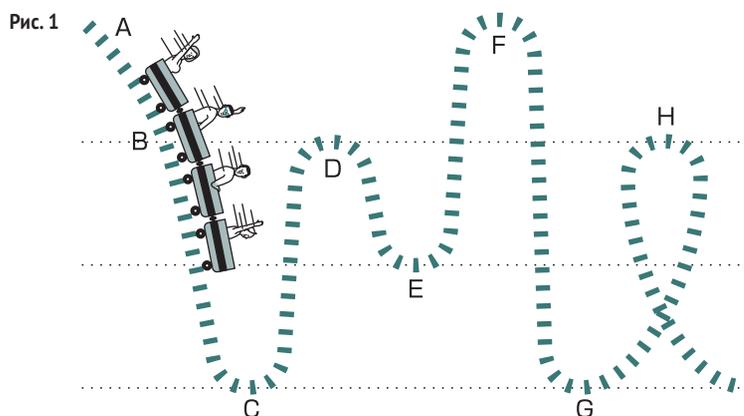
между электрическим и магнитным полем, как и в случае с маятником, и хотя с течением времени количество энергии в разных полях меняется, их общая сумма остаётся постоянной.

Общее количество энергии всегда постоянно

Кстати, о маятнике. «Он же не может вечно раскачиваться, когда-то он должен остановиться?» – спросите вы. Верно! Грузик маятника испытывает сопротивление воздуха, а на основании его подвески действует сила трения, поэтому движение затухает. Энергия тоже уменьшается, однако это происходит потому, что часть её преобразуется в тепловую энергию, происходит отдача теплоты, а общее количество энергии, включая тепловую, остаётся неизменным.

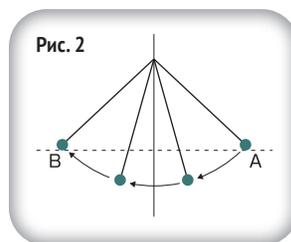
Таким образом, какого бы вида ни была энергия, её часть обязательно преобразуется в тепло и будет отдана наружу. Если посчитать общее количество энергии, включая эту отданную, то оно всегда будет оставаться постоянным. Этот закон сохранения энергии называют также **первым законом термодинамики**.

В гидроэнергетике из-за разницы в уровнях воды потенциальная энергия преобразуется в кинетическую, которая в генераторе, в свою очередь, преобразуется в электрическую.



Механическая теория в американских горках

Сначала пассажиры в американских горках поднимаются вверх с помощью подъёмного механизма (катапульты), а затем продолжают движение только за счёт инерции. Источник движущей силы в самой высшей точке – только потенциальная энергия. Скорость определяется лишь высотой, поэтому, например, в точках В, D и H, хоть направление и отличается, скорость одинакова.



В погоне за идеальным двигателем

Теорема Карно

Цикл Карно, дающий максимальный коэффициент полезного действия

В начале XIX века Франция ожесточённо и долго боролась с Англией за гегемонию в Европе и в конце концов проиграла. Причиной поражения считалась отсталость промышленности, поэтому один патриот начал работу над созданием **парового двигателя**. Это был Николя Леонар Сади Карно (1796–1832). Он размышлял, как максимально увеличить движущую силу в тепловом двигателе, и обнаружил два типа передачи тепла. Первая – теплопередача сопровождается изменением объёма, в этом случае тепло совершает работу, выражаемую как «изменение объёма × давление».

Вторая – теплопередача при соприкосновении объектов с высокой и низкой температурами, тепло передается от теплого объекта в холодный. Однако это нельзя назвать работой.

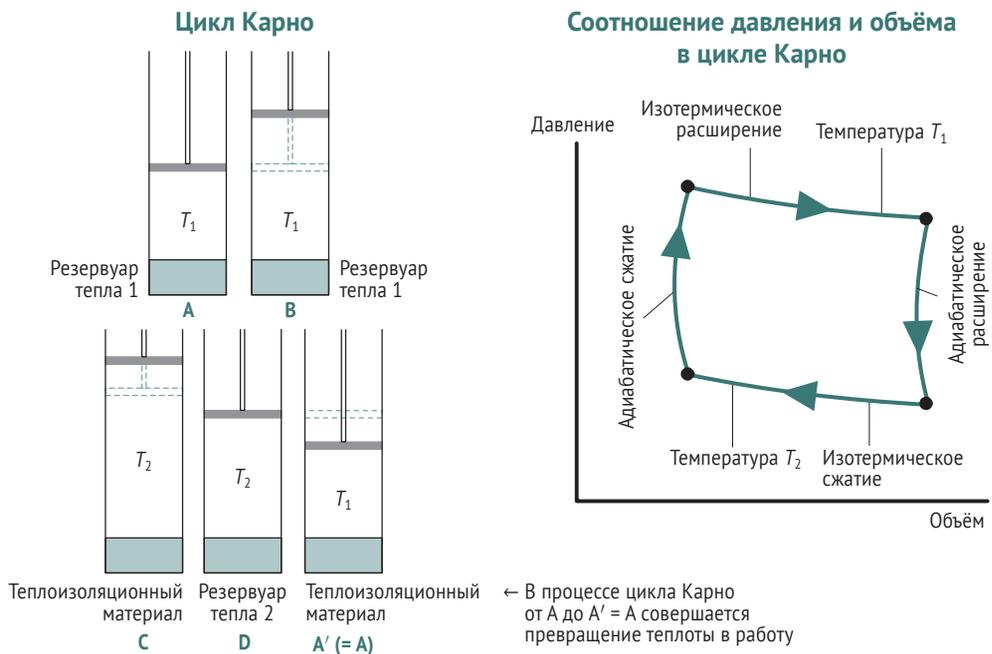
Поэтому для увеличения движущей силы теплового двигателя не подходит второй тип теплопередачи из-за разности температур, значит, следует использовать первый – теплопередачу с изменением объёма. Чтобы воплотить это на практике, Карно придумал процесс, называемый циклом Карно, – способ работы идеального двигателя. Сначала газ в цилиндре достигает температуры (T_1), одинаковой с температурой теплового резервуара 1, снабжающего его теплом (см. рисунок →). Происходит изотермическое расширение газа, поднимается поршень, и совершается работа, двигатель переходит в состояние В. Газ изолируется от теплового резервуара 2 с низкой температурой (температура T_2) с помощью теплоизоляционного материала; вход и выход тепла приостанавливаются, и поршень поднимается выше.

Тогда тепло распространяется на больший объем, поэтому температура газа падает. Это называется **адиабатическим расширением**. Если этот процесс осуществляется быстро, то происходит охлаждение. Так, например, работают холодильники.

Идеальный двигатель благодаря движению одного и того же количества тепла (элемента) производит одну и ту же работу, и её величина определяется только температурой.



Таким образом температура понижается до T_2 , и после прихода к состоянию С газ соприкасается с резервуаром тепла 2, сохраняется температура T_2 , поршень медленно опускается. Газом совершается некоторая работа и отдается тепло, эквивалентное произведенной им работе. Его внутренняя энергия не претерпевает изменений. Процесс происходит при меньшей температуре, поэтому и давление газа меньше, а значит, и совершаемая работа меньше, чем на предыдущем шаге. На последнем оставшемся участке вновь используется теплоизоляция. Поршень опускается. При сжатии его температура повышается, после чего и объём, и температура возвращаются в исходное положение А. Именно этот цикл Карно происходит в идеальном двигателе с максимальным КПД.



Признанные заслуги Карно

Работа Карно не сразу привлекла внимание, и только уже после его смерти, в 1834 году, ещё один француз, Клапейрон, оценил по достоинству труды Карно, придал математическую форму его идеям и ввёл в термодинамику графический метод – индикаторные диаграммы, в частности предложил систему координат p - V . Однако и это не привлекло внимание людей. Наконец, в 1854 году англичанин Уильям Томсон признал важность работы Карно и представил её широкой общественности, а Кельвин, основываясь на цикле Карно, создал так называемую «абсолютную шкалу температур».

Почему в ванную нельзя ставить электрическую стиральную машину

Закон Ома

Что такое закон Ома?

Закон Ома можно просто объяснить, сравнивая электрический ток с течением воды.

Представьте себе, что с высокого места вода через трубку течёт вниз.

Высота, с которой падает вода, – это электрическое напряжение, поток воды – электрический ток, а то, насколько трубка мешает свободному течению воды, – сопротивление. Концепция сопротивления может быть немного непонятной. Держите в голове, что **чем тоньше эта трубка**, тем труднее воде течь, тем **больше сопротивление**.

Чем выше электрическое напряжение, тем больше ток, то есть сила тока пропорциональна напряжению, и чем больше сопротивление, тем сложнее току течь, то есть сила тока обратно пропорциональна сопротивлению.

Роль заземления особенно важна

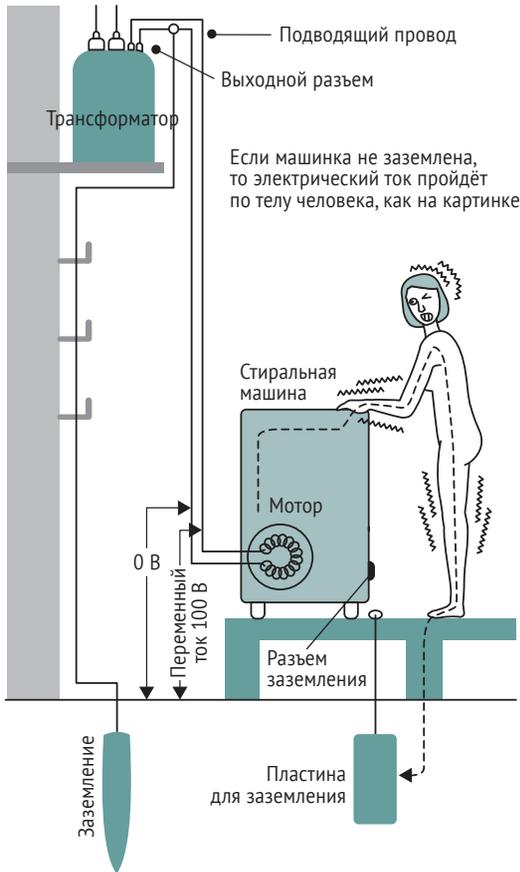
В стиральной машине и других электроприборах подводящие провода всегда покрыты изолятором. Если это покрытие по какой-либо причине исчезнет, то человек, являющийся проводником, коснувшись металлической части этого провода, получит удар электрического напряжения.

Сопротивление человеческого тела зависит от влажности его тела: если поверхность рук и ног будет покрыта потом или водой, сопротивление будет мало.

Поскольку напряжение постоянно, а сопротивление мало, то по закону Ома сила тока будет большой.

Как правило, человек умирает, если по сердцу пройдет ток силой в 0,1 А.

Сила электрического тока (в амперах) пропорциональна электрическому напряжению (в вольтах) и обратно пропорциональна электрическому сопротивлению (в омах).



Именно поэтому в ванную комнату или другое место с повышенной влажностью не стоит ставить стиральную машину.

Впрочем, если вы заземлите стиральную машину, то это не так страшно. Большая часть тока пойдет через заземляющий провод с низким сопротивлением, и по человеческому телу с гораздо более высоким сопротивлением протечет очень небольшой ток.

Формула закона Ома

$$\text{Вольт} = \text{ампер} \times \text{ом},$$

или

$$\text{Ампер} = \text{вольт} / \text{ом}$$

Закон Ома отрицали 15 лет

Закон Ома очень понятный и, можно даже сказать, очевидный. Однако когда немецкий физик Георг Симон Ом (1789–1854) в 1826 году провозгласил его, закон отрицали и игнорировали в течение 15 лет. Во-первых, в то время электроприборов совсем не было, а всё электричество использовалось в экспериментальных лабораториях, для научных демонстраций, или наблюдалось в природных явлениях, таких как гроза. Люди не были близко знакомы с электричеством.

Сама суть открытия Ома была малопонятна, но, кроме того, его открытие было воспринято с предубеждением, потому что Ом был учителем в гимназии, не являлся учёным, да и эксперимент провёл с помощью школьного оборудования. Достижения Ома в конце концов через Французскую научную академию стали известны английским учёным, и в 1841 году Ому была присуждена высшая премия королевского общества – премия Кобли, и только после этого его приняли и в немецкое учёное общество.

Копирование благодаря статическому электричеству

Закон Кулона

Как возникает статическое электричество

Человечество обнаружило существование статического электричества уже давно. В Греции ещё до нашей эры было обнаружено: если янтарь потереть тканью, то появятся маленькие искорки. Затем, в конце XVII века, этому явлению дали название «статическое электричество», и началось его изучение.

А примерно с середины XVIII века стали использоваться полноценные электрические генераторы, которые имели вращающийся изолятор. Генератор был изобретен сознательно, а вот изобретение аккумуляторной батареи, способной запасать большое количество произведённого электричества, произошло случайно во время опыта, в ходе которого пытались электричество поймать в банку.

Изобретение аккумуляторной батареи произошло независимо в Германии и в Голландии в 1745 и 1746 годах, так что можно сказать, что просто время пришло. С тех пор исследования статического электричества активизировались, благодаря чему электромагнетизм вошел в число точных наук. Закон же был выведен французским инженером и физиком Шарлем Огюстеном де Кулоном.

Формула закона Кулона абсолютно аналогична по форме универсальному закону тяготения (см. стр. 120). Однако почему сила взаимодействия заряженных тел обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, по существу, до сих пор не понятно.

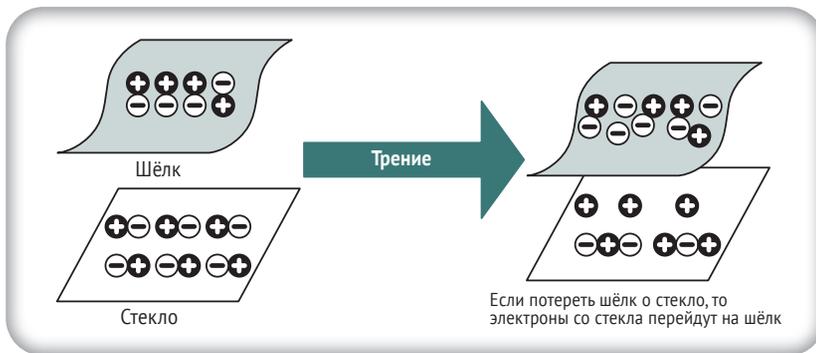
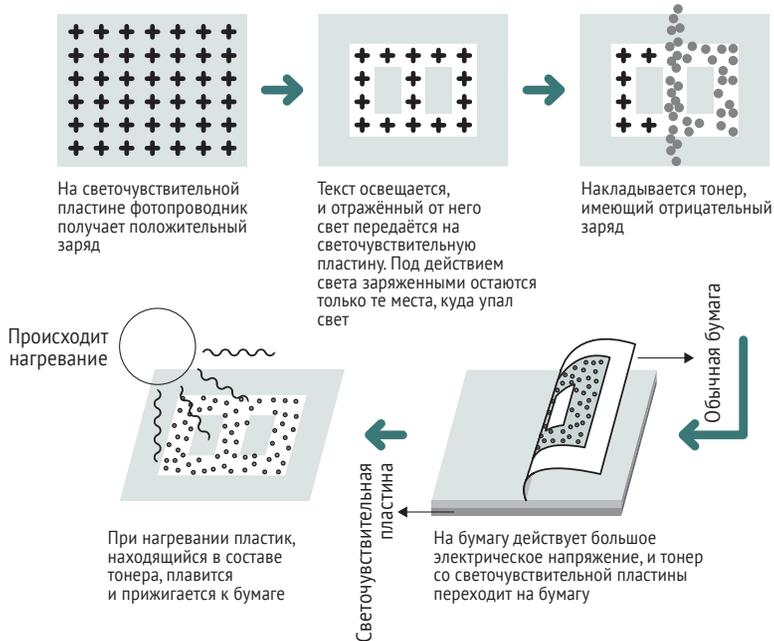
Если потереть два разных предмета друг о друга, то возникнет электричество, однако на самом деле само трение не имеет прямого отношения к возникновению электричества. Смысл здесь заключается в том, что вещества разных видов соприкасаются поверхностями. В результате электроны из одного вещества переходят в другое, и, как показано на рисунке, вещество, которое получило электроны, становится отри-

Сила статического электричества между двумя наэлектризованными объектами пропорциональна произведению количеств заряда каждого объекта и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.



цательно заряженным, а то, откуда электроны ушли, получает положительный заряд. Когда вы снимаете одежду, появляются искры. Происходит выравнивание потенциалов поверхностей. Это явление называется **электрическим разрядом**.

Устройство копировального аппарата



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

F – электростатическая сила; q_1, q_2 – величина зарядов статического электричества; r – расстояние между заряженными телами; k – коэффициент пропорциональности.

Кулон использовал такую же формулу и для измерения магнитной силы. Тогда F – магнитная сила; q_1, q_2 – величина магнитных зарядов; r – расстояние между магнитными полюсами.

Вызывающие ностальгию электронагревательные приборы Закон Джоуля

Существование свободно двигающихся электронов

Вам известны электронагревательные приборы? Нихромовую проволоку с высоким сопротивлением закручивают спиралью, похожей на противомоскитную, и покрывают изолятором, например керамическим. Если пропустить через нее ток, то она покраснеет, а если на проволоку положить моти¹, то она поджарится и разбухнет. Такие нагреватели были очень популярны после поражения в великой восточноазиатской войне², но сейчас их уже почти не встретишь.

Однако в электрических одеялах и в электрических котацу³ используется принцип электронагревателей. Кроме того, в больницах и исследовательских центрах, где имеют дело с летучими медицинскими препаратами, часто используются нагревательные приборы, так как при использовании газа есть опасность воспламенения. Но почему используют материалы с высоким электрическим сопротивлением?

А всё потому, что, согласно закону Джоуля, количество выделяемого тепла пропорционально сопротивлению, то есть чем больше сопротивление, тем больше выделяется тепла.

Почему так происходит? В металлическом проводнике есть много свободных электронов, которые не связаны с атомами, составляющими проводник. Когда к проводнику приложено электрическое напряжение, то такие свободные электроны движутся с ускорением к положительному полюсу. При этом они сталкиваются с атомами металла (точнее, с ионами металла), и движение этих атомов, прежде почти незаметное, становится сильнее. Таким образом часть электроэнергии, полученной от источника питания, превращается в тепловую энергию (см. рисунок →).

Когда люди, собравшиеся в тесном месте, начинают двигаться, становится теплее. И причина этого в том, что там, где трудно пройти (в месте, где есть сопротивление), для этого прохождения нужно осуществить работу, а она преобразуется в тепло.

¹ Моти – шарики из клейкого рисового теста с начинкой внутри. – Прим. перев.

² Период участия Японии во Второй мировой войне (8 декабря 1941 – 15 августа 1945). – Прим. перев.

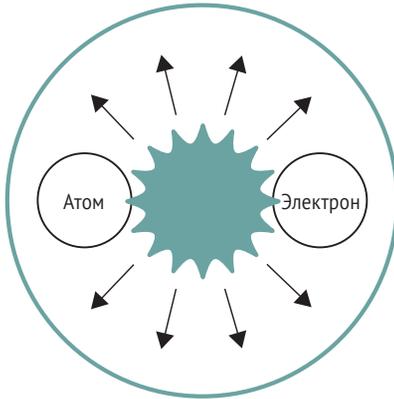
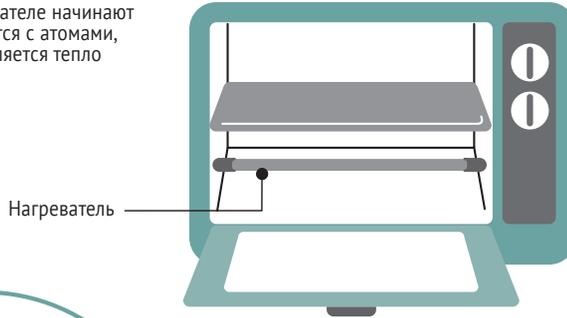
³ Котацу – традиционный японский предмет мебели, низкий деревянный каркас стола, накрытый японским матрасом футоном или тяжёлым одеялом, на который сверху положена столешница. Под одеялом располагается источник тепла, часто встроенный в стол.



Количество тепла (в калориях), выделяющегося в проводнике, по которому пущено электричество, за единицу времени, пропорционально квадрату силы электрического тока (в амперах) и электрическому сопротивлению (в омах).

