

Содержание

006 Введение



01

Физика

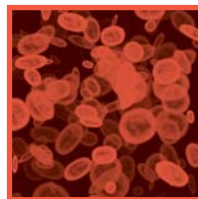
- 010 Космические часы Кеплера
- 012 Почему вам никогда не упорядочить карты в колоде
- 014 Скорые поезда в замедленном движении
- 016 Лифт и космический корабль
- 018 Флатландцы
- 020 Близнецы путешествуют во времени
- 022 Старушка на стремянке
- 024 Бильярдный стол в темноте
- 026 Теория струн — «всеобщая теория всего»
- 028 Кот Шрёдингера
- 030 Вселенная точно для Маши
- 032 Рассерженные пчелы в сжимающемся улье
- 034 Бильярдный шар в Париже и в Питтсбурге
- 036 Период полураспада и горсть монет
- 038 Теплота, давление и бильярдные шары
- 040 Костяшки домино падают быстрее, чем книги
- 042 Команда без капитана
- 044 Электрическая цепь как небоскреб
- 046 Ленты конвейера и угольные склады
- 048 Электричество — как вода
- 050 Параллельное соединение — как актовый зал
- 052 Спички, мышеловки и деление ядер
- 054 На коньках по неровному льду
- 056 Сирена мчится



02

Химия

- 060 Танцы на булавочной головке
- 062 Будь яблоко размером с Землю
- 064 Капля Шекспира и щепотка Чингисхана
- 066 Вокруг света по рулону туалетной бумаги
- 068 Австралия, засыпанная рисом
- 070 Атомный автодром
- 072 Близкое далеко
- 074 Танцуют все!
- 076 Кавалеры приглашают дам
- 078 Сэндвич пополам и химические связи
- 080 В одной связке
- 082 Сэндвичи с ветчиной и стехиометрия
- 084 Пчела в соборе
- 086 Солнечные системы и квантовые вентиляторы
- 088 Жутко ярко и запредельно тускло
- 090 Молекулярные застежки
- 092 Макромолекулы и мегамоли
- 094 Шары и пружины

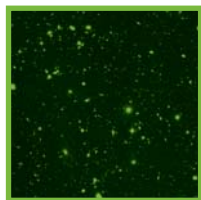


03

Биология

- 098 История Земли за сутки
- 100 Эволюция: дерево или куст?
- 102 Большие и маленькие
- 104 Грибница размером с три Центральных парка
- 106 Маленький, но смертельный
- 108 Горячая, дымящаяся, дерзкая боль
- 110 Паук, поймавший самолет
- 112 Клетка — как город
- 114 Разложены по полочкам

- 116 Фермент — ключ к биохимическому успеху
- 118 Код жизни
- 120 Геном как маршрут
- 122 Вверх по эскалатору, едущему вниз
- 124 Крошечный рачок быстрее гепарда и сильнее кита
- 126 Заблуждение о часовщике



04

Астрономия

- 130 Вальс в темноте
- 132 Тяжелее некуда
- 134 Сквозь стекло по кривой
- 136 Внутри галактического вихря
- 138 Земля как шарик от подшипника
- 140 Миллион слонов в секунду
- 142 Путешествие со скоростью света
- 144 Вселенная как булочка с изюмом
- 146 Вселенная как йо-йо
- 148 Светлячок на Луне
- 150 Сверхновая как всплеск из бутылки



05

Науки о Земле

- 154 Могучий ветер
- 156 Мячик на карусели
- 158 Свалка в Большом каньоне
- 160 Выпить Тихий океан
- 162 Лифт на Эверест
- 164 Как водородная бомба в Сан-Франциско
- 166 Вулканы — природное оружие массового поражения
- 168 Губительная волна

- 170 Подарки из космоса
- 172 Земля и магнитик на холодильнике
- 174 Земля как яйцо по-шотландски
- 176 Парниковый эффект



