

С Б И

СБИТЫЕ С ТОЛКУ

Т Ы Е

ПОЧЕМУ НАШИ ИНТУИТИВНЫЕ
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МИРЕ ЧАСТО ОШИБОЧНЫ

С Т О

ЭНДРЮ ШТУЛЬМАН

Л К У

Annotation

Чаще всего мы заблуждаемся о том, как на самом деле устроен окружающий мир. Эта книга обнажает интуитивные теории, которые мы обычно формируем в детстве, и показывает, когда и каким образом они могут сбить нас с толку.

- [Эндрю Штульман](#)
 - [Эту книгу хорошо дополняют:](#)
 - [Информация от издательства](#)
 - [Глава 1. Почему мы воспринимаем мир неправильно](#)
 - [Часть I. Интуитивные теории физического мира](#)
 - [Глава 2. Материя](#)
 - [Глава 3. Энергия](#)
 - [Глава 4. Гравитация](#)
 - [Глава 5. Движение](#)
 - [Глава 6. Космос](#)
 - [Глава 7. Земля](#)
 - [Часть II. Интуитивные теории о биологическом мире](#)
 - [Глава 8. Жизнь](#)
 - [Глава 9. Рост](#)
 - [Глава 10. Наследственность](#)
 - [Глава 11. Болезни](#)
 - [Глава 12. Адаптация](#)
 - [Глава 13. Происхождение видов](#)
 - [Заключение](#)
 - [Библиография](#)
 - [Благодарности](#)
 - [Об авторе](#)
 - [Над книгой работали](#)
- [notes](#)
 - [1](#)
 - [2](#)
 - [3](#)
 - [4](#)
 - [5](#)

- [6](#)
- [7](#)
- [8](#)
- [9](#)
- [10](#)
- [11](#)
- [12](#)
- [13](#)
- [14](#)
- [15](#)
- [16](#)
- [17](#)
- [18](#)
- [19](#)
- [20](#)
- [21](#)
- [22](#)
- [23](#)
- [24](#)
- [25](#)
- [26](#)
- [27](#)
- [28](#)
- [29](#)
- [30](#)
- [31](#)
- [32](#)
- [33](#)
- [34](#)
- [35](#)
- [36](#)
- [37](#)
- [38](#)
- [39](#)
- [40](#)
- [41](#)
- [42](#)

- [43](#)
- [44](#)
- [45](#)
- [46](#)
- [47](#)
- [48](#)
- [49](#)
- [50](#)
- [51](#)
- [52](#)
- [53](#)
- [54](#)
- [55](#)
- [56](#)
- [57](#)
- [58](#)
- [59](#)
- [60](#)
- [61](#)
- [62](#)
- [63](#)
- [64](#)
- [65](#)
- [66](#)
- [67](#)
- [68](#)
- [69](#)
- [70](#)
- [71](#)
- [72](#)
- [73](#)
- [74](#)
- [75](#)
- [76](#)
- [77](#)
- [78](#)
- [79](#)

- [80](#)
- [81](#)
- [82](#)
- [83](#)
- [84](#)
- [85](#)
- [86](#)
- [87](#)
- [88](#)
- [89](#)
- [90](#)
- [91](#)
- [92](#)
- [93](#)
- [94](#)
- [95](#)
- [96](#)
- [97](#)
- [98](#)
- [99](#)
- [100](#)
- [101](#)
- [102](#)
- [103](#)
- [104](#)
- [105](#)
- [106](#)
- [107](#)
- [108](#)
- [109](#)
- [110](#)
- [111](#)
- [112](#)
- [113](#)
- [114](#)
- [115](#)
- [116](#)

- [117](#)
- [118](#)
- [119](#)
- [120](#)
- [121](#)
- [122](#)
- [123](#)
- [124](#)
- [125](#)
- [126](#)
- [127](#)
- [128](#)
- [129](#)
- [130](#)
- [131](#)
- [132](#)
- [133](#)
- [134](#)
- [135](#)
- [136](#)
- [137](#)
- [138](#)
- [139](#)
- [140](#)
- [141](#)
- [142](#)
- [143](#)
- [144](#)
- [145](#)
- [146](#)
- [147](#)
- [148](#)
- [149](#)
- [150](#)
- [151](#)
- [152](#)
- [153](#)