Как нагревается мини-печь

Когда электроны в нагревателе начинают двигаться, они сталкиваются с атомами, и по закону Джоуля выделяется тепло



Что происходит в нагревателе

$$(\text{калория}) = 0,24 \times (\text{ампер})^2 \times (\text{ом})$$

Закон, рожденный энтузиазмом и умением не поддаваться неудачам

Закон Джоуля был открыт Джеймсом Прескоттом Джоулем (1818–1889). Он был вторым сыном в семье пивовара, изучал атомную теорию на частных курсах Джона Дальтона, а в 20 лет переоборудовал одну комнату в доме под экспериментаторскую, где пытался создать электромагнитный двигатель. В качестве такового должен был выступить простой мотор, работающий от батареи, но в результате его показатели оказались хуже, чем у парового двигателя. Однако Джоуль заметил, что благодаря электрическому току появляется тепло, и в 1840 году сформулировал закон, получивший его имя.

Мягкий фундамент для электрической цивилизации

Закон электромагнитной индукции (закон индукции Фарадея)

Изменяющийся электрический ток создает магнетизм?!

Магнитные свойства электрического тока обнаружил в 1820 году датский физик Ханс Кристиан Эрстед (1777–1851). Этой темой он занимался с 1807 года. Однажды ассистент сообщил ему, что во время проведения опыта при включении-выключении тока магнитная стрелка компаса отклоняется. Эрстеда озарило.

Он понял, что магнетизм создаётся с помощью изменяющегося, а не постоянного тока. Можно подумать, что преимущественное право на открытие принадлежит ассистенту (см. рис. 1). Однако разобрался в том, что означает это открытие, именно Эрстед, и поэтому его признали первооткрывателем. Французский физик Андре-Мари Ампер (1775–1836), после того как прослушал лекции Эрстеда в научном обществе, сразу же начал свои эксперименты и уже через неделю получил результаты. Он протянул параллельно два провода, и если по ним проходил ток в одном направлении, то провода притягивались, а если в противоположном – то отталкивались. Эрстед, а затем Ампер открыли, что **электрический ток действует на магнит, ведёт себя как магнит, то есть электрический ток создаёт магнитное поле** (см. рис. 2).

Майкл Фарадей (1791–1867), самостоятельно изучающий естествознание, решил пойти от обратного: он задался вопросом, а не магнит ли создаёт электрический ток.

Эта идея и породила закон электромагнитной индукции (см. рис. 3). И сейчас этот закон, открытый в 1831 году, используется почти во всем современном электрооборудовании: генераторах, электромагнитных двигателях, громкоговорителях и т. д.

Если магнитные силовые линии, проходящие через катушку, меняются во времени, в катушке появляется ток. Это явление называется электромагнитной индукцией. Создаваемое благодаря электромагнитной индукции напряжение пропорционально скорости изменения магнитного потока.



Рис. 1. 1820 год **Опыт Эрстеда**



Рис. 2. 1820 год **Опыт Ампера**

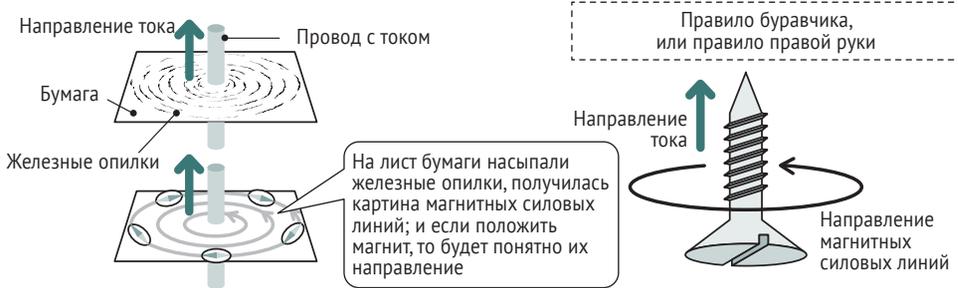
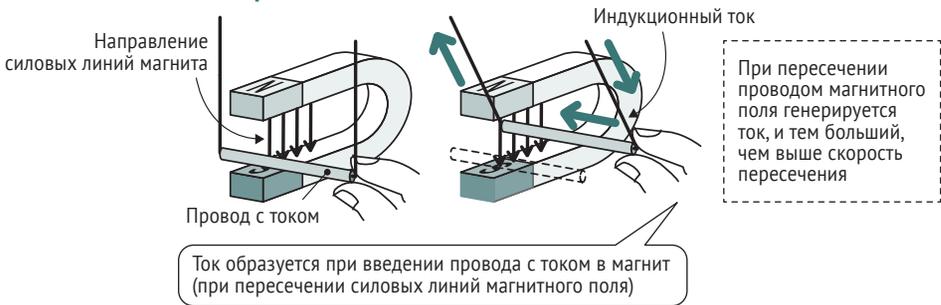
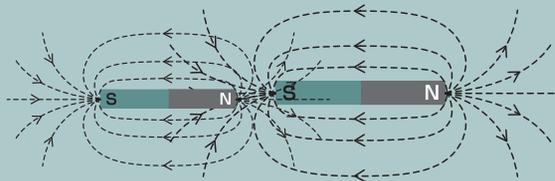


Рис. 3. 1831 год **Опыт Фарадея**



Силовые магнитные линии, создаваемые магнитными стержнями

Если провод намотан на катушку и к катушке подносят или убирают магнит, в катушке появляется электрический ток. Чем быстрее движется магнит и чем больше витков в катушке, тем больше ток. Фарадей для описания этого электромагнитного явления ввёл понятие «магнитные силовые линии», которое закрепил в своём законе.



Мир природы не любит изменений

Правило Ленца

Поэкспериментируйте с магнитным полем электрического тока!

Когда читаете эту главу, держите в голове предыдущую, знакомящую нас с законом электромагнитной индукции Фарадея (см. стр. 60). В катушку вводится северный полюс магнитного стержня. В катушке возникнет индукционный электрический ток (см. рис. 1). Благодаря ему появится магнитное поле, которое препятствует изменению магнитного потока, вызванного движением магнитного стержня. В данном случае северный полюс магнитного поля катушки будет направлен навстречу магнитному стержню. Это и есть правило Ленца. Как же это происходит? Чтобы разобраться, давайте тщательно рассмотрим эксперимент.

Когда в катушку северным полюсом вводится магнитный стержень, в ней создаётся встречное магнитное поле, препятствующее вводу стержня. Поэтому, следуя правилу правой руки Флеминга (см. стр. 64), ток будет течь как на рисунке (см. рис. 2). И наоборот, давайте попробуем отдалить стержень от катушки. Теперь, чтобы помешать этому движению (то есть притянуть стержень к себе), магнитное поле катушки поменяет полюса.

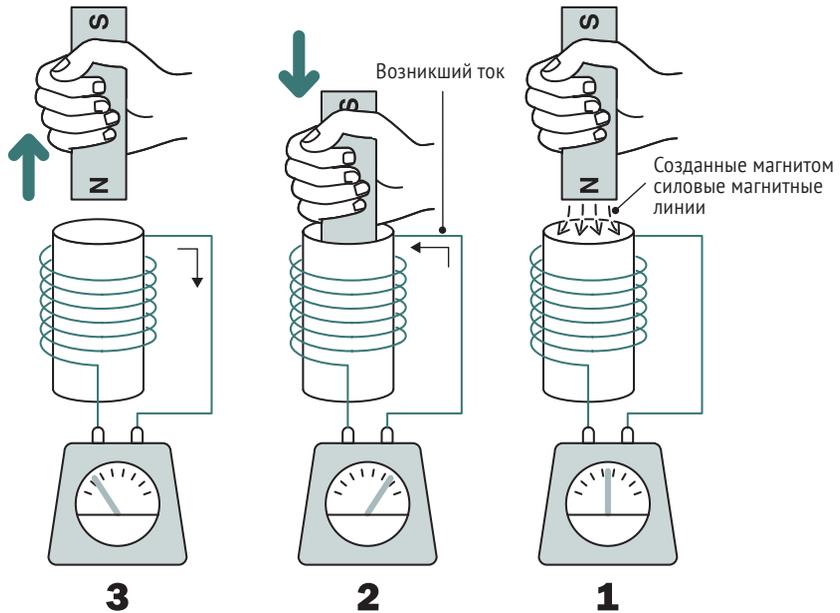
Направление индукционного тока, создавшего это магнитное поле, становится противоположным по сравнению с первым случаем (см. рис. 3). Согласно правилу Ленца, магнитный стержень испытывает сопротивление движению. Чтобы преодолеть это сопротивление и продолжить движение стержня, нужна работа извне. Часть этой работы по закону Джоуля превращается в тепло.

Итак, можно сказать, что правило Ленца доказывает, что мир природы не терпит перемен. Если будут притягиваться одинаковые виды электричества, то возникнет ужасная ситуация, в которой «вселенная потеряет стабильность и распадется на две группы веществ, которые электрически отталкиваются друг от друга» (Сабуро Хонма).

Индукционный ток, появившийся благодаря электромагнитной индукции, будет течь в направлении, препятствующем изменению, ставшему причиной возникновения этого тока.



Базовый опыт с электромагнитной индукцией



3 Если магнит резко вытащить, то начнет течь противоположно направленный ток

2 ← Начинает течь электрический ток, создающий магнитное поле, которое препятствует магнитному полю, вызвавшему индукционный ток

1 ← Когда магнит не двигается, ничего не происходит, но если его резко вставить в катушку, то...

Ленц любил порядок

Эмилий Христианович Ленц (нем. Heinrich Friedrich Emil Lenz) (1804–1865) – русский физик немецкого происхождения, профессор Императорского Санкт-Петербургского университета в России, в 1834 году сформулировал правило, названное его именем. Может быть, он совершил это открытие, потому что был немцем, крайне любящим порядок, и жил в Российской империи, где не любили перемен?

Правая рука – для выработки электроэнергии, левая – для её расхода

Правило правой и левой руки Флеминга

Правило Флеминга с использованием трёх пальцев

Сначала посмотрите на рис. 1. На нём показано устройство, в котором между магнитными полюсами вставлена катушка. На рисунке для удобства показан только один виток катушки. Катушка может вращаться вокруг оси, показанной пунктирной линией.

Если мы говорим о гидроэнергетике, то эту катушку вращает сила воды, а если о тепловой энергетике – то сила тепла. И в ядерной энергетике ядерная энергия кипятист воду, а затем этот пар вращает турбину – то есть, по сути, это тоже тепловая энергетика.

Если магнитное поле, поле силовых магнитных линий, пересекается проводником, то согласно закону электромагнитной индукции появляется индукционный ток.

По правилу правой руки направление силовых линий магнитного поля (B) показывает указательный палец, направление индукционного тока (I) – средний, а направление электромагнитной силы – большой.

Можно легко запомнить так: среднему, указательному и большому пальцам соответствуют ток, магнитное поле и сила. Большой палец – самый сильный, поэтому ему подходит сила. Этот способ запоминания придумал английский физик Александр Флеминг, поэтому его называют правилом правой руки Флеминга.

Вы можете подумать: раз есть правило правой руки, значит, должно быть и правило левой? И это действительно так. Однако оно имеет отношение к электродвигателям (см. рис. 2).

Но почему нельзя показать направление электродвижущей силы левой рукой, а электромагнитной – правой? На самом деле сейчас у науки нет ответа на этот вопрос.

Некоторые учёные избегают ответа на данный вопрос, утверждая, что в природе нет чёткой осевой симметрии, и это – одно из выдающихся доказательств данного утверждения.

Направление электродвижущей силы показывают правой рукой,
а электромагнитной – левой.



Рис. 1 Для генератора постоянного тока – правая рука

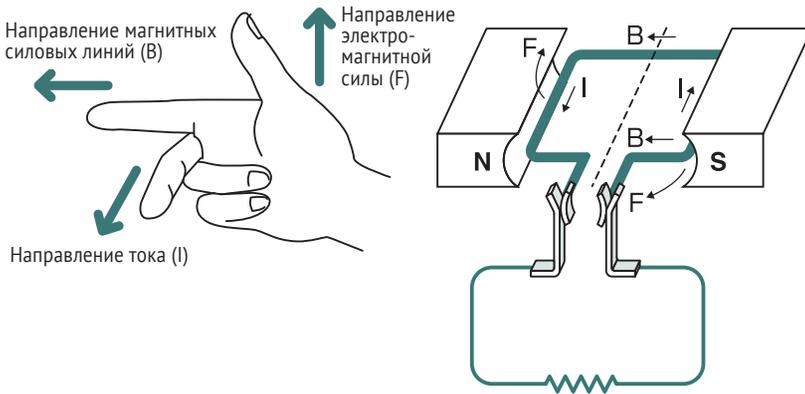
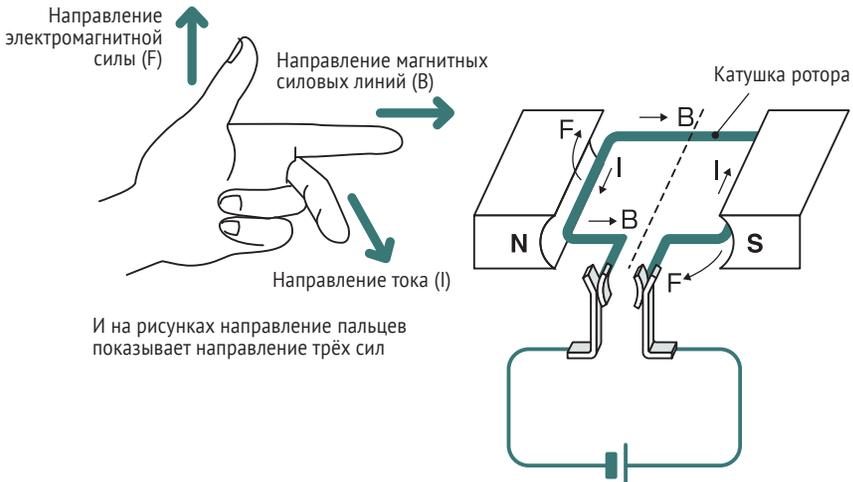


Рис. 2 Для двигателей постоянного тока – левая рука



И на рисунках направление пальцев показывает направление трёх сил

Джон Амброс Флеминг (1849–1945)

Английский инженер-электрик. Он глубоко интересовался практическими технологиями, работал в компании Электрического света Эдисона в Лондоне, а затем в течение 25 лет работал консультантом в радиотелеграфной компании Маркони. В 1904 году он изобрёл двухэлектродную электронную лампу, диод Флеминга. Примерно в это же время американец Ли де Форест изобрёл свою версию диода. Поэтому между компаниями, на которые эти двое работали, разгорелась десятилетняя борьба за патенты.

Великие изобретения древних египтян

Три закона отражения

Отскок мяча объясняет, как отражается свет

Законы отражения света были записаны в труде греческого математика и механика Герона (ок. 62–150) «Катоπτрика». Он жил в Александрии, находившейся в то время под властью Римской империи.

Герон известен ещё и тем, что придумал особый ящик для пожертвований со встроенным механизмом – когда опускаешь в него деньги, из ящика начинает течь вода для мытья рук. Эти ящики по устройству напоминают современные торговые автоматы. Он также хорошо разбирался в математике и, как говорят, открыл формулу Герона, по которой можно вычислить площадь любого треугольника, зная длины всех его сторон.

Рисунок 2 показывает, как мяч, ударившись о пол, отскакивает от него. Это же можно отнести и к свету, если воспринимать свет как поток частиц. Звук тоже можно рассматривать как поток частиц, которые могут летать и отскакивать, так что закон отражения действителен не только для световых, но и для звуковых волн.

Угол падения и угол отражения

Сравним этот закон с современным законом отражения (см. рис. 1). Волна проходит через среду I, и на границе со средой II происходит отражение. При этом луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости, а угол падения равен углу отражения.

Свет – это частица или волна?

Сложновато, да? Закон отражения древних египтян кажется гораздо понятнее. Это различие применимо не только к свету, но и к волнам в це-

1. Падающий и отражённый свет лежат в плоскости, перпендикулярной поверхности отражения.
2. Падающий и отражённый свет находятся по разные стороны от точки отражения.
3. Угол падения и угол отражения равны.

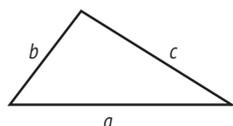
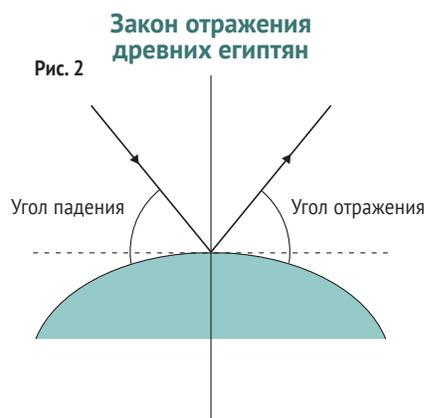
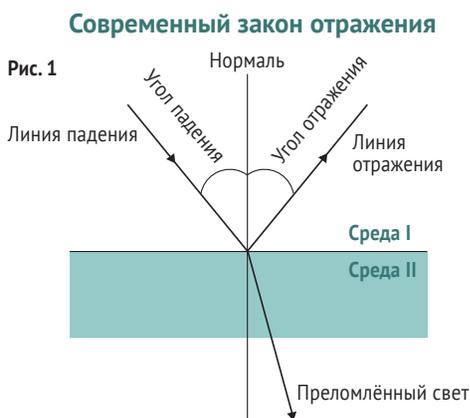


лом: к свету, звуку, водной поверхности, сейсмическим волнам и к другим различным видам волновых явлений.

Вы наверняка подумали: «Ага, раньше вы говорили, что свет – это частица, а теперь говорите, что волна». Верно подмечено! Так вот, свет – это всё-таки частица или волна? Об этом в истории велись долгие споры. К этим спорам относится и так называемый **принцип Гюйгенса**.

Согласно этому принципу, волна распространяется потому, что в каждой точке поверхности волны появляется новая волна с центром в этой точке. Из этих волн таким же образом появляются новые и т. д.

Принцип Гюйгенса применяется не только к свету, но и к звуку, и к волнам на воде, и ко всем остальным разновидностям волн. И из него можно понять, почему законы отражения и преломления можно применять для них всех.



$$S = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

S – площадь треугольника
 $s = \frac{1}{2}(a + b + c)$
 a, b, c – стороны треугольника

Христиан Гюйгенс (1629–1695)

Родился в Голландии в знаменитой семье, и уже в детстве проявилась его исключительная одарённость. Его даже называли голландским Архимедом. В 1690 году он издал научную работу «Трактат о свете», в которой сформулировал принцип Гюйгенса, изложил теорию отражения и преломления света. Кроме того, он заметил, что лучи света пересекаются, но не мешают друг другу, что доказывает очевидную ошибочность теории о том, что свет – это поток частиц, а значит, свет надо сравнивать со звуковой волной.

Что такое оптоволокно?

Закон преломления

Использование явления полного отражения света

Если в сосуд налить воду, то кажется, что объект внутри сосуда всплывает. Если поместить в сосуд прямую палку, то она выглядит изогнутой. Глядя на это, люди уже давно заметили, что свет преломляется, но ещё не могли выразить это количественно.

Изучение преломления света началось в древней Александрии во II в. до н. э., затем им занялся арабский физик Ибн аль-Хайсам (965–1039), а в 1612 году голландский физик-испытатель и математик из Лейденского университета Виллеброрд Снелл (1580–1626) сформулировал закон преломления. Затем французский философ и математик Рене Декарт (1596–1650) независимо вывел этот закон, считая свет потоком частиц. Поэтому его называют также **законом Снелла–Декарта** (или просто законом Декарта).

Теперь перенесёмся в современность и рассмотрим оптическое волокно, используемое, например, для оптической связи и для гастроскопов.

При прохождении света из среды с высоким коэффициентом преломления в среду с низким коэффициентом преломления свет преломляется и после преломления отдаляется от нормали. Иными словами, угол преломления всегда больше угла падения (см. рис. 1). Поэтому если постепенно увеличивать угол падения, то, когда он достигнет определённого значения, называемого критическим углом, свет не проникнет в среду с низким коэффициентом преломления, а будет полностью отражён в среде с высоким коэффициентом преломления. Это называется **полным отражением света**.

Оптоволокно имеет примерно 0,1 мм в диаметре и состоит из двух частей – сердцевины и оболочки. Сердцевина представляет собой нить из стекла или пластика с высоким коэффициентом преломления. Свет, попадающий в оптоволокно, полностью отражается от его оболочки, в результате чего без потерь проходит по волокну (см. рис. 2).