06

Тело человека

- 180 Из чего мы сделаны?
- 182 Вычерпать ванну ложкой
- 184 Бассейны и супертанкеры
- 186 Стальной скелет
- 188 В меньшинстве
- 190 Мертвая голова
- 192 Заплыв в патоке
- 194 Корабль Тесея
- 196 Злой гений Декарта
- 198 Если акула укусит гиганта
- 200 Вот это фокус



07

Технологии

- 204 Каждые полтора года — по Манхэттену
- 206 Великая пирамида по минимальной ставке
- 208 Величайшая машина на свете
- 210 Корабль больше Эмпайр-стейт-билдинг
- 212 До Луны и обратно на одном баке горючего
- 214 Измеряя Интернет
- 216 Космическая свалка
- 218 Вторая мировая в одной бомбе
- 220 Китайская комната
- 222 Алфавитный указатель

Введение

► Чем Земля похожа на яйцо по-шотландски?

Кто такие демон Максвелла и злой гений

Декарта? Если бы автомобильные технологии

развивались как компьютерные, смогли бы мы слетать на Луну и обратно всего на одном

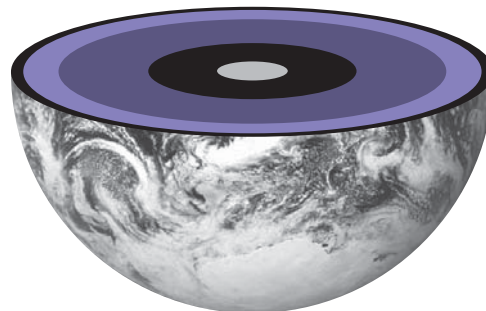
баке топлива? Каково это — быть похожим на флатландца с некоторой примесью Шекспира

и Чингисхана? Смог бы паук поймать своей сетью авиалайнер? Что случилось с несчастным

котом Шрёдингера?

Книга расскажет вам обо всем этом и о многом другом: сколько материи в слонах сжигает Солнце каждую секунду; почему сперматозоид плывет в киселе, в котором вы едва смогли бы двигаться; чем электрон похож на пчелу в соборе; каким образом вы могли бы стареть вдвое быстрее своего брата-близнеца; сколько времени потребуется, чтобы выпить Тихий океан или подняться на Эверест на лифте.

Такой поток аналогий и метафор может сбить с толку. Но мы надеемся, что они помогут вам понять наиболее сложные научные идеи, сделают их чуть легче для восприятия.



Чтобы понять, почему Земля похожа на яйцо по-шотландски, смотрите с. 174.

Природа аналогии

Наука сложна по многим причинам: она опирается на громоздкие математические формулы, обращается к чему-то безмерно большому или непостижимо малому, использует специальный язык и обозначения. Иногда кажется, что ее выводы противоречат логике и интуитивному восприятию. Поэтому ученые часто прибегают к аналогиям, сравнениям и мысленным экспериментам.

Аналогии обладают большими возможностями, ведь они используют особенности человеческого мышления. Наш мозг развивался в сложном и меняющемся мире, и он приспособлен к быстрой и эффективной обработке

Аналогия включает в себя **образец** (простую, хорошо известную идею, ситуацию или предмет) и **субъект** (понятие, которое нужно объяснить). Сопоставление образца и субъекта часто называют отображением. Положительная аналогия ищет общие свойства, связи между ними. Отрицательная — противоречия, признаки, по которым субъект отличается от образца, — иными словами, примеры, когда сходство ложно.

неполной и противоречивой информации. Где только возможно, он использует шаблоны и упрощения — это одна из причин, почему людям бывает непросто мыслить логически.

Нам легче сравнивать неизвестное с известным, обращаться к уже имеющемуся опыту, искать связи между вещами и таким образом постигать их смысл. Аналогии настолько удобны, что используются не только в научных дискуссиях, но и в процессе научного познания в целом. Без них не случилось бы многих озарений. История науки знает массу примеров, когда прорыва удавалось достичь благодаря аналогиям.

