



Джоэл Леви

БОЛЬШАЯ КНИГА АНАЛОГИЙ

АНТИУЧЕБНИК, КОТОРЫЙ
ПОМОЖЕТ ВЛЮБИТЬСЯ
В НАУКУ



[Почитать описание, отзывы и купить на сайте МИФа](#)



Содержание

006 Введение



01

Физика

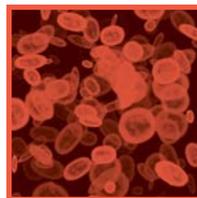
- 010 Космические часы Кеплера
- 012 Почему вам никогда не упорядочить карты в колоде
- 014 Скорые поезда в замедленном движении
- 016 Лифт и космический корабль
- 018 Флатландцы
- 020 Близнецы путешествуют во времени
- 022 Старушка на стремянке
- 024 Бильярдный стол в темноте
- 026 Теория струн — «всеобщая 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

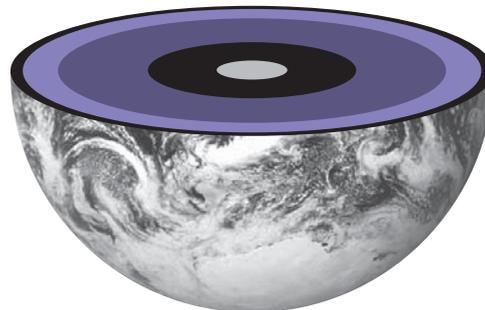
баке топлива? Каково это — быть похожим на флатландца с некоторой примесью Шекспира

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).

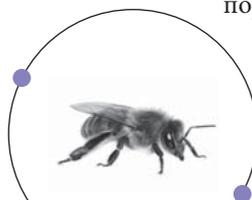
Аналогии и метафоры широко используются в мысленных экспериментах. Они применяются в большинстве научных областей, но наиболее эффективно — в физике. Многие важнейшие открытия Эйнштейн совершил с их помощью, размышляя, каково это — лететь на луче света или какие воздействия ощущает падающий человек. 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.





[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

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

[Почитать описание, отзывы и купить на сайте МИФа](#)

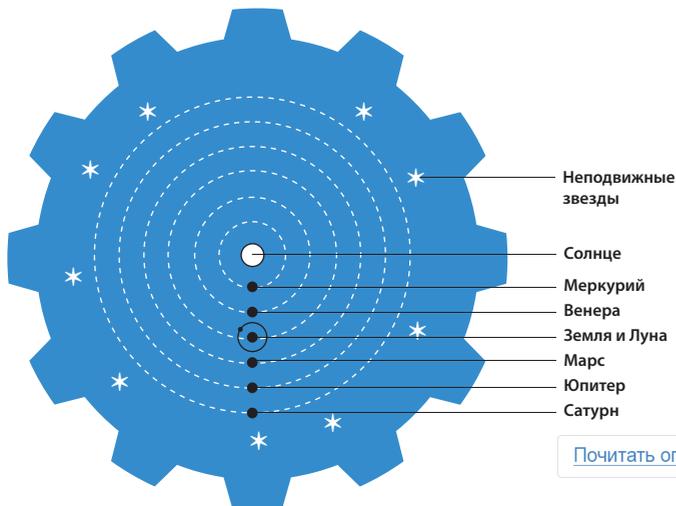
Космические часы Кеплера

▶ «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.

[Почитать описание, отзывы и купить на сайте МИФа](#)

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

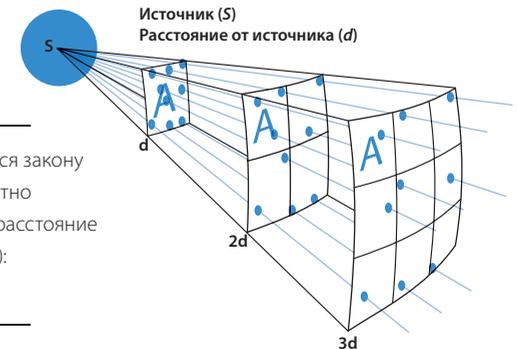
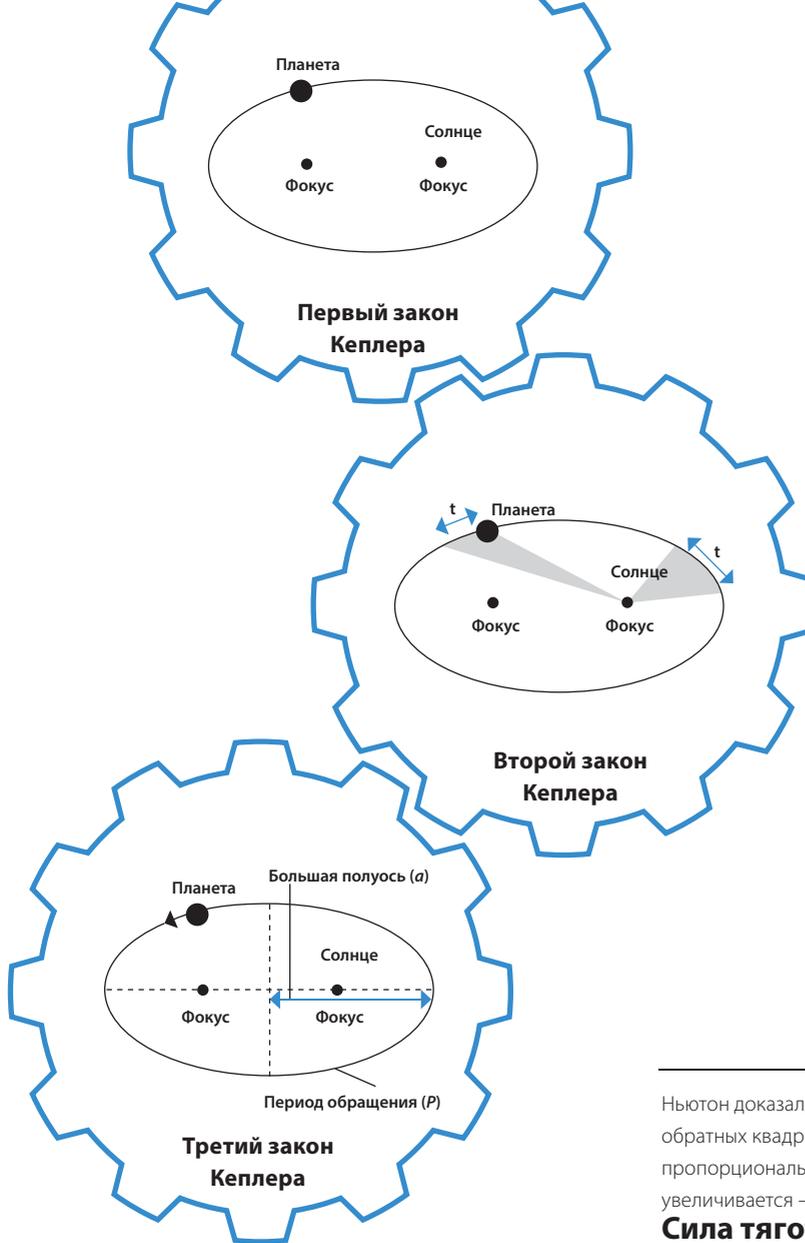
Первый закон Кеплера утверждает, что планеты движутся по эллиптическим орбитам вокруг Солнца, которое находится в одном из фокусов эллипса.

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.



Почитать описание и заказать
в МИФе

Смотреть книгу

Лучшие цитаты из книг, бесплатные главы и новинки:

Взрослые книги:  

Проза:  

Детские книги:  