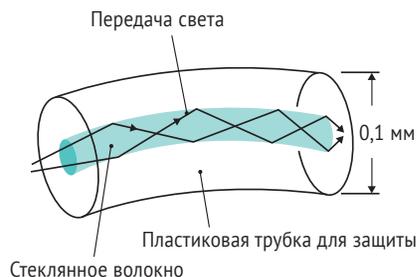
Когда волна проходит через среду I и достигает границы со средой II, то часть света отражается, а часть проходит в среду, меняя направление.



Рис. 1 Преломление света



Рис. 2 Строение оптоволоконна



Закон преломления

Линии падения и преломления находятся в одной плоскости, и отношение синуса угла падения к углу преломления остаётся постоянным

n (постоянная для двух сред) =

$$\frac{\sin v}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

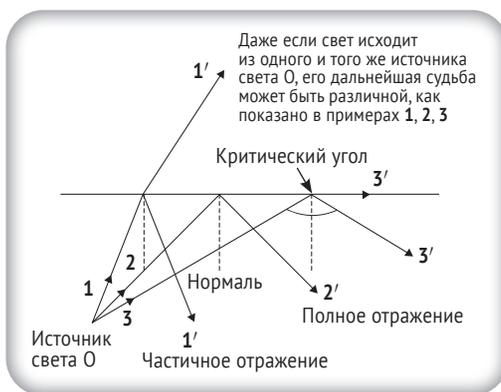
n – коэффициент преломления среды II (среды преломления) по отношению к среде I (среде падения);

r – угол преломления;

v_1 – скорость в среде I; v_2 – скорость в среде II;

λ_1 – длина волны в среде I; λ_2 – длина волны в среде II

Полное отражение света



Почему в радуге семь цветов?

Исаак Ньютон, восхищённый законом Декарта, используя призму, попробовал разделить солнечный свет на отдельные цвета. Ньютон считал свет потоком частиц: частицы красного света – самые тяжёлые, а фиолетового – самые лёгкие, поэтому согласно законам движения, сформулированным им в «Математических началах натуральной философии», фиолетовый свет отклоняется сильнее всего. В западных странах считают, что в радуге шесть цветов. Возможно, это связано с температурой – им не виден синий цвет радуги, который хорошо виден в Японии. Ньютон разделил радугу на семь цветов, потому что число семь считается священным числом.

Закон физики, возникший из-за пяти чувств. Законы физики, рожденные пятью чувствами

Закон Вебера–Фехнера

Есть закон и для интенсивности ощущений!

Сначала поговорим о Вебере, одном из авторов закона Вебера–Фехнера. Эрнст Генрих Вебер (1795–1878) – немецкий анатом и физиолог.

В 1846 году Вебер сформулировал закон об отношении между силой импульса и дифференциальным порогом. Например, если взять в руку предметы весом в 30 и 31 г, разницу можно почувствовать, а если предметы будут весом в 60 и 61 г, то, хоть разница и такая же – в 1 г, почувствовать её сложнее. Разницу между 60 г и 62 г уже можно почувствовать. Таким образом, граница того, что мы можем различить с помощью чувств, определяется не разницей величин, а их пропорцией. Он вывел это в результате многочисленных тестов, которые проходили экзаменующиеся.

Основываясь на этом законе, его ученик, тоже немец, Густав Теодор Фехнер (1801–1887), физик и философ, вывел закон Фехнера: **интенсивность ощущения прямо пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя**. Этот закон стал основой новой науки, психофизиологии, ставшей родоначальницей современной экспериментальной психологии. Она также стала известна как родоначальница психологической экспериментальной эстетики.

Даже если энергия звука будет увеличиваться в геометрической прогрессии – в 100, 1000, 10 000 раз, то величина воспринимаемого ухом звука будет увеличиваться в арифметической – в 2, 3 и 4 раза: это всё – закон Фехнера.

Это применимо не только к слуху, но и к зрению, вкусу, обонянию и осязанию. Между прочим, когда мы говорим о законе Вебера–Фехнера, мы можем ссылаться или на оба вышеупомянутых закона, или только на закон Фехнера. В этой книге имеется в виду последнее.

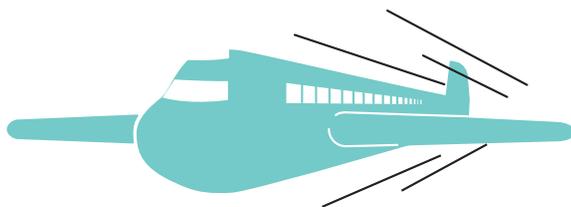
Интенсивность ощущения прямо пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя, действующего на чувства человека: слух, зрение, вкус, обоняние, осязание.



Измерители уровня звука

Кстати, человеческие уши воспринимают звук не только по его силе, но и по частоте его колебаний. Прибор, измеряющий уровень звука, – фон¹ (да, «фон», прямо как в слове «телефон»!) – устроен так, что учитывает эту особенность уха.

Уровень шума также измеряется с помощью фона. Он показывает значения, полученные в результате анализа уловленной микрофоном (да, и здесь тоже «фон»!) частоты колебаний, близкой к той величине, которую может воспринимать человеческое ухо.



¹ Так данный прибор называется в Японии, а у нас – шумомеры и измерители уровня звука.

Расширение Вселенной и железнодорожный переезд

Эффект Доплера

Эффект Доплера относится не только к звукам!

Когда на переезде опущен шлагбаум, попробуйте послушать высоту звука приближающегося или удаляющегося поезда. Или высоту гудка проезжающего поезда.

Когда поезд приближается, звук кажется выше, а когда отдаляется – ниже, не так ли? Это применимо и к сирене скорой помощи. Когда она приближается, то звук очень высокий, как будто кричит «беда, беда!». Когда она отдаляется, то звук более низкий.

Перед тем как дать простое объяснение этому явлению, хочу прояснить ещё одну вещь. Число колебаний за одну секунду – это частота, а интервал между двумя волнами – длина волны.

Если машина скорой помощи с включенной сиреной движется с постоянной скоростью, то даже если звуковые волны распространяются от источника звука одинаково, то, как видно на рисунке, длина волны будет меньше по направлению движения и больше – против направления движения.

Если длина волны маленькая, то за единицу времени ухо воспринимает больше волн, и звук сирены будет казаться выше. По мере того как скорая помощь отдаляется, длина волны, наоборот увеличивается, и звук кажется ниже.

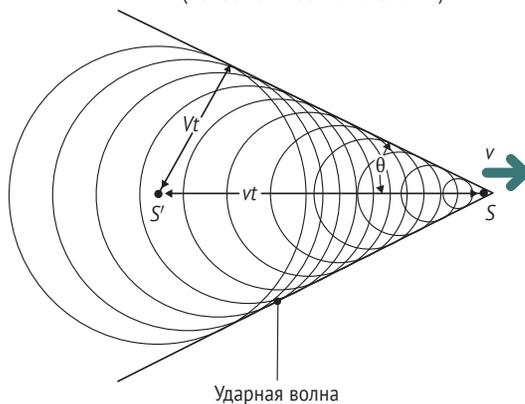
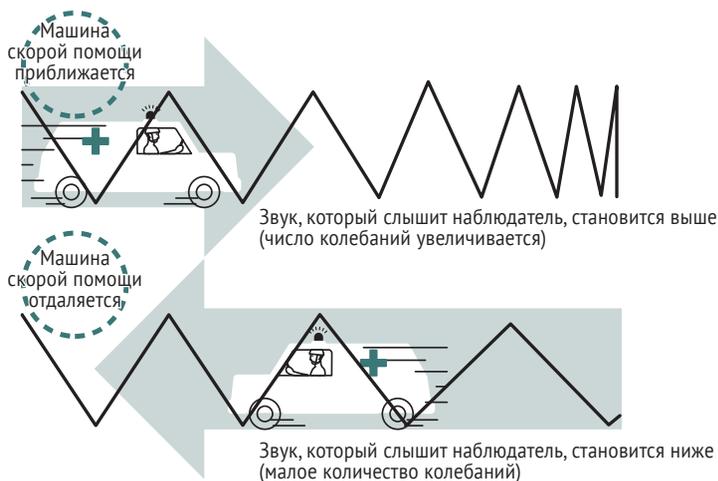
Далее рассмотрим эффект Доплера. Кристиан Андреас Доплер (1803–1858), австрийский физик, изучал свет двойных звёзд, сделал открытие в этой области в 1842 году, а затем приступил к опытам со звуком.

Доплер и сам становился рядом с железнодорожными путями, сажал на проходящий товарный поезд человека с гудком, и пока этот поезд проходил перед Доплером, человек постоянно издавал звук одной высоты. Так и было сделано это открытие.

Частота колебаний волн увеличивается по мере приближения к источнику волн и уменьшается по мере отдаления от него.



Эффект Доплера



Ударная волна – конус

Когда скорость источника звука (v) относительно скорости движения слушателя (u) превышает скорость звука, образуется ударная волна. Её фронт принимает форму конуса, как на рисунке. Поверхность конуса является огибающей системы сферических звуковых волн, порожденных телом при движении в среде в соответствии с принципом Гюйгенса (см. стр. 67)

Благодаря эффекту Доплера мы узнали о расширении Вселенной!

С помощью эффекта Доплера в астрономии было сделано удивительное открытие. Благодаря ему можно сказать, приближаются звёзды или удаляются. Спектры наблюдаемых нами звёзд немного сдвинуты по частоте в меньшую сторону, что называется **красным смещением**. Если бы это был звук, то он звучал бы более низко. А это значит, что звёзды отдаляются. Так в XX веке было доказано, что галактики удаляются друг от друга, а значит, Вселенная расширяется.

Почему существуют различные виды атомов?

Принцип Паули

От чего зависит размер атомов?

Почему так много разных атомов имеют одинаковый размер? Вы можете подумать, что это странный вопрос, но на самом деле причину этого поняли только в XX веке. Впрочем, когда на данный вопрос искали ответ целенаправленно – найти его не смогли. Он был найден абсолютно случайно.

Электроны вращаются вокруг ядра, прямо как Земля вращается вокруг Солнца. В таком случае должен вступить в силу сопровождающий вращение закон сохранения момента импульса. Однако было обнаружено одно небольшое отклонение, причины которого никто не знал. Это было связано с дублетным расщеплением линий спектра. Весной 1925 года нидерландский учёный Крониг предположил, что это может происходить, потому что электроны сами вращаются вокруг своей оси.

Подумать, что подобно тому, как Земля вращается вокруг своей оси, двигаясь по орбите вокруг Солнца, и электрон так же вращается вокруг своей оси, совершенно естественно. Крониг стал собирать мнения учёных на этот счёт, но одного из самых видных физиков того времени, Паули, эта теория не заинтересовала. Крониг потерял уверенность в себе и не стал публиковать результаты исследования. Осенью того же года другие учёные опубликовали работу с теми же идеями, а в следующем году также разрешили загадку этого дублетного расщепления. Макс Борн дал название моменту импульса электрона – оно происходит от перевода на английский слова «вращение» – **спин**. Учёные, получившие для изучения концепцию спина, скоро обнаружили удивительный факт.

Все элементарные частицы в микромире можно разделить на две группы: фермионы и бозоны. Бозоны (названы в честь Бозе) – это частицы с целыми спинами, а фермионы – частицы с полуцелыми спинами. И у этих двух групп очень разные свойства. Электроны относятся к фермионам.

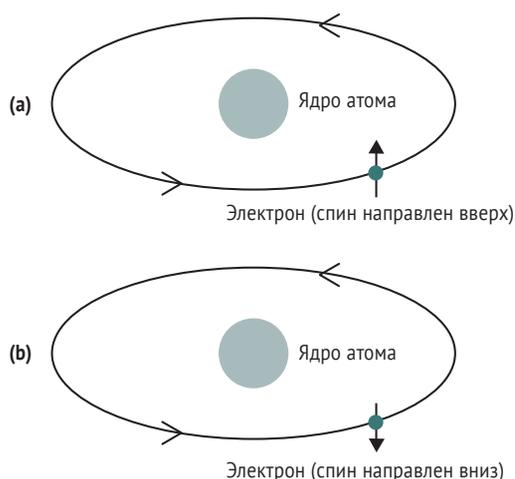
В атоме не может быть электронов в одном квантовом состоянии.



Представителем элементарных частиц, имеющих целочисленный спин, является фотон, спин которого равен 1. Бозоны, к которым относятся фотоны, при определенных условиях соединяются в идентичные квантовые состояния. Только потому, что фотоны являются бозонами, можно было создать лазерные лучи.

Фермионы, к которым относятся электроны, подчиняются принципу исключения Паули. Электроны, поскольку они следуют этому принципу, могут занимать только конкретные дискретные орбитальные позиции вокруг ядра; на ближайшей к ядру атома орбите могут разместиться только 2 электрона, один с верхним спином, другой – с нижним. Поэтому атомы разных элементов имеют разные размеры.

Идея спина электрона



К электрону нельзя применить такое понятие, как размер, у него самая маленькая (ненулевая) скорость вращения. Электрон делает два оборота вокруг ядра, чтобы вернуться к первоначальному состоянию, один с верхним спином, другой – с нижним

Закон сохранения момента импульса

Момент импульса замкнутой системы тел относительно любой неподвижной точки не изменяется с течением времени.

Эйнштейн и его глубокая связь с телевидением

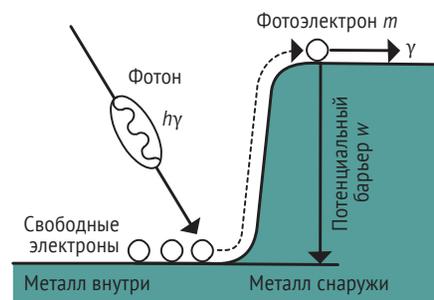
Фотоэлектрический эффект

Фотоэлектрический эффект доказывает, что свет – это частица

Фотоэлектрический эффект был открыт в 1887 году. Это явление заключается в том, что под действием фиолетовых или ультрафиолетовых лучей на металлическую поверхность она начинает испускать электроны. Первым человеком, который понял, что фотоэффект доказывает, что свет – это поток частиц, был Альберт Эйнштейн. Если свет – это волна, то независимо от того, насколько низка его частота (например, свет красный), если его энергия достаточно велика, электроны всё равно должны были бы выходить из металла, но они этого не делают.

При облучении светом высокой частоты (например, синим) электроны обязательно испускаются. Если же свет – это поток частиц с энергией $h\nu$, то они будут сталкиваться с электронами, выбьют их, и это можно зафиксировать. В этом состоит фотонная гипотеза Эйнштейна. Фотоэффект широко используется в фотоэлектрической трубке, преобразующей свет

в электрический ток, и в передающей телевизионной трубке, используемой для создания изображения на телеэкране, а также в устройствах, в которых под действием света возникает электрический ток.



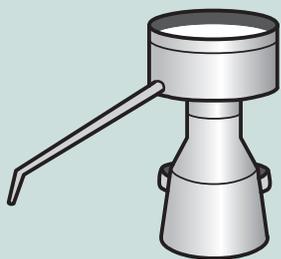
Если энергия фотона больше определенного значения, то, как видно на рисунке выше, фотоны, ударяясь о свободные электроны, выбивают их из металла; такие электроны называют фотоэлектронами

Когда $h\nu > w$, возникает фотоэффект ν , соответствующая $h\nu = w$ – частота, ниже которой фотоэффект не наблюдается (красная граница фотоэффекта);
 h – постоянная Планка;
 ν – частота падающего фотона;
 w – энергия

Когда на объект направляется свет, с его поверхности начинают взлетать электроны. Иначе говоря, внутри объекта начинают двигаться электроны. Это называют фотоэлектрическим эффектом, но есть предел в частоте колебаний света, который вызывает этот эффект. Если частота света меньше, чем предельная, сколько его ни излучай, фотоэлектрического эффекта не получишь.

3

**Изменившие мир
теории древности**



Бумага, изобретённая для императора

Китайская наука

Бумага, способствовавшая развитию цивилизации

Самое великое достижение, которое подарила китайская наука человечеству, – это **бумага**.

Издавна главным материалом для изготовления одежды в Китае были конопля и хлопок. Когда одежда устаревала, её опускали в деревянный ящик, наполненный водой, били палкой, так что ткани распадались, а затем воду сливали, содержимое высушивали и повторно использовали как материал для одежды. В процессе работы ворс мог осесть и тонким слоем покрыть дно ящика. Когда он высыхает, то становится пушистым, и это первый шаг на пути к созданию бумаги. Бумагу сознательно начали делать из конопли ещё во времена династии Хань, но качество у неё было плохим и писать на ней было невозможно, так что её использовали только для того, чтобы заворачивать предметы.

Исторически изобретателем бумаги считается Цай Лунь (? – ок. 121), однако он просто улучшил ту примитивную бумагу так, что на ней стало можно писать. Впрочем, именно это улучшение и стало великим прорывом. Именно благодаря тому, что появилась бумага, на которой можно было писать, бюрократическая система, основанная на передаче письменных сообщений, достигла высокого уровня развития, да и экзамены на чиновничьи должности появились именно благодаря бумаге.

В современной Японии не счесть всех ролей, которые играет бумага. Её используют везде – от создания окон и перегородок в традиционных домах и бумажных зонтиков до изготовления пакетов молока, оригами, воздушных змеев и прочего. Она нужна и в повседневной жизни, и в искусствах, например в каллиграфии.

Исконная форма китайского научного мышления сформировалась именно в империи Хань. Её суть в том, что она **пытается объединять природные и социальные явления**. Можно сказать, что бумага – это плод китайской науки, которая возникла как раз на стыке изучения яв-

Величайшим достижением китайской науки была, пожалуй, бумага. Она получила широкое распространение и среди высших слоев, и среди простого народа.



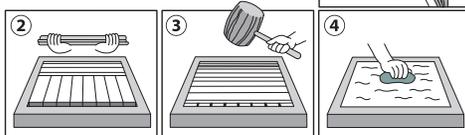
лений природы и общества. Цай Лунь изобрёл бумагу, чтобы произвести впечатление на императора, любящего книги.

Бюрократическая система, сохраняющая культуру **письма на бумаге**, пришла и к простому народу, принесла с собой стабильность, и поспособствовала увеличению населения. В свою очередь, увеличение населения повлекло за собой расселение на юг бассейна реки Янцзы, и эта территория стала одним из центров возникновения и развития китайской цивилизации.

В следующую эпоху, в период династии Тан, китайская цивилизация расцвела в своём характерном виде, а затем, в период династии Сун, были сделаны три великих изобретения – компас, порох и книгопечатание.

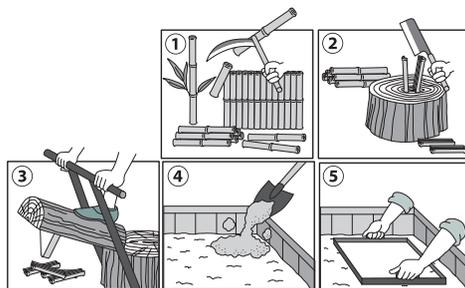
Как изготавливали папирус (Египет) и бумагу (Китай)

Хоть от слова «папирус» и образовалось английское слово «paper» – «бумага», на самом деле он – не бумага. Бумага изготавливалась из того, что когда-то было грязными волокнами



Папирус

1. Тонко нарезать стебли папируса
2. Сложить нарезанный папирус
3. Стучать по папирусу, чтобы листы сцепились
4. Очистить поверхность. Готово



Бумага

1. Отрезать кусочки бамбука и размочить в воде
2. Порубить кусочки бамбука
3. Бить и измельчать (делать мякоть)
4. Добавить известь
5. Сделать бумагу

Китайская наука, дошедшая до Западной Европы

В эпоху Сун на побережьях южной части Евразии активно вели торговлю китайские и мусульманские купцы. Китай продавал золото и серебро, шёлковые ткани, керамику и покупал пряности, слоновую кость, жемчуг, кораллы и черепаховые панцири. Здесь же происходил обмен научными технологиями. Возможно, развитие китайской науки сделало Китай центром всей земной цивилизации того времени. Вполне вероятно также, что тогда человечество было намного счастливее. Однако Западная Европа, получившая плоды китайской науки, смогла сделать гигантский скачок в своем развитии и навязала по всему миру так называемую модернизацию, вызвав в людях предчувствие гибели всего человечества.