Научно-технические революции по аналогии

Чтобы увидеть, как работают аналогии, достаточно вспомнить момент, определивший начало первой научно-технической революции. Иоганн Кеплер открыл закон движения планет — один из первых законов науки. А подтолкнула его к этому идея о том, что Вселенная похожа на гигантский часовой механизм (с. 10). Сравнение с часами заставило его критически посмотреть на существовавшие теории устройства мироздания и математически обосновать движение планет. Его работы побудили юного Исаака Ньютона сравнить падение яблока в родительском саду с вращением Луны вокруг Земли и задуматься, нет ли чего-то общего в этих процессах.

Известны десятки других аналогий, которые помогли совершить научные открытия. Эта книга расскажет вам о многих из них. Например, Роберт Бойль, представляя себе частицы газа как шарики с пружинками, пришел к созданию теории газов (с. 38). Христиан Гюйгенс и многие его последователи, изучая свет, сравнивали его с волнами на воде. Джеймс Клерк Максвелл сопоставлял электрические силовые линии и давление воды в трубах (с. 48). Образ змеи, заглатывающей собственный хвост, привел Августа Кекуле к описанию кольцеобразной молекулы бензола. Уотсон и Крик, как и тысячи ученых до и после

них, использовали модель, которая помогла им определить, что молекула ДНК имеет вид двойной спирали (с. 90).

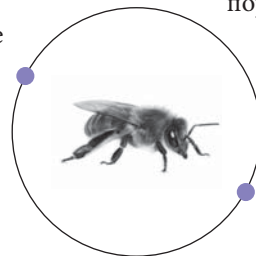
Аналогии и метафоры широко используются в мысленных экспериментах. Они применяются в большинстве научных областей, но наиболее эффективно — в физике. Многие важнейшие открытия Эйнштейн совершил с их помощью, размышляя, каково это — лететь на луче света или какие воздействия ощущает падающий человек. Рассматривая эти гипотетические ситуации, Эйнштейн пришел к теории относительности и перевернул наше представление о Вселенной (с. 14).

Когда аналогии ведут не туда

Не сознавать пределов аналогии опасно: как и всяким мощным инструментом, ею можно воспользоваться ошибочно или даже ненароком злоупотребить. С неверной картой легко заблудиться. Самый яркий пример несостоятельной аналогии — сравнение электричества с водой (с. 48). Оно привело к ошибочным ожиданиям, например, что электричество может «утекать» из неподсоединенного кабеля. Пример еще серьезнее — заблуждение о естественной иерархии существ, или «лестнице» развития жизни. На этом ложном представлении была выстроена целая псевдонаука, с помощью которой оправдывали создание колоний, геноцид поработенных аборигенов и ужасающую нацистскую евгенику.

Ложные аналогии искажают научные идеи и препятствуют их развитию — как, например, чрезвычайно мощное учение о сотворении мира, используемое креационистами (с. 126).

В целом, однако, аналогии в науке скорее полезны: они порождают широкие дискуссии на, казалось бы, давно изученные темы и вносят нотки оживления в сухие и скучные вопросы. Наука похожа на комнатное растение: чтобы оно цвело, необходимо вытащить его из мрачного угла на солнечный свет.





Глава 1

- ▶ Физика — это наука о фундаментальных силах во Вселенной. Она имеет дело с энергиями, которые трудно себе представить; с временными и пространственными масштабами, поражающими воображение; с идеями головокружительной сложности, противоречащими здравому смыслу; и с математикой — все более и более запутанной. Эта область науки чаще других использует аналогии и извлекает из них огромную пользу. С их помощью можно хоть как-то прояснить для себя квантовую механику, теорию относительности, теорию струн и другие столь же сложные вопросы.