- [154](#)
- [155](#)
- [156](#)
- [157](#)
- [158](#)
- [159](#)
- [160](#)
- [161](#)
- [162](#)
- [163](#)
- [164](#)
- [165](#)
- [166](#)
- [167](#)
- [168](#)
- [169](#)
- [170](#)
- [171](#)
- [172](#)
- [173](#)
- [174](#)
- [175](#)
- [176](#)
- [177](#)
- [178](#)
- [179](#)
- [180](#)
- [181](#)
- [182](#)
- [183](#)
- [184](#)
- [185](#)
- [186](#)
- [187](#)
- [188](#)
- [189](#)
- [190](#)

- [191](#)
- [192](#)
- [193](#)
- [194](#)
- [195](#)
- [196](#)
- [197](#)
- [198](#)
- [199](#)
- [200](#)
- [201](#)
- [202](#)
- [203](#)
- [204](#)
- [205](#)
- [206](#)
- [207](#)
- [208](#)
- [209](#)
- [210](#)
- [211](#)
- [212](#)
- [213](#)
- [214](#)
- [215](#)
- [216](#)
- [217](#)
- [218](#)
- [219](#)
- [220](#)
- [221](#)
- [222](#)
- [223](#)
- [224](#)
- [225](#)
- [226](#)
- [227](#)

- [228](#)
- [229](#)
- [230](#)
- [231](#)
- [232](#)
- [233](#)
- [234](#)
- [235](#)
- [236](#)
- [237](#)
- [238](#)
- [239](#)
- [240](#)
- [241](#)
- [242](#)
- [243](#)
- [244](#)
- [245](#)
- [246](#)
- [247](#)
- [248](#)
- [249](#)
- [250](#)
- [251](#)
- [252](#)
- [253](#)
- [254](#)
- [255](#)
- [256](#)
- [257](#)
- [258](#)
- [259](#)
- [260](#)
- [261](#)
- [262](#)
- [263](#)
- [264](#)

- [265](#)
- [266](#)
- [267](#)
- [268](#)
- [269](#)
- [270](#)
- [271](#)
- [272](#)
- [273](#)
- [274](#)
- [275](#)
- [276](#)
- [277](#)
- [278](#)
- [279](#)
- [280](#)
- [281](#)
- [282](#)
- [283](#)
- [284](#)
- [285](#)
- [286](#)
- [287](#)
- [288](#)
- [289](#)
- [290](#)
- [291](#)
- [292](#)
- [293](#)
- [294](#)
- [295](#)
- [296](#)
- [297](#)
- [298](#)
- [299](#)
- [300](#)
- [301](#)

- [302](#)
- [303](#)
- [304](#)
- [305](#)
- [306](#)
- [307](#)
- [308](#)
- [309](#)
- [310](#)
- [311](#)
- [312](#)
- [313](#)
- [314](#)
- [315](#)
- [316](#)
- [317](#)
- [318](#)
- [319](#)
- [320](#)
- [321](#)
- [322](#)
- [323](#)
- [324](#)
- [325](#)
- [326](#)
- [327](#)
- [328](#)
- [329](#)
- [330](#)
- [331](#)
- [332](#)
- [333](#)
- [334](#)
- [335](#)
- [336](#)
- [337](#)
- [338](#)

- [339](#)
 - [340](#)
 - [341](#)
 - [342](#)
 - [343](#)
 - [344](#)
 - [345](#)
 - [346](#)
 - [347](#)
 - [348](#)
 - [349](#)
 - [350](#)
 - [351](#)
 - [352](#)
 - [353](#)
 - [354](#)
 - [355](#)
 - [356](#)
 - [357](#)
 - [358](#)
 - [359](#)
 - [360](#)
 - [361](#)
 - [362](#)
 - [363](#)
 - [364](#)
 - [365](#)
 - [366](#)
 - [367](#)
 - [368](#)
-