Эпохальное изобретение цифры 0

Индийская наука

Цифра 0, имеющая огромное значение для человечества

В классический период истории Индии, во время государства Гуптов (~320–~570 н. э.), была широко распространена письменность. Ещё до того, как бумага из Китая через исламские страны попала в Индию, люди писали на санскрите чернилами, в северной части страны на коре берёз, а в южной – на листьях пальм. Вместе с развитием письменности значительно развивалась и наука, в частности астрономия, математика, медицина, а также мастерство обработки материалов, в особенности металлов. Ариабхата, родившийся в 467 году, изучал греческую астрономию и развивал её посредством личных наблюдений. В это же время другой астроном, Бхаскара, писал, что Земля притягивается к другому небесному телу вследствие тяжести этого тела, то есть **обнаружил закон притяжения**. Возможно, именно благодаря такому развитию астрономии, выходящему за пределы реальных опытов обычных людей, появилась индийская система счёта, включающая в себя и ноль. Ноль как позиционный символ существовал не только в индийской культуре, но и в культуре майя и Месопотамии, однако открытие того, что ноль может быть объектом математических операций – сложения и вычитания, умножения и деления, – считается именно индийским достижением.

Не понятно, когда появилась эта гениальная мысль. Однако известно имя первого математика, чьи работы о нуле дошли до наших дней. Это был родившийся в 598 году на территории современной провинции Синд в Пакистане Брахмагупта.

Рождение нуля

Почему же ноль как цифра появился именно в Индии?

В Индии при записи чисел вместо нуля ставили точку, что означало, что в этом разряде нет ни одной из цифр от одного до девяти.

Так как в Индии активно производились письменные расчёты, возникла необходимость рассматривать ноль как число. Например, если посчи-

Развитие астрономии позволило индийской науке создать особую индийскую систему счёта, в которую включён ноль.



тать в столбик «25 + 10», то в первом разряде нужно считать «5 + 0». Во многих других древних цивилизациях считали с помощью счётов или деревянных палочек. Математика использовалась только для записи результатов этих подсчётов, поэтому сталкиваться при расчётах с нулём людям не приходилось, и его не воспринимали как цифру. А в Индии расчёты делались письменно – на коре мелом или же пальцем либо палочкой на песке или муке. Именно письменные расчёты сделали ноль, как цифру, необходимостью.

Индийская наука издавна славится развитием в области медицины и хирургии, а также высоким уровнем технологий, связанных с обработкой металла, однако всё же самым важным её достижением является изобретение нуля.

Изобретение нуля коррелирует с появлением концепции пустоты в буддизме, не так ли?

Древние символы нуля и других чисел

0		○		◀◀◀	◉
1	I	α	I	┆	•
2	II	β	II	┆┆	••
3	III	γ	III	┆┆┆	•••
4	IIII	δ	IV	┆┆┆┆	••••
5	𐌚	ε	V	┆┆┆┆┆	—
6	𐌚𐌚	ς	VI	┆┆┆┆┆┆	—•
7	𐌚𐌚𐌚	ζ	VII	┆┆┆┆┆┆┆	—••
8	𐌚𐌚𐌚𐌚	η	VIII	┆┆┆┆┆┆┆┆	—•••
9	𐌚𐌚𐌚𐌚𐌚	θ	IX	┆┆┆┆┆┆┆┆┆	—••••
10	∩	ι	X	<	—
20	∩	κ	XX	<<	◉
100	⊙	ρ	C	┆┆┆┆┆┆┆┆┆┆	◉

Сравнение письменного счёта

Индийская система счисления (позиционная)

$$\begin{array}{r}
 2759 \\
 \times 108 \\
 \hline
 22072 \\
 0000 \\
 2759 \\
 \hline
 297972
 \end{array}$$

Можно считать, просто расставив цифры от 0 до 9

Попробуем счет римскими цифрами

$$\begin{array}{r}
 (I) (I) D C C L IX \\
 \times \qquad \qquad C VIII \\
 \hline
 ?
 \end{array}$$

Даже если записать, сосчитать не получается

$$\begin{array}{l}
 (I) = 1000 \\
 D = 500 \\
 C = 100 \\
 L = 50
 \end{array}$$

- Числа майя (двадцатеричная система счисления)
- Месопотамские числа (шестидесятеричная система счисления)
- Римские числа
- Греческие числа
- Египетские числа
- Современные числа (арабские)

Алхимия, давшая начало химии

Наука в исламских странах

Изобретение алкоголя

Наверное, никто, попивая сётю¹, не думает: «Ах, и это тоже появилось у нас благодаря исламской науке!» Зато теперь вы будете так думать! Сётю производится путем ферментации крахмала, содержащегося в рисе, пшенице, батате и др., и последующей дистилляции. Дистилляция была в исламском мире одним из самых важных достижений в области химии. Были изобретены **аламбики** – дистилляторы различных форм. Они достигли Японии в период Эдо, и их назвали похожим по звучанию японским словом «рангики».

Главным открытием исламской химии, полученным благодаря технологии дистилляции, стал **алкоголь**. Само слово «алкоголь» имеет арабское происхождение. Алкоголь, он же спирт, имеет множество различных применений – его используют в военных целях, его же заливают в карманные газовые зажигалки. С другой стороны, дистилляция цветов позволила всерьёз развиваться предприятиям, изготавливающим парфюмерные воды и масла, например розовую воду.

Сегодня самым важным ресурсом в исламских странах является нефть. Уже тогда, в средневековом исламском мире, сырая нефть производилась в больших количествах, а затем дистиллировалась. Однако это сейчас почти никому неизвестно. Дистиллированная **белая нефть** использовалась для зажигательных орудий, но также применялась и в качестве топлива, и при создании одежды.

Все опасались используемого Византийской империей во время крестовых походов **греческого огня**, а он на самом деле являлся квинтэссенцией достижений исламской химии.

Исламская химия представляла одно целое с алхимией, и арабское слово «кимия» (химия, ал-химия), означало и то, и другое. Химические операции включали в себя, помимо дистилляции, также растворение, кальцинацию, выпаривание, кристаллизацию, сублимацию, фильтрацию, производство амальгамы (сплавов ртути), покрытие воском и т. д.

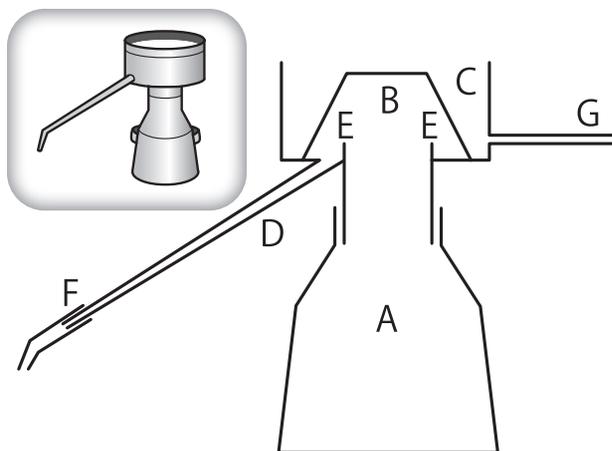
Исламский сплав химии и алхимии принёс обильные плоды.

¹ Сётю – японский крепкий спиртной напиток. – Прим. перев.



Исламские химики могли производить в большом количестве чернила, краски, сахар, стекло и др. С позиции современного человека, знакомого с химией, сложно понять, почему всё это считалось алхимией. Тем не менее убеждение мусульман, что они «контактируют непосредственно с Богом», позволило им считать, что химические реакции, благодаря которым создаются краски разных цветов, – это восхитительное достижение Бога, переданное им лично. Не только ли в таких условиях смогло произойти сращение химии и алхимии? Начиная с середины VIII века мусульманские купцы, плавая по морям, покрыли огромной торговой сетью Евразию и север Африканского континента. В исламском обществе был хронический дефицит драгоценных металлов, таких как золото и серебро, и потребовалась алхимия, с помощью которой драгоценные металлы можно было синтезировать искусственно. Знаменитый алхимик Джабир ибн Хайян в своем трактате писал, что основные компоненты для создания металлов – это ртуть и сера, и если их соединять в разных пропорциях в результате дистилляции, то можно получить различные металлы, в том числе золото и серебро. Этот процесс и делал дистилляцию такой важной. Хоть золото и серебро в итоге создать так и не удалось, но процесс данный в любом случае принёс обильные плоды.

Алжирское приспособление для дистилляции (в нём дистиллировались лекарственные травы)



1. Травы кладут в сосуд А, заливают водой и нагревают.
2. Поднимающийся пар попадает в В, где охлаждается водой из резервуара С.
3. Появившаяся на наклонной поверхности В жидкость попадает в канавку Е.
4. Жидкость стекает в трубку D и собирается там через F.
5. Когда вода в С нагревается, её выливают из трубки G, а сверху доливают холодную воду

Темпура появилась благодаря Африке

Наука в Африке и странах Внутренней Азии

Бобы и масла пришли из Африки

В мире развивались параллельно шесть основных цивилизаций. Ранее были представлены три из них – исламская, китайская и индийская, показаны те плоды, что породила их этническая наука.

Оставшиеся три – это американская, африканская (южнее Сахары) и цивилизация Внутренней Азии. Сначала давайте поговорим о том, что дала человечеству африканская наука.

Во-первых, это **бобы**. В них есть ядовитые вещества, к тому же они жёсткие, так что просто обжарить их и съесть невозможно. В Африке поняли, что их можно есть, отварив в глиняной посуде. Кроме того, благодаря продолжительному улучшению сортов появились бобы без ядовитых веществ, которые быстро становятся мягкими.

Во-вторых, это **масло**. Первым маслом было кунжутное, так что, похоже, африканцы обнаружили, как из собранных семян кунжута приготовить масло. Они отбирали тот дикий кунжут, у которого было больше семян, и улучшили сорт, теперь у всех растений кунжута стало много семян.

В сборнике «Тысяча и одна ночь» есть сказка «Али-Баба и сорок разбойников». Заклинание из неё, «Сезам, откройся» (кунжут по-английски sesame), подчёркивает важность кунжута, масло из которого использовали для приготовления пищи и для освещения. Поэтому, можно сказать, темпура¹ и кацудон², которые мы едим сейчас, появились именно благодаря Африке.

Благодаря африканской науке мы получили бобы и масло, а благодаря Внутренней Азии – верховую езду.

¹ Темпура – блюдо японской кухни из рыбы, морепродуктов и овощей, приготовленных в кляре и обжаренных во фритюре. – *Прим. перев.*

² Кацудон – рис с жареной свиной. – *Прим. перев.*



Верховая езда, появившаяся во Внутренней Азии

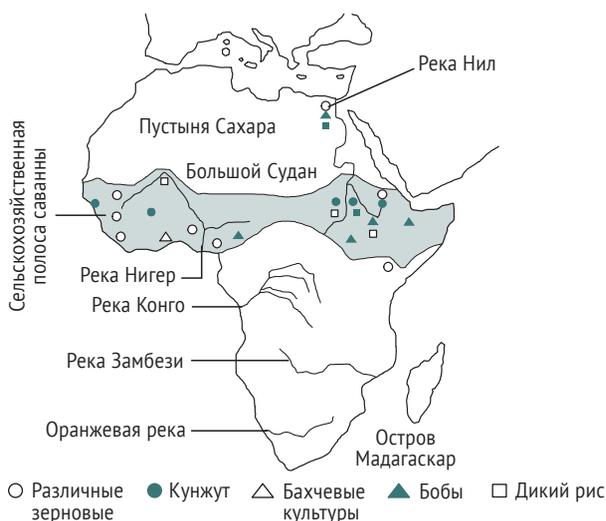
А вот верховая езда появилась благодаря науке Внутренней Азии.

Почти сразу же после одомашнивания лошадей люди стали надевать специальные штаны, садились лошадям на спины и, манипулируя поводьями, прикрепленными к удилам (см. рисунок ↓), заставляли лошадь бежать в нужном направлении.

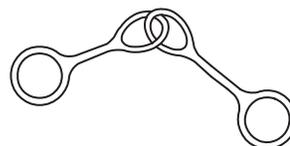
Возможно, вам покажется, что называть это наукой как-то неправильно. Тем не менее я хотел бы оценить то знание, которое было обнаружено в движениях самого тела и было применено на практике в повседневной жизни. Если человек не обладает всесторонним пониманием естественных наук в истинном смысле этого слова, он не может выжить в таком суровом, засушливом мире.

Четыре цивилизации Евразии (Китай, Индия, исламские страны, Внутренняя Азия) растянулись с востока на запад, и они развивались благодаря тому, что боролись и торговали друг с другом. И вещи, созданные в каждой из этих цивилизаций, в случае если им удавалось доказать свою полезность, выходили за пределы цивилизации, начинали широко использоваться в других. Иудейско-христианское население, живущее в окрестностях исламского мира, смогло осуществить периферийную революцию, объединив плоды четырех основных цивилизаций и получив мировое господство. С другой стороны, африканская и американская цивилизации простирались в границах своего континента. Они развивались обособленно, изолированно от других, что привело к тому, что как только к ним вторгались извне, они разрушались. Но...

Места выращивания кунжута и бобов в Африке



Удила лошади



Удила – это костяное (позже – бронзовое) приспособление, установленное в большой щели между передними и задними зубами нижней челюсти лошади. К краю удила прикрепляются поводья

Улучшение сортов растений, спасшее людей от голода Наука коренных народов Америки

Из эпохи охоты в эпоху земледелия

Самые старые человеческие останки, найденные на Американском континенте, были обнаружены при раскопках на Аляске. Им примерно 14 тыс. лет. Осколки крупных каменных наконечников для метательных копий раскопаны по всей территории от Северной Америки до Мексики. Люди, пришедшие на Североамериканский континент, менее чем за 1000 лет достигли южной окраины Южноамериканского континента. Они были племенем охотников, охотившимся на крупных млекопитающих: мамонтов и мастодонтов. Вы, наверное, думаете: даже если они были искусны в охоте, но у них не было научных технологий, можно ли назвать это наукой в полном смысле слова?

Однако они наблюдали за постоянно меняющимися явлениями, учитывали их, последовательно изменяя правила охоты, и методом проб и ошибок накапливали практический опыт, так что это **вполне можно назвать наукой**.

Сообщество охотников, овладевших наукой охоты на высоком уровне, могло вдоволь насыщаться стабильно поставляемой дичью, и количество населения стремительно росло. Постепенно охота перестала приносить минимально необходимое для пропитания количество добычи. Крупных животных стало меньше, поэтому охотникам нужна была ещё не освоенная земля, и они начали движение на юг. Те, кто решил остаться на месте, должны были придумать, где взять пищу, когда животные вымрут, ведь иначе им грозила голодная смерть. Но и тех, кто рискнул совершить большое путешествие на юг, в конечном итоге ожидала непреодолимая граница – южная оконечность Южноамериканского материка.

После того как бурные волны крупных охотников на животных прошли, люди в поисках новых источников пропитания были вынуждены искать способ жизни, соответствующий экосистеме, в которой они оказались. И здесь было не обойтись без создания новых научных технологий, позволяющих сосуществовать с данной экосистемой.

Новая наука сосуществования с природой спасла человечество от голода.

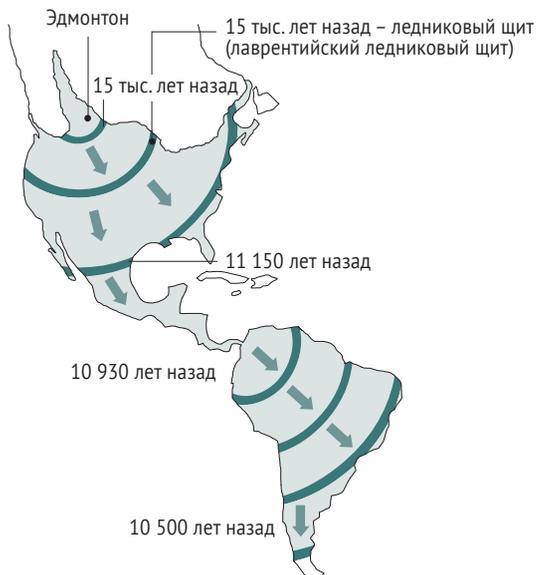


Примерно 11 тысяч лет назад, когда закончился ледниковый период, от Аляски и до Мексиканского залива всюду появились луга. В лугах выживал и процветал только один вид животных, меньше размером, чем прежние мамонты. Это были **бизоны**. Люди, охотясь на бизонов, не доводили их до грани вымирания, а сосуществовали рядом с ними в течение 10 тыс. лет. Их технологии оказались более совершенными, более самодостаточными по сравнению с теми, что были ранее.

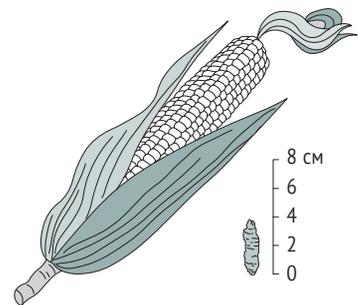
Затем из Мексики понемногу распространилось **земледелие**. На великих равнинах рядом с незамерзающими реками начали строить деревни, появилось первое оседлое население, занимающееся сельским хозяйством. Между оседлым сельскохозяйственным населением речных долин и кочевниками, занимающимися на открытых равнинах охотой на бизонов, отношения сначала были напряжёнными, но потом завязалась торговля, и были созданы стабильные симбиотические отношения. Однако когда европейцы привезли лошадей и ружья, охотники на бизонов стали убивать чрезмерно много зверей, и таким образом их слой самоуничтожился – питаться стало нечем. Почти идеальные научные технологии, позволяющие поддерживать самодостаточность цивилизации, не выдержали внешнего влияния.

Сейчас почти весь мир является европейской цивилизацией. Возможно, однако, нам всё же есть чему поучиться у коренных американцев.

Схема продвижения человечества по Северной и Южной Америкам



Сравнение современной кукурузы и кукурузы древности



Открытие злаков, лекарственных трав и предметов роскоши

В Мексике примерно 10 тыс. лет назад начали собирать жёлуди, выращивать красный перец, авокадо, тыкву и в конечном итоге дошли до попыток культивировать зелёную фасоль, кукурузу и батат. В початке самой старой кукурузы было от 36 до 72 зёрен, а сам початок имеет размер всего в несколько сантиметров (см. рис. на стр. 87). Прежде чем были выведены сорта кукурузы нынешних размеров, позволившие получать стабильный урожай, прошло примерно 2000 лет. Начали выращивать батат, великолепный сельскохозяйственный продукт родом из мексиканского высокогорья. С его помощью можно было легко накормить население. Кроме того, в Андах выращивали картофель и томаты. Картофель был очень важным продуктом, одной из основ культуры инков; его можно было выращивать даже на истощённых землях. Был обнаружен и стал использоваться хинин для лечения малярии; жевали кору хинного дерева как секретное средство от лихорадки.

Я считаю, что это тоже великолепные примеры применения науки.

Что касается Амазонки, то там растут какао, ананасы и каучуконосные растения. В Боливии у Амазонки растут арахис и табак. Когда живёшь, окружённый разнообразной природой, для того чтобы отобрать растения, пригодные для использования, и начать их культивировать, нужны мудрость, изобретательность и старание.

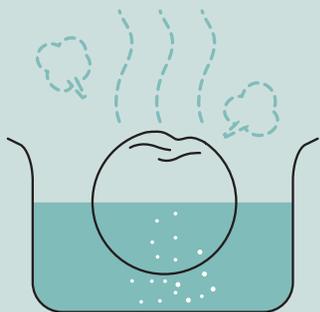
Это наука, как жить в симбиозе с природой.

Кстати, говорят, что в Боливии, на болотистых равнинах Льянос-Мохос, существовала великолепно развитая древняя сельскохозяйственная культура. На площади в 250 тыс. кв. км было 20 искусственных холмов (насыпей), называемых ромами. Они были огромными, в диаметре составляли 1 км, а в высоту были до 30 м, и основной целью их возведения была защита от наводнений.

В сезон дождей эту местность затапливало, и она оставалась покрытой водой на протяжении нескольких месяцев. И холмы в это время становились местом эвакуации, и на них люди, растения и дикие животные сосуществовали как бы в отдельном жизненном пространстве. Парадоксально, но эта культура народа Мохос разрушилась потому, что в своём развитии зашла слишком далеко. Населения стало слишком много, экосистема достигла своего предела, из неё выжали все соки, и это привело к краху.

4

Основы химии
Изменение веществ



Почему шины выдерживают вес машины?

Закон Бойля

Закон Бойля, согласно которому объём и давление обратно пропорциональны

Есть такие явления, которые мы обычно игнорируем как само собой разумеющиеся. И всё же о некоторых из них я, к своему удивлению, вспоминаю снова и снова и не могу ими не восхищаться. Одно из таких явлений – **покрышки автомобилей**. Они могут удерживать машину весом и в 2, и в 5 т, а ведь в них нет ничего, кроме воздуха.