Физика

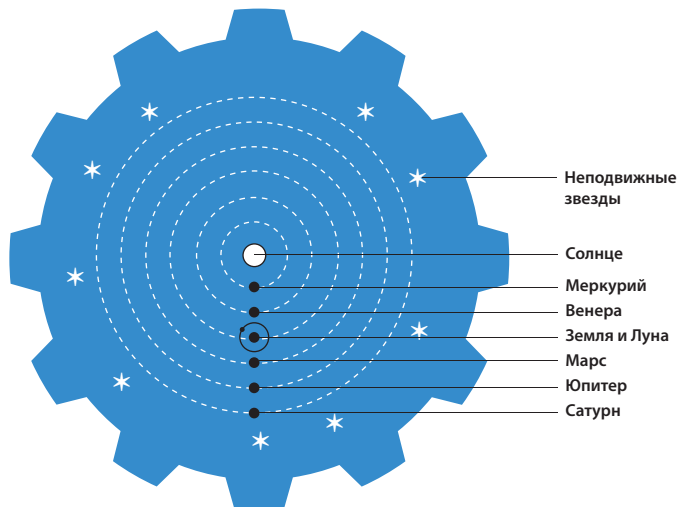
Космические часы Кеплера

▶ «Небесный механизм похож на часовой. . . вся совокупность движений обусловлена одной простой силой, как в часах все движение обусловлено колебаниями маятника».

Иоганн Кеплер

До того как сформировалось современное представление о космосе, считалось, что Вселенная — это последовательность концентрических хрустальных сфер, а Земля находится в центре. Геоцентрическая система была ближе к мистике, чем к астрономии: предполагалось, что разные сферы связаны между собой и подчиняются таинственным законам и скрытым силам. Чтобы описать движение небесных тел в этой системе, приходилось искажать математические формулы — иначе не получалось объяснить то, что видят астрономы.

В XVI и XVII веках Николай Коперник (1473–1543) и Иоганн Кеплер (1571–1630) проанализировали результаты астрономических наблюдений и предложили гораздо более простую и элегантную гелиоцентрическую систему: Солнце находится в центре космоса, а планеты обращаются вокруг него. Революция была в том, что движение планет объяснялось простыми математическими законами, которые были универсальными, то есть применимыми ко всем небесным телам. Космос стал похож на простой и элегантный часовой механизм. Более того, Кеплер предположил (хотя и не смог доказать), что небесными часами управляет единая сила — как маятник регулирует ход механических часов. Ньютону осталось лишь доказать, что эта сила — тяготение.



Модель Солнечной системы, предложенная Коперником, состояла из восьми сфер, в центре которых находилось Солнце: шесть для известных к тому времени планет, одна для Земли и ее спутника Луны и единая внешняя сфера для дальних звезд.

1000

звезд было известно
в древние времена *

2000

звезд было известно
к 1600 году **

3000

звезд было известно
в 1712 году ***

225 300

звезд было известно
в 1918 году ****

16 МИЛЛИОНОВ

звезд было известно
в 1983 году *****

Законы Кеплера — законы движения планет

1

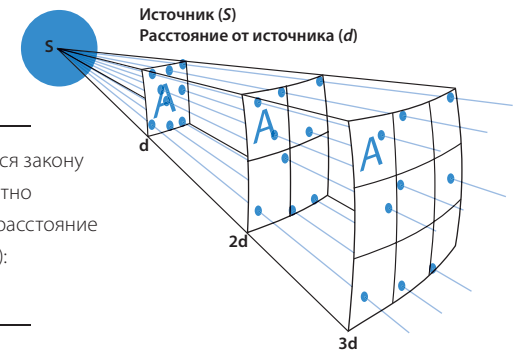
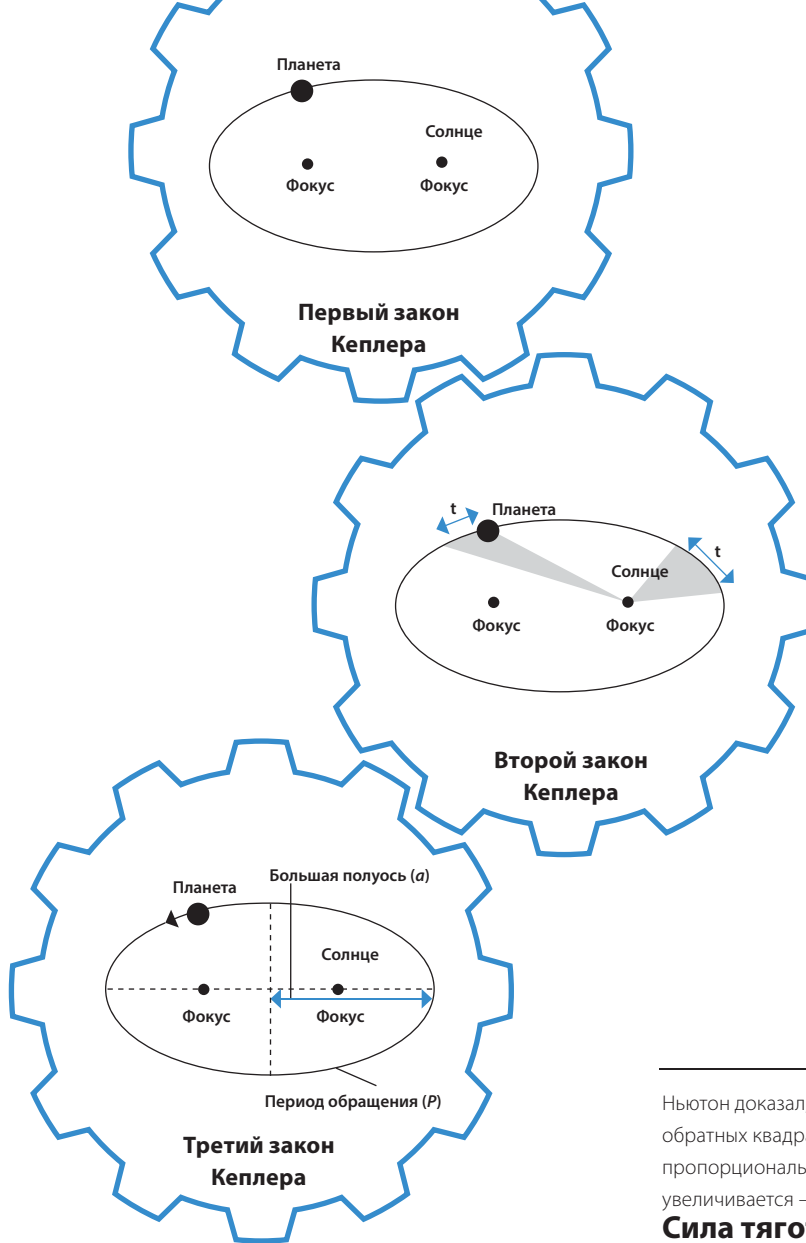
Первый закон Кеплера утверждает, что планеты движутся по эллиптическим орбитам вокруг Солнца, которое находится в одном из фокусов эллипса.

2

Второй закон Кеплера утверждает, что прямая, соединяющая планету с Солнцем, за равное время опишет сектор равной площади, в какой бы точке своей орбиты планета ни находилась.

3

Третий закон Кеплера утверждает, что квадрат периода обращения планеты вокруг Солнца (P) пропорционален кубу длины большой полуоси ее орбиты, то есть $P^2 \propto a^3$.



Ньютон доказал, что тяготение подчиняется закону обратных квадратов. Сила тяготения обратно пропорциональна квадрату расстояния (расстояние увеличивается — сила тяготения убывает):

Сила тяготения $\propto 1/d^2$

Кеплер был **математиком**, а не астрономом. За астрономическими данными, которые были ему нужны, чтобы сформулировать законы движения планет, он обращался к великому датскому астроному Тихо Браге. Браге был колоритной фигурой. Он потерял кончик носа на дуэли и носил протез из латуни. А еще он приручил лося, который погиб, напившись пива и упав с лестницы.