Камера покрышки обычно заполнена воздухом под давлением от 1,8 до 2 кг/см². Поскольку 1 атмосфера эквивалентна примерно 1 кг / 1 см², то давление в покрышках в 2 раза больше атмосферного. Вот почему, даже если покрышка удерживает вес самой машины, людей и багажа, она может сохранять свою изначальную круглую форму, благодаря чему машина может двигаться без увеличения трения.

Когда газ удерживается в контейнере, таком как камера покрышки, к стенке контейнера всегда прикладывается постоянное давление. Теперь давайте расширим объём контейнера, не позволяя газу выйти наружу и не меняя температуры. Удвойте длину одной из сторон прямоугольника, как показано на рис. 1. Поперечное сечение, перпендикулярное листу бумаги, оставьте прежним. Объём увеличится в два раза.

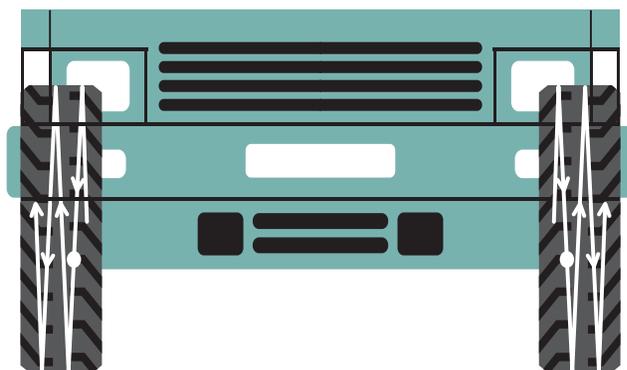
Одиночная молекула, движущаяся вверх-вниз, будет в два раза реже ударяться о стенку. Это означает, что давление газа на стенку контейнера уменьшилось вдвое.

Таким образом, увеличивая объём в 2–3 раза, можно уменьшить в 2–3 раза давление. То есть произведение объёма и давления постоянно. Это **закон Бойля**.

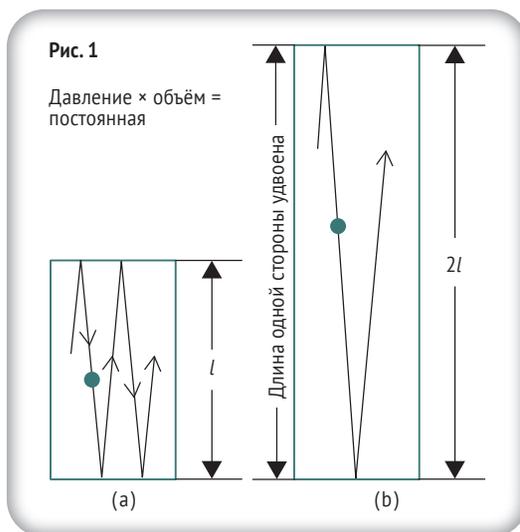
При постоянных температуре и массе давление газа P и его объём V обратно пропорциональны друг другу.



Покрышки автомобиля могут сохранять круглую форму благодаря тому, что внутри них молекулы могут активно двигаться



Закон Бойля



Открытие закона Бойля

Роберт Бойль (1627–1691) сначала не думал об этом законе. Как раз наоборот. Он самостоятельно повторил опыт Торричелли, обнаружил обратную пропорциональность объёма газа и давления и из этого сделал вывод, что газ состоит из частиц – молекул (атомов), опубликовал атомную (молекулярную) теорию Бойля, укрепив свои позиции в теории частиц.

Как выправляют помятые мячи для пинг-понга

Закон Бойля–Шарля (уравнение состояния газа)

Законы Бойля и Шарля объединены

Если объединить упомянутый в прошлом разделе закон Бойля и описанный в этом закон Шарля, то получится как бы **закон Бойля–Шарля**. Давайте теперь рассмотрим закон Шарля.

Закон Шарля¹ гласит: «При постоянном давлении объём газа V пропорционален абсолютной температуре T . Другими словами, $V = \text{const} \times T$ ». Этот закон был сформулирован французским физиком Жаком Александром Сезаром Шарлем (1746–1823).

Далее, прежде чем мы перейдём на ступень выше и объединим законы Бойля и Шарля в закон Бойля–Шарля, давайте рассмотрим, что такое моль – термин, упомянутый в законе Бойля. **Моль** – это количество вещества, в котором содержится столько же молекул или атомов, сколько в углероде массой 12 г. Поэтому и воспринимайте моль как множество единиц, объединённых в дюжину. Если взять и объединить 12 единиц, то получится дюжина, а если взять $6,02 \times 10^{23}$ частиц, то получится 1 моль. Так как газ состоит из частиц (молекул), то при температуре 0°C и при атмосферном давлении в одну атмосферу объём 1 моля равен 22,4 л. Его масса – это суммарная масса молекул, составляющих данный газ, в граммах.

Мяч для пинг-понга можно выправить с помощью кипятка!

Кроме того, следует отметить, что закон Бойля–Шарля относится к 1 молю газа, но если увеличить его количество до n моль, то получится **уравнение состояния газа**.

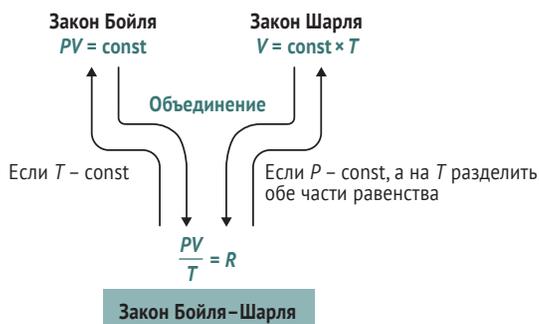
Если у вас немного помялся мячик для пинг-понга, но дырок в нём нет, попробуйте на какое-то время опустить его в горячую воду. Тогда, исходя из закона Бойля–Шарля, давление воздуха внутри мяча увеличится, и целлулоидные стенки вернутся в изначальное состояние.

Объём V газа с постоянной массой (1 моль) пропорционален абсолютной температуре T (-273°C) и обратно пропорционален давлению P . Этот коэффициент пропорциональности R называют ещё универсальной газовой постоянной.

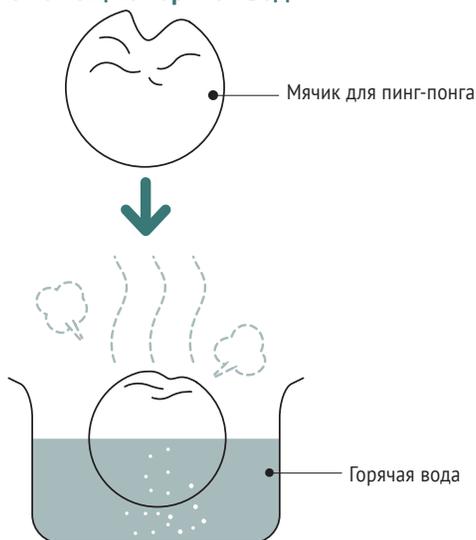
¹ В русскоязычной литературе этот закон принято называть законом Гей–Люссака. – Прим. ред.



Объединение законов Бойля и Шарля



Ремонт мячика для пинг-понга с помощью горячей воды



Уравнение состояния газа

$$\frac{PV}{T} = R$$

P – давление
 V – объём газа
 T – абсолютная температура
 R – универсальная газовая постоянная

Это уравнение не применимо к реальному газу – только к идеальному. Идеальный газ, как и предполагает название, – это теоретический газ, находящийся в идеальных условиях

Кроме того, в случае с газом в l моль уравнение состояния газа становится таким:

$$PV = nRT$$

Можно использовать для уничтожения от слизней Правило Вант-Гоффа

Давление на мембрану от более насыщенного к менее насыщенному

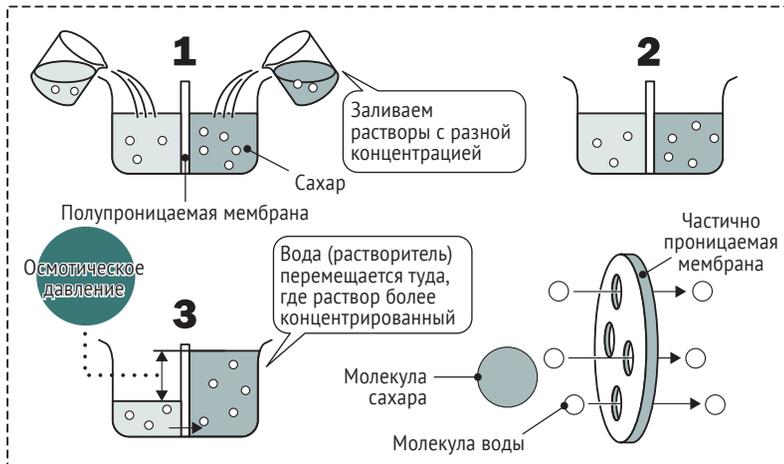
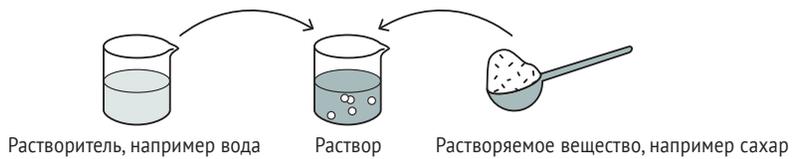
Издавна для борьбы со слизнями использовалась соль. Если на слизня насыпать соль, то она соберется в маленький комочек, а слизень умрёт. Это происходит потому, что соль вытянет влагу из тела слизня. Сахар в таком случае будет ещё эффективнее. Разберемся, почему так происходит.

Когда жидкости с разной концентрацией контактируют друг с другом через полупроницаемую мембрану, создаётся осмотическое давление. Полупроницаемая мембрана – это оболочка с бесчисленным количеством невидимых глазу крошечных отверстий, через которые проходят вещества более мелкие, чем отверстия. Например, если солевые растворы разной концентрации разделить полупроницаемой мембраной, то растворитель из менее концентрированного раствора будет стремиться перейти через мембрану в более концентрированный раствор. Этот процесс называется осмосом. Давление, которое стремится уравнивать концентрации жидкостей по разные стороны полупроницаемой мембраны, называется осмотическим. Осмотическое давление тем больше, чем больше концентрация раствора. А чем выше температура, тем активнее движение молекул, поэтому давление при повышении температуры, как и при повышении концентрации, увеличивается. Это называется правилом Вант-Гоффа, или, по-другому, законом осмотического давления.

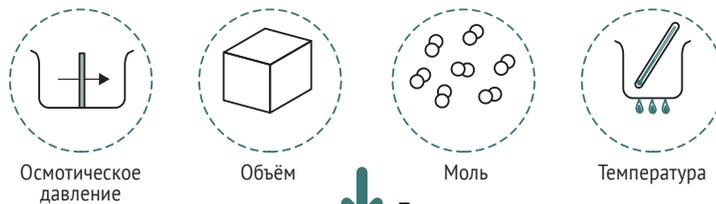
Уравнение Вант-Гоффа точно такое же, как уравнение состояния газа. В газе молекулы летают в пространстве, а в растворе летают молекулы растворимого вещества, поэтому формула нужна та же самая. Впервые это обнаружил голландский химик Якоб Хендрик Вант-Гофф (1852–1911). Помимо этого, он предложил представлять четырёхвалентный атом углерода в виде тетраэдра. Его идеи были настолько гениальными и блестящими, что он получил первую в мире Нобелевскую премию по химии.

Осмотическое давление увеличивается при повышении концентрации раствора и его температуры.

О жидкости



Ниже перечислены четыре важных элемента, указывающих на состояние жидкости



Такое же, как уравнение состояния газа!

$$\text{Осмотическое давление (P) } \times \text{ объём (V) } = \text{ количество моль (n) } \times \text{ const R } \times \text{ температура (T)}$$

Правило Вант-Гоффа (закон осмотического давления)

$$PV = nRT$$

P – осмотическое давление; V – объём раствора; n – количество растворяемого вещества; R – универсальная газовая постоянная (0,082); T – абсолютная температура

Если обе части уравнения разделить на V , то n/V показывает концентрацию раствора

Сжечь алмаз (!) в качестве доказательства Закон сохранения массы (закон бессмертия вещества)

Химическая революция Лавуазье!

Антуан Лоран Лавуазье в 1774 году сформулировал закон сохранения массы. Этим, можно сказать, он провозгласил **химическую революцию**.

Химическая революция Лавуазье началась с того, что он начал сомневаться в теории четырёх стихий, пришедшей ещё из Древней Греции. Учёные, верившие в теорию четырёх стихий, согласно которой мир создан из огня, воздуха, воды и земли, считали, поскольку при кипячении воды выпадает осадок, то при длительном нагревании воду можно превратить в землю.

Лавуазье налил воду в стеклянный сосуд и нагревал 101 день (!). Осадок, конечно, выпал. Однако он замерил вес стеклянного сосуда до и после эксперимента. Сосуд стал легче, но эту потерю веса компенсировал вес осадка.

Стало понятно, что это не вода, преобразовавшись, выпала в осадок. Преобразовалось само стекло.

Кроме того, Лавуазье бросил вызов бытовавшей у химиков того времени теории о флогистоне¹ (огненной субстанции). Согласно этой теории, остаток металла, остающийся после его сжигания, – это ржавчина (и это правда), а ещё выделяется флогистон. Лавуазье задумался: металл после сжигания должен был стать легче, а становится тяжелее.

Лавуазье положил алмаз в плотно закрытый сосуд и сжёг его с помощью конденсорной линзы. Однако вес стеклянного сосуда при этом не изме-

Общая масса веществ, участвующих в реакции, остаётся неизменной до и после химического преобразования.

¹ Если сжечь что-то на костре, какая-то часть этого предмета окажется утрачена, но останется пепел. Теория о том, что при сжигании теряется флогистон (огненная субстанция), имела глубокие корни, поскольку подкреплялась реальным опытом. Более того, флогистон считался одним из химических элементов. Провозгласил эту теорию немецкий медик и химик Георг Эрнст Шталь (1660–1734). Флогистон считали химическим элементом, возможно, под влиянием древней теории о четырёх стихиях.



нился. Когда же крышку сосуда открыли, в него вошел воздух, и его вес увеличился.

Позже Лавуазье понял, что это кислород, соединившийся с металлом во время горения, сделал вес сгоревшего металла больше.

Таким образом, точные измерения, проведённые Лавуазье, полностью опровергли теорию о флогистоне, в которую так рьяно верили последние 70 лет, и привели к появлению закона сохранения массы.

Закон сохранения массы называют также **законом бессмертия вещества**. И сам Лавуазье, открыв его, обеспечил себе бессмертие.



Антуан Лоран Лавуазье (1743–1794)

В возрасте 25 лет Лавуазье стал генеральным откупщиком при дворе короля Людовика, собирал налоги от имени правительства. Лавуазье всегда стремился к точности измерений. Он, возможно, был справедлив, но всё же люди, у которых он собирал налог, его ненавидели. Он исчез как туман на гильотине Французской революции. Тот, кто продвигал химическую революцию, в результате революции политической погиб. Неужели это судьба?

Как бы вы ни шли, вы прольёте то же количество пота

Закон Гесса

Энергия активации химической реакции

Давайте рассмотрим конкретный пример. Когда сгорают 12 г древесного угля (1 моль), образуется двуокись углерода и выделяется 94,1 килокалории тепла. Если уголь сгорает не полностью, образуется монооксид углерода и выделяется всего 26,5 килокалории тепла.

Однако если сжечь этот монооксид углерода, то можно выделить ещё 67,6 килокалории тепла. Если сложить 26,5 килокалории и 67,6 килокалории, то получится 94,1 килокалории. Это – один из примеров, иллюстрирующих **закон Гесса**.

Закон Гесса можно рассматривать как практическое применение закона сохранения энергии в химических реакциях.

Однако за два года до открытия Майером закона сохранения энергии, в 1840 году, Герман Анри Гесс (1802–1850) открыл свой закон. Гесс родился в Швейцарии, но он открыл этот закон, когда преподавал химию в Петербурге в Российской империи. Я хочу кое-что объяснить любознательным, рассматривающим рисунок.

Когда углерод соединяется с кислородом и превращается в углекислый газ, он как бы должен подняться на небольшое возвышение. Энергию, необходимую для этого, называют **энергией активации**.



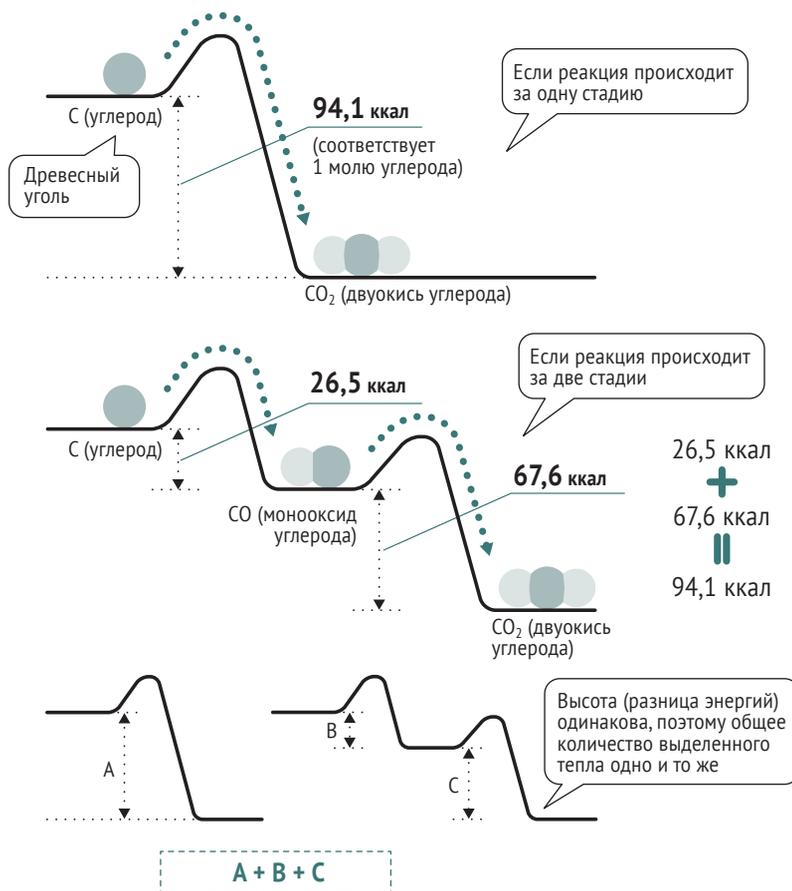
Когда люди шли по тракту Токайдо, чтобы попасть из Одавара в Мисиму, нужна была дополнительная энергия, чтобы преодолеть Хаконэ.

Количество теплоты, выделяющееся или поглощающееся при каком-либо процессе, всегда одно и то же, независимо от того, протекает ли данное химическое превращение в одну или несколько стадий.



Закон Гесса

Каким бы путём ни протекала реакция, если состояние до и после неё остаётся неизменным, общее количество тепла также сохраняется.



Зачем нужна энергия активации?

При контакте углерода с молекулой кислорода не происходит химической реакции. Они должны подойти достаточно близко друг к другу, чтобы их внутреннее состояние могло измениться. И для реакции нужна ещё особая энергия. Это называется энергией активации, потому что она, так сказать, оживляет реакцию.

Глубокая связь между пузырьками в пиве и кессонной болезнью

Закон Генри

Когда газ легко растворяется в жидкости?

Газ растворяется в воде. Именно поэтому рыбы могут жить, вдыхая кислород, растворённый в воде.

Чем выше давление газа, тем лучше он растворяется в воде. Растворимость при постоянной температуре пропорциональна давлению.

Это отношение в 29 лет записал известный английский химик-экспериментатор Уильям Генри (1774–1839), открывший этот закон.

Его можно применить и к пене на пиве. Пена состоит из пузырьков – это углекислый газ (двуокись углерода), который был растворён в пиве.

Углекислый газ появляется во время брожения пива под действием дрожжей. На второй стадии процесса брожения температура пива поддерживается на уровне 0 °С, а давление в резервуаре для ферментации повышается, чтобы газ лучше растворялся. Двуокись углерода имеет свойство быть более растворимой в воде, чем другие газы.

Почему у пива есть пена?

Итак, когда пиво попадает в руки будущему потребителю и когда он снимает с бутылки крышку, появляется пена, образованная двуокисью углерода, растворённой в пиве. Почему так происходит?

Когда пиво разливают по бутылкам и отправляют в магазины, давление внутри бутылки поддерживается на уровне от 11 до 14 атмосфер, при этом в пиве достаточное количество углекислого газа.

Когда с бутылки снимается крышка, давление в ней резко снижается. Кроме того, как только пиво коснётся кружки, температура которой близка к комнатной, температура пива повысится, и часть растворённого в нём углекислого газа выходит наружу в виде пены (см. рисунок →).

При постоянной температуре растворимость газа в жидкости пропорциональна давлению газа. Чем выше температура, тем меньше растворимость.



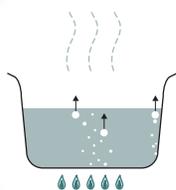
Причина кессонной болезни

Закон Генри объясняет причины кессонной болезни.

Каждый раз, когда глубина увеличивается на 1 м, давление воды повышается на 0,1 кг/фут. Если человек ныряет на большую глубину, вдыхаемый азот растворяется в крови. Если начать быстро всплывать, давление резко понизится, и азот, растворившийся в крови человека, начинает выделяться в виде пузырьков в кровь. Происходит вспенивание крови и разрушение стенок кровеносных сосудов, блокируется кровоток. Чтобы избежать этого, нужно понижать давление очень постепенно.



Вода закипает, и появляются пузыри



При нагревании из-за падения растворимости выделяется газ, растворенный в воде, и газ, прикрепившийся к стенкам сосуда

Почему из пива идёт пена



Перед открытием: углекислый газ растворён
После открытия: углекислый газ выходит в виде пены

Газ, подчиняющийся закону Генри

Закон Генри справедлив для газов с низкой растворимостью, которые плохо растворимы в жидкости. Это не относится к таким газам, как аммиак и хлористый водород, которые хорошо растворяются в жидкостях.

Чем гуще мисо-суп, тем проще им обжечься

Закон Рауля

Если хотите изменить температуру кипения, растворите что-нибудь

Если в воде нет примесей, то она закипает при температуре 100 °С, после чего начинает выкипать. И другие жидкости тоже, достигнув своей собственной температуры кипения, превращаются в газ. Эту температуру называют **точкой кипения**.

Если в жидкости что-то растворить, то растворённое в ней вещество мешает ей испаряться. Поэтому температура точки кипения повышается. Это называют повышением температуры кипения (см. рисунок →).

Насколько можно повысить температуру кипения, зависит от молярной концентрации раствора. Молярная концентрация – это число молей растворенного вещества в 1 л раствора.

Чем больше мешающих веществ, тем сильнее они препятствуют закипанию и тем выше температура кипения. Если препятствий будет слишком много, пропорциональность не сохранится (см. стр. 104).

Рекомендуется снимать мисо-суп с огня непосредственно перед кипением, чтобы он не потерял вкус.

Чтобы остановить нагревание, в качестве ориентира обычно используется температура кипения, а в мисо-супе с высокой молярной концентрацией эта температура становится выше. Поэтому проще обжечься более концентрированным мисо-супом. Далее рассмотрим понижение температуры точки замерзания.

Почему понижается температура точки замерзания

Если в воде нет примесей, то она при 0 °С замерзает и становится льдом. Процесс, в ходе которого жидкость переходит в твёрдое состояние, на-

Повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания в слабоконцентрированном растворе пропорциональны молярной концентрации раствора.



зывается затвердеванием. Температуру затвердевания называют **точкой замерзания**.

В твёрдых телах молекулы расположены в строгом порядке. В жидкости благодаря тепловой энергии молекулы активно двигаются, и порядок нарушается. Если понизить температуру жидкости, то перед затвердеванием её молекулы будут стремиться выстроиться в ряды, но присутствие молекул другого вещества мешает молекулам жидкости выстроиться.

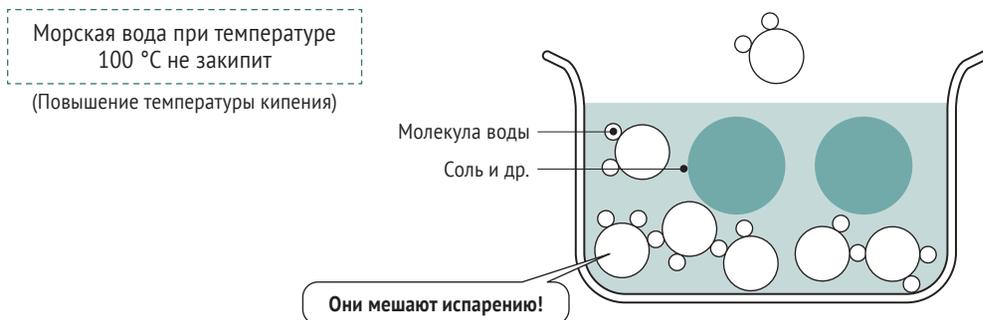
Если продолжать понижать температуру, то молекулы другого вещества тоже начнут выстраиваться в ряды. Такое явление с понижением температуры точки замерзания называют понижением температуры затвердевания.

Падение точки замерзания пропорционально количеству вещества (среды), растворённого в жидкости. Другими словами, чем **больше концентрация раствора**, тем ниже точка замерзания.

Чистая вода замерзает при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, но морская замерзает при более низкой температуре.

Этот закон обнаружил Франсуа Мари Рауль.

Повышение температуры кипения

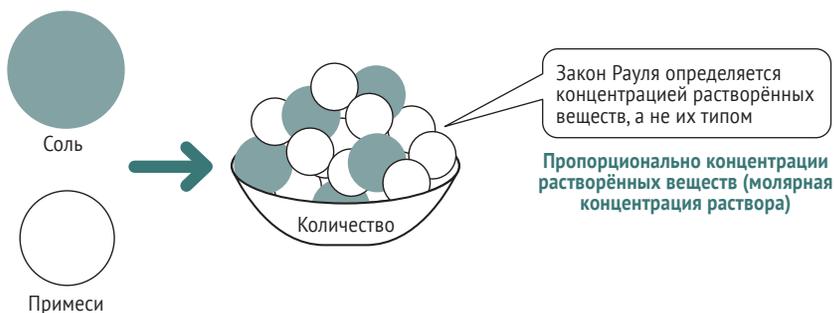
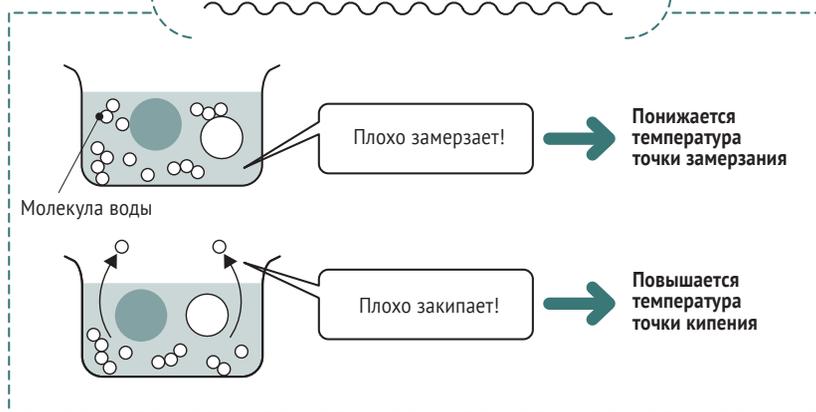


Франсуа Мари Рауль (1830–1910)

Французский химик. Он учился в Парижском университете, но по финансовым причинам был вынужден прекратить обучение, а чуть позже продолжил его, параллельно подрабатывая учителем химии. В 1863 году получил учёную степень, а затем, в 1870 году, стал профессором химии. С 1878 г. он, чтобы измерить крепость вина, начал проводить опыты с точкой замерзания и таким образом открыл свой закон.

Закон Рауля

Если в жидкости
есть какое-то мешающее вещество

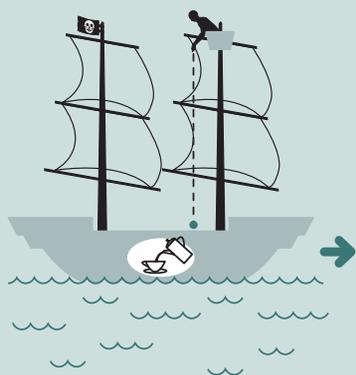


Что такое моль?

Моль – одна из важнейших базовых единиц химии. Как и было сказано на стр. 92, моль – это $6,02 \times 10^{23}$ частиц (атомов и молекул). Кстати, количество протонов в ядре называется атомным номером, а сумма протонов и нейтронов – массовым числом. Например, в 12 г углерода с массовым числом 12 содержится $6,02 \times 10^{23}$ атомов. И такое же количество частиц содержится в 18 г воды (массовое число: $1 \times 2 + 16 = 18$).

5

**Универсальность
ЖИЗНИ**
**Загадки Земли
и космоса**



Искры творчества над кофейной чашкой

Клеточная теория

Два немца, бросивших вызов теории о строении живых существ

Все живые организмы состоят из клеток, и это известно вообще всем. Но если вас попросят это доказать, вы немного растеряетесь, не так ли? А уж если вы впервые выдвинули эту идею, то сложность и вовсе невообразимая. В XIX веке эту идею высказали два немца. Они были полными противоположностями.

Первый из них, Маттиас Шлейден (1801–1881), был большим оригиналом. Он всегда стремился самоутвердиться, своих оппонентов сокрушал без малейшей жалости, поэтому у него было много врагов. Второй, Теодор Шванн (1810–1882), был глубоко верующим, мягким и скромным человеком, не любившим споры. Первый изучал растения и сделал вывод, что они состоят из клеток. Второй изучал животных и тоже сказал, что они состоят из клеток. Как вы думаете, чем они занимались?

Шлейден в прошлом был адвокатом, а после неудачной попытки застрелиться начал изучать биологию и медицину. Возможно, он заинтересовался этим, потому что ненавидел людей, но не увлекался при этом физикой или естествознанием. В 1838 году он опубликовал работу «Исследование происхождения растений», в которой утверждал, что растения состоят из скопления групп клеток. Эта работа сделала его известным.

В октябре того же года он высказал свою теорию за чашкой кофе. Шванн, услышавший эту теорию, крайне изумился тому, что его собственное исследование о строении нервных клеток животных было очень похоже на то, что Шлейден сообщал о растениях.

Шванн показал Шлейдену клеточное строение хорды головастика. Они согласились, что в основном **строение животных и растений совпадает** – и те, и другие состоят из клеток.

Это оказалось великим открытием того времени. И подвижные живот-

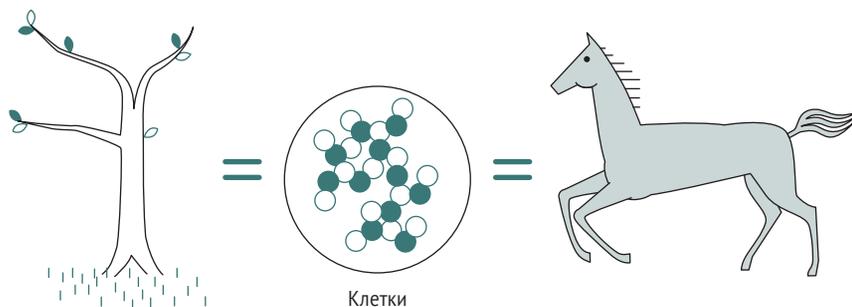
Живые существа состоят из клеток.



ные, и растущие на одном месте неподвижные растения – все они состоят из клеток.

В следующем, 1839 году Шванн в своей работе «О соответствии в структуре и росте животных и растений» изложил клеточную теорию. Шванн нашёл ошибки в теории Шлейдена, продолжил исследовать клетки и классифицировал их. И тогда он понял, что куриное яйцо тоже является клеткой.

**И растения, и животные
состоят из скоплений клеток!**



Эволюция от одноклеточных к многоклеточным

Жизнь на Земле началась в клеточном виде. Первыми существами были одноклеточные – живые существа, состоящие всего из одной клетки.

В конце концов, когда много клеток собралось вместе, появились многоклеточные – например, люди, деревья, трава и др. Так почему же одноклеточные развились в многоклеточные? Вероятно, предпосылкой стала эволюция от прокариотических клеток к эукариотическим. Что такое прокариот и эукариот? Скорее читайте дальше (см. стр. 114).

Великое открытие, сделанное в монастырском саду Закон Менделя разрешил проблему Дарвина!

Наследственность и три её закона

Английский учёный Чарльз Дарвин в 1859 году опубликовал работу «Происхождение видов», которая произвела духовную революцию в Европе. Она потребовала избавиться от антропоцентричного взгляда на мир. Однако одной из проблем, беспокоивших Дарвина, была **наследственность**.

В то время бытовала теория, в которую верил и Дарвин, – **теория о смешанном наследовании**. Генетические свойства родителей смешивались прямо как кофе с молоком, и полезные черты, полученные благодаря естественному отбору, постепенно размывались с каждым новым поколением. На самом деле принцип наследования, так сильно тревоживший Дарвина, был открыт при его жизни, в 1865 году. Это были законы Менделя, или так называемые **законы наследования**.

Генетический элемент (сейчас соответствует понятию «ген») несет информацию об определенном признаке, он является единицей наследственности. Законы Менделя определяют принципы передачи наследственных признаков от родительских организмов к их потомкам.

1. Из пары элементов, унаследованных от родителей, один ген является доминантным, а другой – рецессивным, и внешне проявляется из них только доминантный. Это называют законом доминирования (см. рис. 1). Разница между доминантным и рецессивным заключается только в том, проявляется ли генетическая информация внешне.
2. Доминантные и рецессивные гены никогда не смешиваются, а при скрещивании потомков первого поколения во втором поколении находятся в соотношении 3:1. Это называется законом расщепления (см. рис. 2).
3. При скрещивании двух особей, отличающихся друг от друга по двум (и более) парам альтернативных признаков, гены и соответствующие

Есть три закона наследования.



им признаки наследуются независимо друг от друга. Это называется законом независимости.

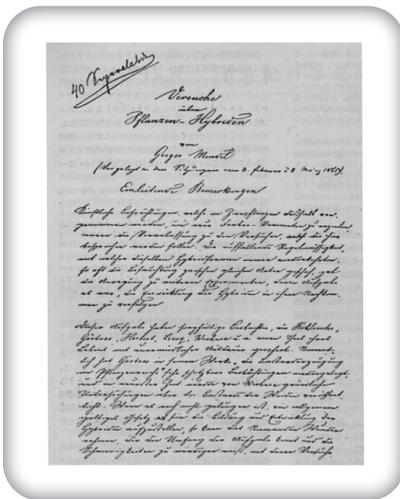
В соответствии с этими законами благоприятные черты всё же могут передаваться из поколения в поколение без размытия.

От противоречия к популяционной генетике

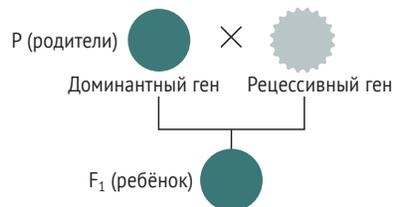
Значение открытий Менделя оценили лишь после того, как они были подтверждены в 1900 году. И сразу же между школой Менделя, утверждающей, что новые виды рождаются в результате мутаций, и школой дарвиновской биостатистики, утверждающей, что новые виды постепенно формируются естественным отбором, возникла ожесточённая полемика. Однако с развитием экспериментальной генетики, проводившей опыты над дрозофилами, стало понятно, что конфликт между этими течениями лишь во внешних проявлениях; они слились, и родилась **популяционная генетика**. Более того, затем к этому комплексу наук добавили палеонтологию, и появилась **общая теория эволюции**.

В XX веке была представлена теория о расширении Вселенной, и общепринятой стала точка зрения, что Вселенная тоже эволюционирует. Жизнь на Земле постоянно менялась, становилась всё разнообразнее. Было высказано предположение, что в условиях расширяющейся Вселенной появление Земли с её жителями – не что иное, как неизбежное появление «звёздного ребёнка» (см. стр. 130).

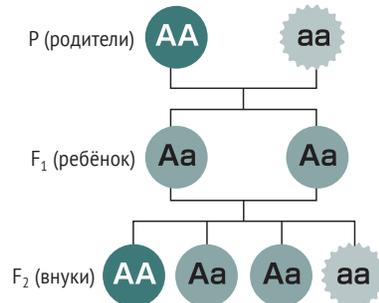
Первая страница рукописи об опытах с горохом



Закон доминирования Менделя (1)



Закон расщепления Менделя (2)



Секретная история открытия двойной спирали

Центральная догма молекулярной биологии

Путь к выяснению структуры ДНК

Молодой человек на четвёртом курсе университета захотел выяснить, что же такое ген. Произошло это в середине XX века в США. Этим человеком был Джеймс Д. Уотсон.

В то время ещё не знали, что собой представляет ген, и многие учёные предполагали, что он – один из видов белка. В это время британский степенный джентльмен, Морис Уилкинс, нацелился на ДНК и приступил к рентгеноструктурному её анализу. Сначала Уотсон хотел стать учеником Уилкинса, но, получив отказ, поступил в Лабораторию Кавендиша в Кембридже, где встретил Фрэнсиса Крика. Крик в это время изучал белок, однако они оба сошлись в том, что изучение ДНК гораздо важнее.

Лайнус Полинг, химик с западного побережья США, обнаружил спиральную структуру белка, используя набор молекулярных моделей, которые выглядят точно как игрушки в детском саду.

Уотсон и Крик использовали эту прагматичную молекулярную модель, а также лучшие в мире британские рентгеновские снимки. Они установили направление изучения структуры ДНК, создав модель спирали, в центр которой помещали сахар, а каркас делали из фосфорной кислоты. Даже им самим казалось, что в этой модели какие-то атомы они втиснули насильно. Эта модель потерпела крах из-за конкурирующей учёной Розалинд Франклин. Тогда сэр Лоренс Брэгг, директор Лаборатории, известный благодаря условию Брэгга–Вульфа, решил отказаться от изучения ДНК.

Крик вернулся к изучению белка, а Уотсон всерьёз занялся изучением вируса табачной мозаики.

Основная часть гена – это ДНК, имеющая спиральную структуру и состоящая из множества молекул.



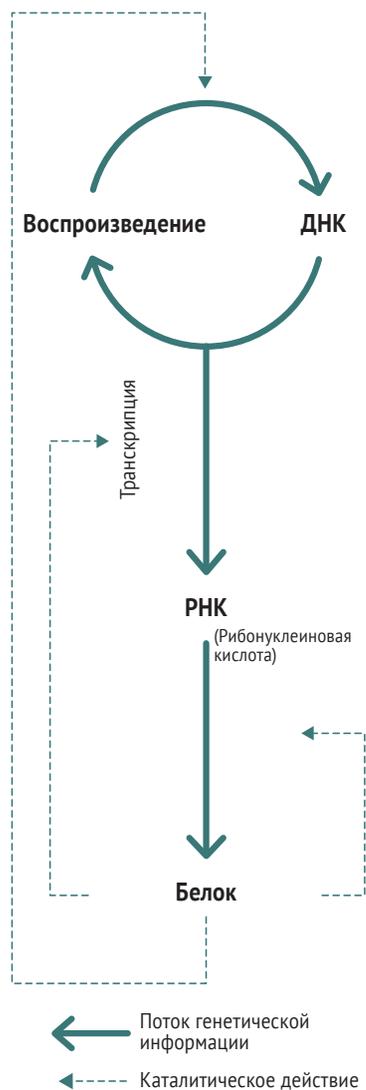
Тем временем Уотсон и Крик снова заговорили о ДНК. Уотсон повесил на стене над своим столом схему центральной догмы молекулярной биологии: ДНК → РНК → белок.

Однако если не ясна структура ДНК, поток генетической информации ДНК → РНК не совсем понятен. В самый разгар их мучений пришла большая новость о том, что Полинг разгадал структуру ДНК. При внимательном изучении рукописи выяснилось, что он совершил фундаментальную химическую ошибку. Но это ещё не всё!

Сэр Брэгг разрешил этим двоим возобновить исследования ДНК, и они, изучая рентгеновские снимки, показали, что сахар и каркас из фосфорной кислоты находятся вне молекулы.

Пока они ломали над этим вопросом голову, внезапно их посетило озарение. Они открыли, как два основания объединяются в двойную спираль, похожую на винтовую лестницу. Таким образом, дуэт американца и британца, Уотсона и Крика, был похож на ту самую двойную спираль, обнаруженную ими, и черпал из этого соединения силу, что и привело их к великому открытию.