Путешествие со скоростью света

▶ Скорость света настолько велика, что космический корабль, движимый сотнями атомных бомб (это самый быстрый из доступных способов), может разогнаться всего до 5% от нее.

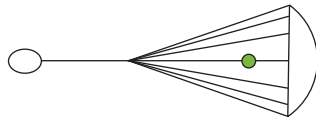
Скорость света в вакууме — самая высокая возможная скорость во Вселенной. По сравнению с ней скорости человеческой техники просто мизерны, поэтому пока межзвездные путешествия — это несбыточная мечта. Максимальная скорость, которой может похвастаться наша космическая техника, — свыше 240 000 км/ч. Ее достиг космический аппарат «Гелиос-2», разогнанный притяжением Солнца, как пращой.

Пока не испытанная технология под названием «импульсный ядерный ракетный двигатель» по сути сводится к тому, что под космическим кораблем взрывается по одной атомной бомбе в секунду. Она сможет разогнать корабль до 5% от скорости света (54 миллиона км/ч).

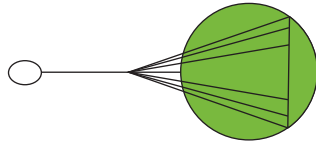


В 1960-х годах правительственные лаборатории США в рамках проекта «Орион» разрабатывали систему импульсных ядерных ракетных двигателей. В них маленькие импульсные ядерные устройства должны были последовательно выбрасываться из кормовой части корабля. Отражательный экран и система амортизаторов защищали бы экипаж и преобразовывали ударные волны в непрерывную движущую силу.

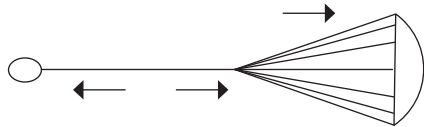
Рабочий цикл двигателя «Медуза»



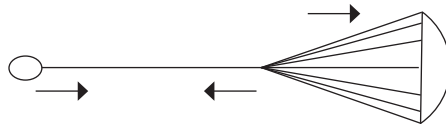
Бомба взрывается, начиная процесс.



Ударная волна достигает купола парашюта, расположенного перед кораблем...



...и, отразившись от него, создает реактивную тягу. Через трос импульс передается кораблю. Он начинает ускоряться сам...



...пока не выберет весь трос обратно.

Знаменитое уравнение Эйнштейна $E = mc^2$ дает формулу расчета количества энергии E , получаемой от преобразования массы m в чистую энергию. Поскольку скорость света c огромна, уравнение дает чудовищные значения. Например, теоретическое содержание энергии в 1 кг материи способно поднять в космос все население планеты.

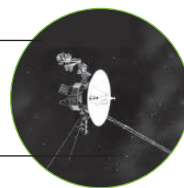


Если среднего человека целиком преобразовать в энергию, он взорвался бы с силой, эквивалентной **30 громадным** водородным бомбам.

В действительности же почти **невозможно** преобразовать 100% массы в энергию. Даже у вращающейся черной дыры — самого эффективного тому, что преобразователя массы в энергию во Вселенной — в энергию переходит всего 43% массы.

Космический зонд «Вояджер-1» использовал гравитационную пружу, чтобы набрать текущую крейсерскую скорость, которая составляет **62 000 км/ч**.

«Вояджеру-1» понадобилось бы 73 000 лет (2500 поколений), чтобы добраться до Проксимы Центавра.



Свет путешествует со скоростью 1,079 миллиарда км/ч. Он покрывает расстояние от Солнца до Земли всего за 8 минут 20 секунд. А за день свет проходит в 173 раза больше.