Центральная догма и мир РНК



Генетическая информация передаётся потоком ДНК → РНК → белок; белок действует как катализатор для таких важных функций, как транскрипция и трансляция информации

Что было раньше – курица или яйцо?

Гипотеза мира РНК

РНК – носитель генетической информации

Раньше, когда люди задумывались о том, как зарождалась жизнь, они ломали голову над вопросом, что было раньше – курица (функция) или яйцо (информация)? Сейчас мы знаем, что существует поток генетической информации, так называемая центральная догма – ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) → РНК (рибонуклеиновая кислота) → белок. Белок производит нуклеиновую кислоту, а нуклеиновая кислота имеет информацию, необходимую для создания белка. Так что же появляется раньше, белок или нуклеиновая кислота? Этот парадоксальный вопрос в 1980-е годы был решён – выяснилось, что одна из разновидностей нуклеиновых кислот, РНК, может без помощи белка осуществить каталитическое действие, которое обычно выполняет белок.

Согласно центральной догме, РНК является всего лишь **посредником** (передатчиком) информации, которая принимает информацию от ДНК и передаёт её белку. Главную роль при этом играет ДНК. Однако недавно начали считать, что при зарождении жизни на Земле передатчиком генетической информации была не ДНК, а РНК. Причина заключается в том, что она играет роль не только передатчика информации, но и катализатора, но есть также ещё несколько причин.

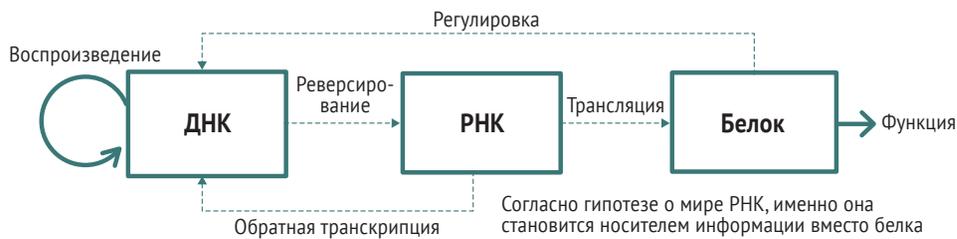
Во-первых, рибоза, одна из составных частей РНК, с большей вероятностью, чем дезоксирибоза, одна из составных частей ДНК, способна к самовоспроизведению. Да и сама РНК в большей степени способна к самовоспроизведению, чем ДНК.

Но есть некоторые трудности, которые пока не преодолены. Например, вопрос о том, существует ли РНК, которая участвует в синтезе нуклеиновых кислот и белков, необходимых для роста клеток, и как обеспечить химическую энергию для этой цели, в настоящее время находится в центре интенсивных исследований, на переднем крае науки.

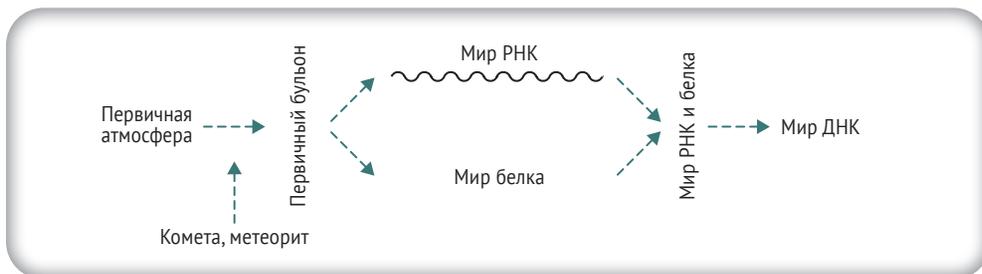
Первая жизнь на Земле образовалась вокруг РНК, а её молекулы имели функции и передачи генов, и катализатора.



Цикл передачи информации в живых организмах



Зарождение жизни на Земле



В обитаемой среде (называемой первичным бульоном) легко образуется РНК

Новая догма



По сравнению с ДНК, РНК обладает более разнообразными функциями и множеством талантов, необходимых для обеспечения только что зародившейся жизни, и более точно отражает её историю, никогда ранее не рассматривавшуюся

Раньше кислород был ядом

Теория о симбиотической эволюции клеток

Развитие бактерий, приспосабливающихся к окружающей среде

Человеческое тело состоит из ~60 трлн клеток, и эти клетки можно назвать эукариотическими. А в толстой кишке ~100 трлн клеток около 100 видов, среди которых – энтеробактерии и патогены: большинство из них – прокариоты. Эукариоты – это такие клетки, у которых есть ядро, в котором содержится ДНК. У прокариотов ядра нет, поэтому ДНК распределена по клетке.

Первыми бактериями, появившимися на Земле, вероятно, были прокариоты. Объясняет эту эволюцию от прокариотов к эукариотам теория о симбиотической эволюции клеток (на самом деле есть ещё одна теория, но в последнее время особенное влияние получила именно теория о симбиотической эволюции клеток). Найденным сейчас останкам самых древних бактерий ~3,2 млрд лет.

Первые бактерии питались абиотическим органическим веществом и в конце концов съели его. Выжили те организмы, которые научились сами производить из неорганических веществ органические вещества и энергию. Среди них впечатляющих успехов добились сине-зелёные бактерии (цианобактерии), применявшие фотосинтез и имевшие в изобилии воду, свет и углекислый газ. Но было одно фундаментальное противоречие.

Кислород был ядом, и живые существа не могли существовать в кислородной среде. Однако они сами в процессе фотосинтеза создавали и выделяли кислород. Количество кислорода, выделенного сине-зелёными бактериями, всё росло. Его содержание в атмосфере увеличилось с 0,0001 % до 21 %. Это случившееся 2 млрд лет назад событие было самым масштабным загрязнением воздуха за всю историю Земли.

В результате этого загрязнения в планетарном масштабе многие животные вымерли. В конечном итоге на сцену вышли бактерии, которые

Эукариотические клетки, из которых состоят наши тела (сюда включаются тела животных и растений), находятся в симбиозе с несколькими видами прокариотических клеток.

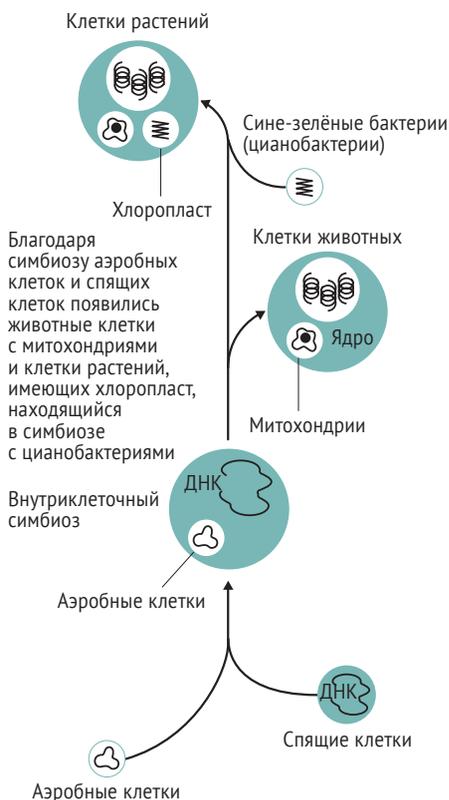


повернули процесс фотосинтеза вспять (сама идея такого резкого поворота удивительна!) и начали процесс дыхания, в котором они смогли использовать яд под названием кислород. При вступлении в реакцию органического вещества и кислорода образуется углекислый газ и вода, и организмы получали большое количество энергии.

Первые бактерии, боящиеся кислородного загрязнения, были вынуждены искать тесного симбиоза с этими оригинальными дышащими бактериями. Как составные части других живых существ эти дышащие бактерии стали митохондриями. Они играют роли энергетических станций, снабжающих энергией всю клетку. А фотосинтезирующие бактерии стали хлоропластами. Таким образом, эукариотические клетки, встретившись с прокариотическими клетками, заключают симбиотические отношения.

В описанной выше теории симбиотической эволюции клеток есть слабое место: она должна была объяснить происхождение клеток с ядром, но объяснение строения ядра в ней слабо.

Теория симбиотической эволюции клеток



Поборница теории симбиотической эволюции клеток, испанская красавица Линн Маргулис (1938–2011)

Впервые идея о симбиозе была выдвинута во второй половине 1960-х годов, и её автором была Линн Саган. Она была первой женой того самого Карла Сагана. После развода она сменила фамилию на Маргулис, и сейчас её знают именно под этим именем. Немного странно, что человек, который не смог достигнуть симбиоза в семейной жизни, провозгласил теорию симбиоза клеток, не так ли? Я не должен был этого писать, но всё же написал. Извините, Линн Маргулис!

Почему из эпицентра землетрясение сразу же передаётся дальше?

Формула Омори

Разница между продольной и поперечной волнами

Прибор, записывающий колебания поверхности земли, – **сейсмограф** – был изобретен в конце XIX века. С его помощью сразу же стало понятно, что волны, вызывающие землетрясения, можно разделить на две большие группы. Это Р-волны (продольные) и S-волны (поперечные).

Р-волна – **ударная**, в ней колебания происходят в направлении её распространения, чередуя сжатие и расширение. Она может передаваться и твёрдым телом, и жидкостью, и газом.

S-волна – **волна сдвига**, в которой направление молекул колебаний среды перпендикулярно к направлению распространения. Она распространяется только в твёрдых телах.

В жидкостях и газах смежные слои свободно скользят друг по другу без появления противодействующих упругих сил. Раз нет упругих сил, то и образование упругих волн в жидкостях и газах невозможно. Благодаря сейсмографам накопилось множество записей о землетрясениях по всему миру, и в XX веке был осуществлён прорыв – изучено то, что происходит внутри Земли.

Кратко расскажу вам о формуле Омори. Это формула, выведенная родоначальником японской сейсмологии – Фусакити Омори (1868–1923). Как правило, скорость распространения Р-волны высокая, и вначале возникает небольшое дребезжащее вертикальное движение. Затем после некоторой задержки возникает S-волна, которая передаётся как большое горизонтальное перекатывающееся движение.

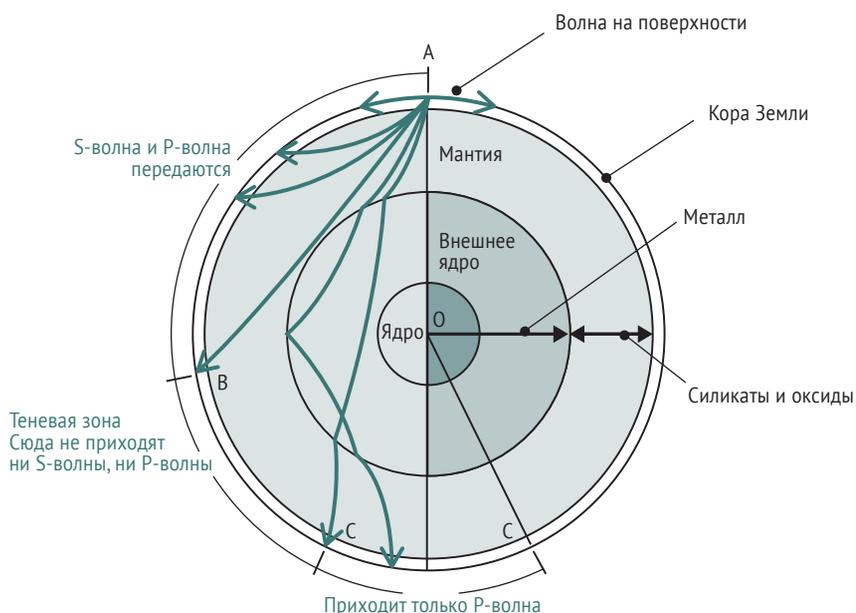
Время от момента прихода Р-волны до начала S-волны пропорционально расстоянию от эпицентра, поэтому оно зависит от того, каковы скорости Р-волны и S-волны.

Формула Омори вычисляет расстояние до эпицентра достаточно точно, за исключением случаев, когда эпицентр находится очень близко или слишком далеко, на расстоянии более 1000 км.

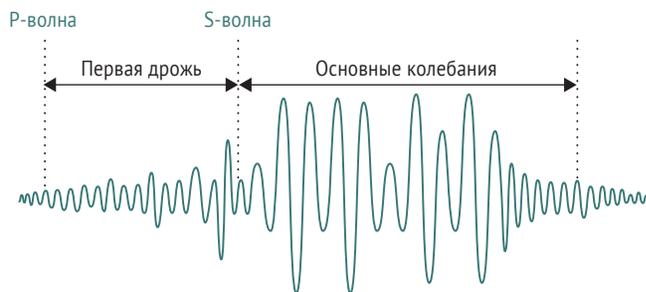
Р-волна и S-волна помогают определить расстояние до эпицентра землетрясения.



От эпицентра землетрясения А Р-волны и S-волны распространяются внутри Земли, как показано на рисунке ниже



Изучая, как распространяются волны при землетрясении, можно понять внутреннюю структуру Земли!



Во время землетрясения сначала возникает мелкая вертикальная дрожь (Р-волна), а после неё сильные боковые колебания (S-волна) становятся основными колебаниями



Формула Омори

$$I = \frac{v_1 v_2}{v_1 - v_2}$$

I – расстояние до эпицентра (км)
 v_1 – средняя скорость Р-волны (5,5 км/с)
 v_2 – средняя скорость S-волны (3,3 км/с)

Почему вещи падают прямо вниз?

Принцип относительности Галилея

Вопрос! Куда летит каскадёр?

Вы когда-нибудь катались на водных горках? В тот момент, когда лодка скользит по наклонной поверхности вниз, каскадёр, стоящий на её носу, подпрыгивает в воздух (см. рис. 1). Как вы думаете, в каком направлении он прыгнет?

Варианты ответов:

- 1) по направлению движения корабля вверх и вперёд по диагонали;
- 2) вверх и назад по диагонали;
- 3) прямо вверх.

Ответ будет в конце данного раздела.

Этот вопрос напрямую связан с одной из причин, по которым в Европе никак не могли принять гелиоцентрическую систему мира, открытую Коперником. Если залезть на башню и бросить оттуда вниз камень, то для камня, вылетевшего из руки, требуется время, чтобы он достиг земли. Если Земля в это время движется с запада на восток, то камень, который должен упасть прямо вниз, упадёт немного западнее, чем должен был. Однако если проделать этот опыт, то камень упадёт прямо вниз. Значит, Земля не движется?!

Это оспорил Галилей в своих «Диалогах о небесных телах». Попробуем сесть на лодку, движущуюся с постоянной скоростью в одном направлении. Затем залезем на мачту и попробуем сбросить оттуда вниз предмет. В таком случае, вне зависимости от того, движется лодка или нет, предмет упадёт прямо вниз (см. рис. 2).

Когда мы едем в поезде, движущемся с постоянной скоростью, книга, которую мы выроним из рук, точно так же, как если бы поезд стоял, упадёт прямо вниз. Это и называется **принципом относительности Галилея** (см. рис. 3).

Принцип относительности Галилея отличается от теории относительности Эйнштейна, однако похож на него в том смысле, что они оба рассматривали физические законы в рамках относительности. Начало этому дал именно Галилей. Это было 400 лет назад. Ой, чуть не забыл. Ответ на вопрос, заданный в начале главы, – разумеется, 3.

Когда движение рассматривается из системы координат, в которой тела движутся с постоянной скоростью, законы этого движения остаются постоянными.



Рис. 1

Рис. 1. Куда полетит каскадёр?



Рис. 2 Если бросить предмет с движущегося судна, то?

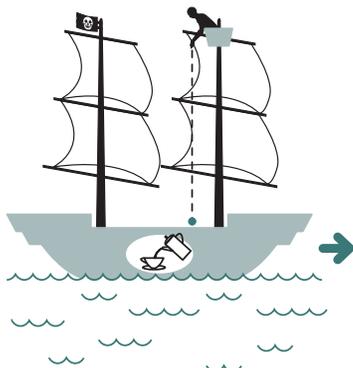
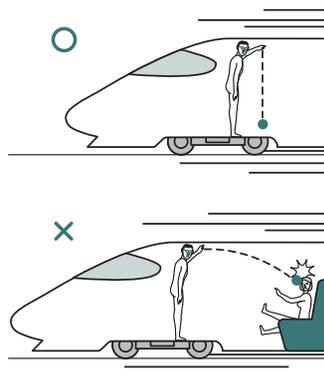


Рис. 3 Если уронить предмет в движущемся поезде, то?



Принцип относительности Галилея и Ньютона

Принцип относительности, особенно касающийся законов падения, обнаружил Галилей. Галилей главным образом занимался законами движения объектов по поверхности земли, а Коперник и Кеплер – законами движения небесных тел. Ньютон в своей механике объединил две эти ветви и стал думать о них как об одном целом. Механика Ньютона удовлетворяла принципу относительности Галилея.

Падают и яблоко, и Луна!

Закон всемирного тяготения

Ньютон: от падения яблока до падения Луны

Исаак Ньютон (1642–1727), которого иногда называют самым значимым физиком в истории человечества, закончил Кембриджский университет, но в возрасте 24 лет, когда университет был закрыт из-за эпидемии чумы, был вынужден вернуться домой. За эти полтора года он совершил три крупных открытия: спектральное разложение света призмой, математический анализ, закон всемирного тяготения.

Говорят, что знаменитый эпизод с падающим яблоком, результатом которого явилось открытие Ньютоном гравитации, был записан с его слов в последние годы жизни учёного его молодым другом Уильямом Стьюкли. Говорят также, что они оба в это время находились под яблоней. Загадочные у них были отношения!

Когда Ньютон увидел, как яблоко падает с дерева, он поднял взгляд выше и задумался: почему Луна, которая имеет такую же круглую форму, не падает на Землю. И в итоге он понял, что Луна тоже падает, только во время падения она движется вперёд с постоянной скоростью и в результате продолжает движение по круговой орбите.

Он предвидел появление искусственных спутников?!

Ньютон привёл доступный пример. Если с высокой горы сбросить предмет, то он будет падать вниз. Если придать ему скорость, заставляющую его лететь в сторону, то он сможет облететь всю Землю. Это Ньютон называл **круговым движением**.

Похоже, что он предвидел даже появление искусственных спутников, не так ли?

Учитывая скорость движения Луны по круговой орбите, сила притяжения, вызывающая её падение, должна быть крайне низкой по сравнению с той, что действует ближе к Земле. Продолжая мыслить в этом направлении, Ньютон открыл закон гравитации. Согласно этому закону

Сила притяжения F двух объектов, пропорциональная произведению их масс m_1 и m_2 и обратно пропорциональная квадрату расстояния между ними r , направлена по линии, соединяющей центры этих объектов.



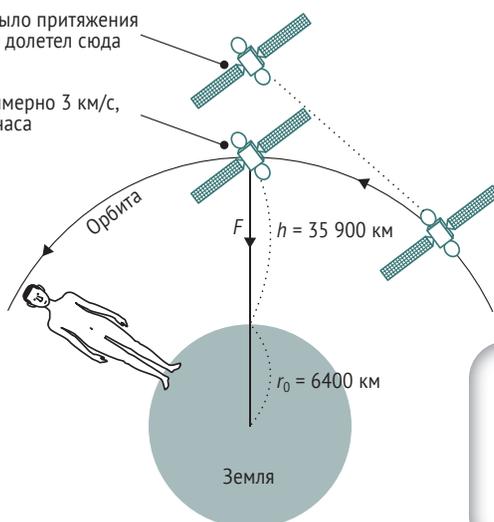
сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния, поэтому его ещё называют законом обратных квадратов.

Кроме того, этот закон называют также **законом всемирного тяготения**. Он применим не только к объектам на Земле, но и к планетам Солнечной системы, и к звёздам в Млечном Пути. Однако неизвестно, применим ли он к объектам, находящимся на очень малых расстояниях, например к ядрам атомов, и на крайне больших, например к туманностям.

Сила притяжения, действующая на геостационарный спутник, и его орбита

Если бы не было притяжения Земли, он бы долетел сюда

Скорость примерно 3 км/с,
оборот – 24 часа



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

F – сила притяжения; m_1 – масса Земли;
 m_2 – масса стационарного спутника;
 r – расстояние между двумя объектами
 G – гравитационная постоянная = $6,6720 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$

Принцип работы геостационарного спутника

Геостационарный спутник вращается вокруг Земли с точно такой же скоростью, как вращается сама Земля, и в том же (восточном) направлении. Поэтому он кажется неподвижным. Если сделать расчёты с помощью закона всемирного тяготения, окажется, что он должен находиться на высоте примерно 36 тыс. км над экватором. Существует план свесить с этого спутника трос и таким образом создать космический лифт. Эта идея отлично вписывается в научную фантастику, например «Фонтаны рая» Артура Кларка или «Звёздный мост» Чарльза Шеффилда.

Великое открытие американца о стремлении к расширению Закон Хаббла

Вселенная расширяется

Закончив университет в Чикаго, Эдвин Пауэлл Хаббл (1899–1953) отправился на обучение за границу в Оксфордский университет, а после его окончания открыл адвокатскую контору. Однако через год контора была закрыта, а сам Хаббл начал работать в Йеркской обсерватории Чикагского университета, где стал изучать астрономию. А затем по приглашению Джорджа Хейла поступил на работу в обсерваторию Маунт-Вилсон.

В 1924 году он совершил великое открытие. В это время в астрономическом мире шли бурные дебаты. Часть учёных была уверена, что наш Млечный Путь является единственной галактикой, кроме него, других галактик нет, а вторая утверждала, что существуют и другие галактики. Хаббл нашёл в туманности Андромеды звёзды с переменной яркостью класса **цефеиды**. Если измерить расстояние до этих звёзд, то оно превышает 1 млн световых лет. Сегодня вычислено точно, что это расстояние приблизительно составляет 2,3 млн световых лет.

Диаметр нашего Млечного Пути – 100 тыс. световых лет. Следовательно, туманность Андромеды не может находиться внутри него.

Хаббл увлёкся измерением расстояний до галактик и в 1929 году совершил одно из крупнейших открытий своего века. Чем дальше находятся галактики, тем с большей скоростью они удаляются. Другими словами, **Вселенная расширяется**. Как он понял эту немислимую вещь?

Использование эффекта Доплера

В свете галактик и звёзд почти всегда распознаётся спектр атомов водорода, самого распространённого элемента во Вселенной. При проведении спектрального анализа каждый химический элемент образует в спектре характерную для него картину. Хаббл сравнил спектр галактики со спектром стандартного лабораторного источника излучения

Чем дальше галактика, тем быстрее она удаляется.



и обнаружил сдвиг спектральных линий водорода в длинноволновую сторону, в сторону красного света. Это называется **красным смещением**.

Но ведь длина волны становится больше, когда источник света отдаляется от наблюдателя, и это есть не что иное, как эффект Доплера!

Чем дальше объект от Млечного Пути, к которому принадлежит Земля, тем больше скорость удаления этого объекта. Как ни странно, 1929 год, в котором было совершено открытие о расширении Вселенной, оказался годом начала Великой депрессии.

Может быть, открытие Хаббла смогло подбодрить американцев, вставших в мрачное настроение, и оказалось чрезвычайно великодушным подарком с его стороны.

График, из которого ясно, что Вселенная расширяется

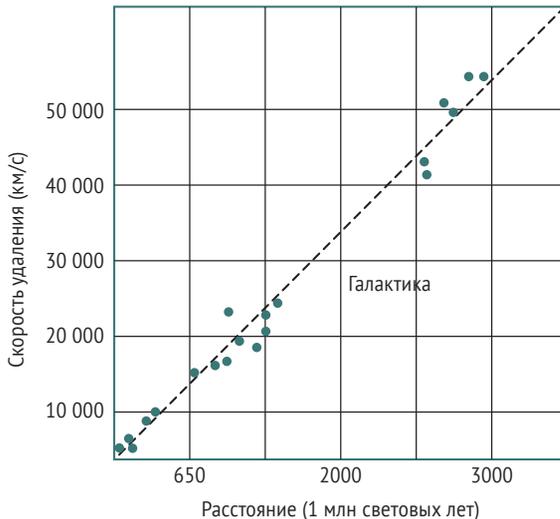


График показывает: чем дальше находится галактика (отдельные тёмные точки представляют отдельные галактики), с тем большей скоростью она удаляется

Формула Хаббла

$$v = kr$$

v – скорость галактики (км/с);
 r – расстояние (млрд световых лет);
 k – постоянная Хаббла
 (3070 км/с/световых лет)

У Большого взрыва есть отец

Теория Большого взрыва

Предсказание «отца» Большого взрыва Леметра

Первым человеком на Земле, провозгласившим существование Большого взрыва, оказался в 1927 году бельгийский католический священник и математик Жорж Леметр. Сегодня его можно назвать «отцом» **Большого взрыва**. Однако мир отнёсся к нему холодно. Аргументы Леметра были основаны только на теории относительности Эйнштейна, никаких других подтверждений у него не было.

Когда в 1929 году Хаббл опубликовал свою теорию о расширении Вселенной, настроения переменялись. Если Вселенная расширяется, то большой взрыв мог произойти.

Появились люди, прислушивавшиеся к предсказаниям Леметра. Георгий Гамов (1904–1969) в 1948 году развил **теорию о Большом взрыве**.

Однако данное Гамовым и др. доказательство Большого взрыва содержало гипотезу об очень раннем состоянии Вселенной и не подкреплялось никакими расчётами.

Окончательное доказательство Большого взрыва!

К тому же как оценить предположение, что очень холодное тепловое излучение остатков очень горячей Вселенной, представляющей собой огненный шар, имело послесвечение большого взрыва, то есть какое-то отражение? На этот вопрос Гамов тоже не сумел ответить.

Затем британский астроном и автор научно-фантастических произведений Фред Хойл в сотрудничестве с двумя другими учёными выдвинул теорию стационарной Вселенной, он не принимал теорию Большого взрыва.

Двое инженеров спутниковой связи в лабораториях Белла, Арно Пензиас и Роберт Уилсон, боролись с микроволновым шумом, источник которого они не могли определить. Они пытались устранить шумы при передаче радиоволн спутниковой связи. Тогда они заметили шумы, которых по

Изначально на Земле был всего один суперконтинент, который распался, и земная суша приняла современный вид.

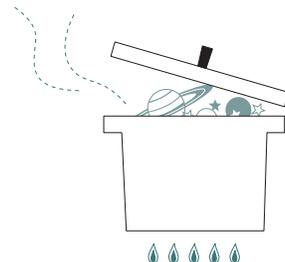


идее не должно было быть. Шумы приходили со всех направлений. Они измерили температуру шумов, оказалось, что она – три градуса по шкале абсолютной температуры.

Они отправились в университет Принстон, находящийся неподалёку, посоветовались с исследователями, и выяснилось, что, возможно, именно это и является послесвечением Большого взрыва. Это было открытием явления, известного под названием **реликтового излучения** (см. рисунок ↓).

Отцу Большого взрыва, Леметру, в это время было уже 72 года. Почти в конце жизни он получил известие об открытии явления, отцом которого мог бы себя назвать.

А Пензиас и Вильсон в 1978 году получили Нобелевские премии.



Реликтовое излучение позволяет увидеть зарождение Вселенной!



Реликтовое излучение – это электромагнитное излучение с длиной волны от 1 мм, приходящее со всех сторон Вселенной, и со спектром, свойственным для абсолютно чёрного тела с температурой 3 К, то есть $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$

Кварки похожи на шарики

Кварковая модель Гелл-Манна

Огромная лестница от элементарных частиц к кваркам

Для начала посмотрите, пожалуйста, на рисунок «Иерархическая структура вещества и жизни». Структура идёт от уровня хорошо нам знакомых, видимых глазу тел, к уровню молекул и атомов и далее к уровню атомных ядер и электронов, а затем к уровню таких элементарных частиц, как протоны, нейтроны и мезоны. Есть ли ещё более низкие уровни?

До середины 1970-х годов по этому поводу в науке велись ожесточённые споры.

Американский физик Джеффри Чу (1924–2019) был убеждён, что в этой иерархии на уровне элементарных частиц происходит остановка. Он считал, что элементарные частицы – в самом низу и класса мельче них уже не будет. Он назвал эту теорию **ядерной демократией**. И стремился создать такую теорию, согласно которой элементарные частицы, включая самих себя, были построены из нескольких элементарных частиц, так что между ними не было противоречия.

Но Вернер Гейзенберг и Хидэки Юкава постарались опуститься ниже на одну ступеньку по этой лестнице. Ещё более радикальный проект предложил Сёити Саката (1911–1970) – **теорию о бесконечной иерархии**. Он считал, что иерархия бесконечна и по лестнице природы можно спускаться бесконечно.

Немного пугающее предположение, не так ли? Страшно здесь то, что когда мы смогли прийти от атомов до их ядер, мы создали атомную бомбу. Что же будет, если мы действительно откроем ещё более мелкие элементы?

Приверженцы модели Сакаты – реформаторы, желающие внедрить новые частицы веществ. А противостоящие им консерваторы – приверженцы идеи ядерной демократии.

Мао Цзедун поддержал модель Сакаты, и китайские физики разработали модель **уровневой частицы**. Однако усовершенствованием модели Сакаты была не модель уровневой частицы, а предложенная американ-

Элементарные частицы состоят из кварков.

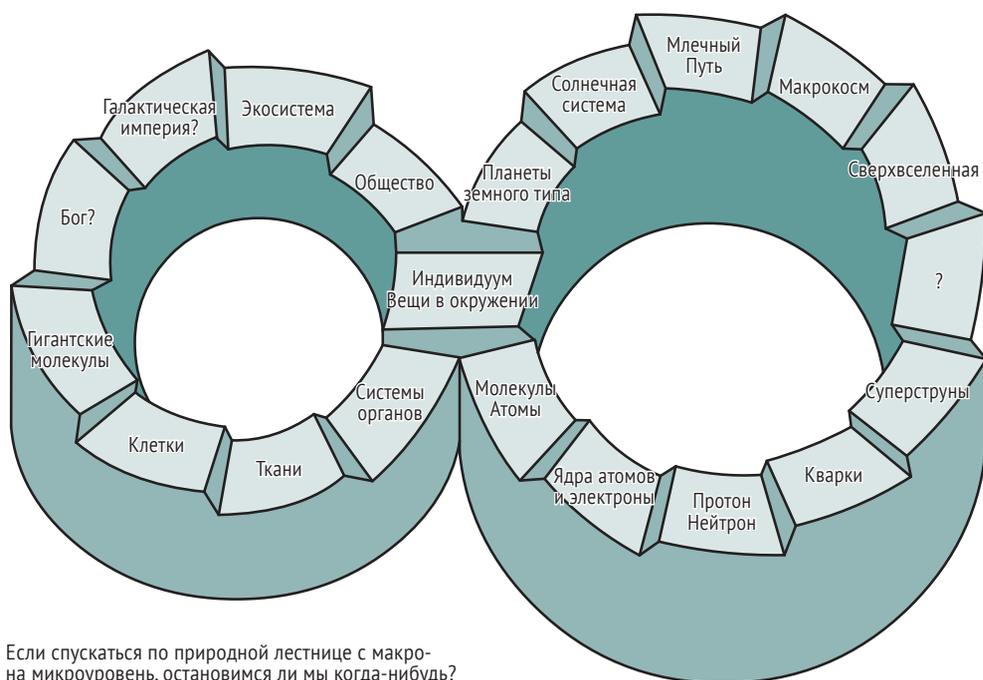


цами Марри Гелл-Манном (1929–2019) и Джорджем Цвейгом (1937) независимо друг от друга **кварковая модель**. Согласно кварковой модели, адроны (частицы, находящиеся внутри ядра атома), такие как протоны и нейтроны и др., состоят из трёх кварков, а мезоны – из двух кварков. По поводу кварков были очень сильны скептические настроения. Однако в 1969 году в большом ускорителе частиц в Стэнфорде был проведен опыт, в ходе которого электроны на высокой скорости сталкивались с протонами, и в результате этого столкновения были обнаружены три частицы. Это и были кварки!

Кварковая модель



Иерархическая структура вещества и жизни



Если спускаться по природной лестнице с макро- на микроуровень, остановимся ли мы когда-нибудь?

Если хотите встретить инопланетян, продлите жизнь своей цивилизации! Уравнение космической цивилизации

На Земле нет жизни?

Уравнение космической цивилизации ограничивается условием, что оно моделируется на основе земной жизни и цивилизации. Формула с большим количеством цифр на следующей странице принадлежит Карлу Сагану, но она является всего лишь гипотезой, не имеющей реальных подтверждений. В частности, вероятность существования планет, на которых жизнь действительно возникает и развивается (f_i), и средняя продолжительность жизни технологически развитой цивилизации (L) весьма противоречивы.

В целом астрономы имеют такие же оптимистичные взгляды, как и Карл Саган. Они считают, что жизнь непременно должна зародиться и развиваться, вероятность (f_i), по их мнению, равна 1. Биологи же утверждают, что вероятность того, что из смеси аминокислот появятся особые белки, составляет всего одну десятитысячную, а вероятность того, что появится особая ДНК, – ещё меньше. Ну а вероятность того, что эти белки и ДНК смогут составить живое существо, почти безнадежно мала. Если делать расчёты с такой вероятностью, то с момента Большого взрыва не прошло достаточно времени, чтобы зародилась жизнь. Правда?! В таком случае получается, что **на Земле до сих пор нет жизни!**

По результатам новейших исследований (см. стр. 25) в таблице на следующей странице $R \times f_p = 1$, $n = 0,15 \sim 0,2$. То, чему равно f_i , до сих пор исследуется, однако, вдохновившись его пылом и из уважения к Сагану, сейчас его условно принимают за 1. К произведению $f_i \times f_c$ тщательно приглядываются, но боятся, что оно будет бесконечно близко к 0. Оставим его постоянным и назовём k .

Таким образом, если это подставить в формулу Сагана, то уравнение космической цивилизации будет таким, как показано на стр. 129.

N пропорционально L , и если мы хотим встретить инопланетян, то нужно увеличить L ! Чем больше цивилизаций существует в галактике, тем больше вероятность встретить инопланетян.

Формулу для определения количества цивилизаций в галактике называют уравнением Дрейка, или формулой Грин Бэнк.



Уравнение космической цивилизации

Можно рассчитать расстояние до соседней инопланетной цивилизации?!

$$N = R \times f_p \times n \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

Символ	Условие	Цифры, данные Саганом	Связанные академические отрасли
N	Количество цивилизаций в Млечном Пути	10^6	
R	Средняя скорость появления звёзд в галактике	10	Физика небесных тел
f_p	Процент звёзд с планетной системой	1	
n	Количество планет с пригодными экологическими условиями для зарождения и развития жизни внутри планетной системы	1	Астрономия, биология
f_l	Вероятность появления планет, на которых действительно может зародиться и развиться жизнь	1	Органическая химия, биохимия
f_i	Вероятность появления разумных существ на планетах, пригодных для зарождения и развития жизни	1	Нейрофизиология, теория эволюции
f_c	Вероятность развития высокотехнологичного общества, имеющего возможность и интерес к межзвёздному общению	0,01	Антропология, археология, история
L	Средняя продолжительность жизни технической цивилизации	10^7	Психология, психопатология, история, биология, политика, наука о цивилизациях

Уравнение космической цивилизации, полученное в результате новейших исследований

$$N = (0,15 \sim 0,2) \times k \times L$$

Вселенная существует для людей

Антропный принцип

Слабый и сильный антропный принцип

С древних времён, когда мы осознали существование людей в этом мире, центром существования здесь, конечно же, были люди. Однако со времени революции Коперника, при современном развитии естествознания, стало понятно, что **люди** – это **не самые особенные существа** в этой Вселенной.

Сначала Коперник в рамках своей гелиоцентрической системы мира понял, что Земля, на которой живут люди, не является центром Солнечной системы. В конечном итоге стало понятно и то, что Солнечная система не является центром Млечного Пути и наша галактика не является центром всей Вселенной.

Затем был установлен космологический принцип, согласно которому каждый наблюдатель в один и тот же момент времени, независимо от места и направления наблюдения, обнаруживает во Вселенной в среднем одну и ту же картину.

Кроме того, можно сказать, что таксонометрия и теория эволюции со времён Дарвина сокрушили старый антропный принцип и привнесли биологический космологический принцип, в котором человек позиционируется как простой член отряда млекопитающих в мире живых существ.

Однако в середине XX века произошло нечто вроде оживления антропного принципа – часть учёных начала верить в **обновлённый антропный принцип**.

Изначально в 1961 году Роберт Дикке в английском журнале опубликовал статью, в которой провозгласил слабый антропный принцип, согласно которому жизнь рождается и существует только в определенное время существования Вселенной. Он заявил, что фундаментальные константы, на которых построена Вселенная, не могли быть такими же ни раньше, ни позже, а только в данный конкретный момент времени её существования.

В 1968 году Брэндон Картер провозгласил сильный антропный принцип.

Люди живут в этой Вселенной потому, что эта Вселенная создана так, что люди могут в ней жить.



По его мнению, для того чтобы жизнь стала возможной, многие фундаментальные константы Вселенной должны находиться в определенном ограниченном диапазоне. Другими словами, **жизнь возникает и развивается только в определённой Вселенной.**

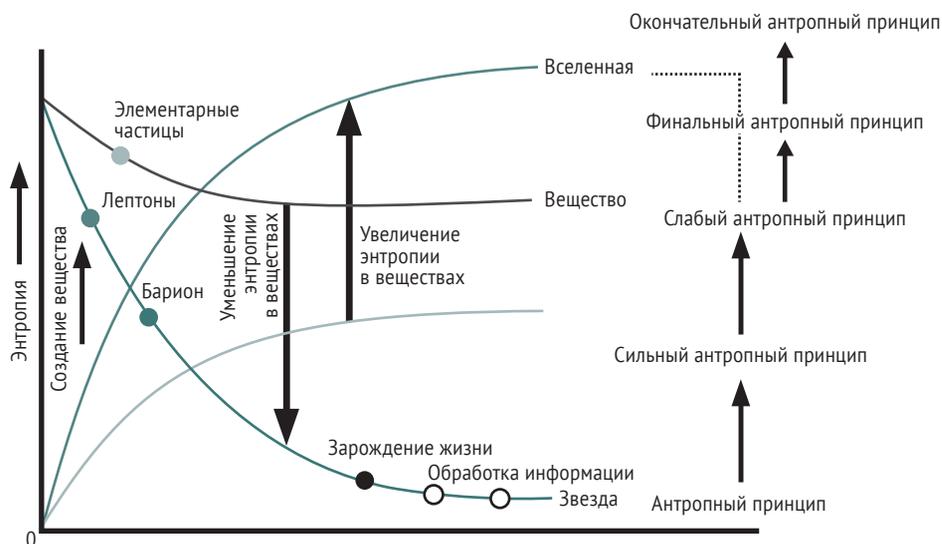
Разница между старым и новым антропным принципом

В цепочке «старый антропный принцип → космологический принцип → новый антропный принцип», есть два типа антропных принципов: старый и новый. В чём их разница?

Старый антропный принцип гласит, что люди – единственные разумные существа во Вселенной. Новый же антропный принцип говорит, что Вселенная создана таким образом, что в ней могут существовать люди, а сами люди не являются особенными существами, и, согласно космологическому принципу, я думаю, что разумные существа вполне могут существовать и вне Земли.

Кроме того, когда появится существо, способное к интеллектуальной обработке информации, например искусственный интеллект, оно продолжит своё существование в данный конкретный момент. Возможно, это и есть окончательный антропный принцип?

Прошлое и будущее Вселенной



(Из «Справочника 50 научных теорий (Вселенная, Земля, живые существа)», опубликованного издательством СофтБанк Криэйтив)

Книги издательства «ДМК ПРЕСС»
можно купить оптом и в розницу
в книготорговой компании «Галактика»
(представляет интересы издательств
«ДМК ПРЕСС», «СОЛОН ПРЕСС», «КТК Галактика»).

Адрес: г. Москва, пр. Андропова, 38;
тел.: (499) 782-38-89, электронная почта: books@aliens-kniga.ru.

При оформлении заказа следует указать адрес (полностью),
по которому должны быть высланы книги;
фамилию, имя и отчество получателя.

Желательно также указать свой телефон и электронный адрес.
Эти книги вы можете заказать и в интернет-магазине: www.a-planet.ru.

Нобумицу Оомия

Замечательные научные теории

Главный редактор *Мовчан Д. А.*
Зам. главного редактора *Сенченкова Е. А.*
dmkpress@gmail.com
Перевод *Павловская К. В.*
Редактор *Петровичева М. Е.*
Корректор *Синяева Г. И.*
Верстка *Чаннова А. А.*
Дизайн обложки *Мовчан А. Г.*

Гарнитура PT Serif. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 10,73. Тираж 1000 экз.

Веб-сайт издательства: www.dmkpress.com