Эндрю Штульман
Сбитые с толку. Почему наши
интуитивные представления о мире
часто ошибочны

Кейти, Тедди и Люси

Эту книгу хорошо дополняют:

[Гибкий ум](#)

Эстанислао Бахрах

[Путеводитель по лжи](#)

Дэниел Левитин

[Эссенциализм](#)

Грег МакКеон

[Ловушки мышления](#)

Чип Хиз, Дэн Хиз

Информация от издательства

Научный редактор Константин Кноп
Издано с разрешения Brockman Inc.
На русском языке публикуется впервые

Штульман, Эндрю

Сбитые с толку. Почему наши интуитивные представления о мире часто ошибочны / Эндрю Штульман; пер. с англ. В. Горохова; науч. ред. К. Кноп. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020.

ISBN 978-5-00117-761-6

Почему мы простужаемся? Что вызывает смену времен года? Если выстрелить из пистолета и одновременно выронить пулю из ладони на пол, какая из двух пуль упадет раньше? Эндрю Штульман утверждает: мы не только даем неверные ответы на подобные вопросы, но и в целом воспринимаем мир — его фундаментальные свойства — неправильно. Сталкиваясь с явлениями, современный человек ориентируется на так называемые интуитивные теории — совокупность личных взглядов, убеждений и представлений о той или иной сфере. Но именно эти теории мешают нам принять идеи и наблюдения, которые в них не вписываются.

Эта книга о том, что, когда и как может сбить нас с толку. В ней много примеров и интересных экспериментов, объясняющих, почему человек воспринимает мир так, а не иначе.

© Andrew Shtulman, 2017. All rights reserved

© Перевод на русский язык, издание на русском языке, оформление. ООО «Манн, Иванов и Фербер», 2020

Глава 1. Почему мы воспринимаем мир неправильно

Сейчас мало кто считает, что молоко пить опасно. Для нас это безобидный продукт, которым можно залить сухой завтрак или запить печенье. Однако молоко не всегда было таким безобидным. Всего век назад оно служило основной причиной пищевых заболеваний в промышленно развитых странах. Само по себе коровье молоко не причиняет вреда, и люди пили его тысячелетиями. Но все меняется, если между дойкой и потреблением проходит слишком много времени. Чтобы убить микроорганизмы, всегда присутствующие в пище, нужна высокая температура, а молоко обычно пьют не нагревая. Богатое сахаром и жирами, оно является прекрасной средой для роста бактерий. В свежем удое их немного, но число экспоненциально растет с каждым часом. Этот биологический факт потребители совершенно не осознавали вплоть до промышленной революции, произошедшей во второй половине XIX века.

Промышленная революция изменила и характер труда, и место обитания людей. Население Европы и Соединенных Штатов начало переезжать из сельской местности, где занималось сельским хозяйством, в города и устраиваться на фабрики. Расстояние между людьми и коровами резко возросло. Крестьяне, производящие молоко, стали возить его все дальше и дальше, поэтому люди пили его всё менее свежим. Сочетание нескольких факторов^[1] — быстрое размножение бактерий в молоке, продолжительная транспортировка и потребление без подогрева — привело к массовым эпидемиям в Европе и США. Из-за молока произошли вспышки туберкулеза, тифа, скарлатины и оспы. По мнению одного специалиста-медика, молоко в XIX веке было «столь же смертоносным, как цикута для Сократа»^[2].

Проблема обеспечения безопасности молока, хранящегося несколько часов (или дней) после удоя, была решена в 1860-х годах довольно просто: его стали подогревать достаточно долго, чтобы убить большинство бактерий и при этом сохранить вкусовые качества и пищевую ценность. Этот метод обработки пищи, изобретенный Луи Пастером, был назван *пастеризацией*. Колоссальные последствия не

заставили себя долго ждать. В XIX веке самой уязвимой группой для заболеваний, причиной которых становилось молоко, были младенцы: при кормлении бутылочкой вероятность смерти была в несколько раз выше, чем при грудном вскармливании. После внедрения пастеризации младенческая смертность в городах упала примерно на 20%^[3].

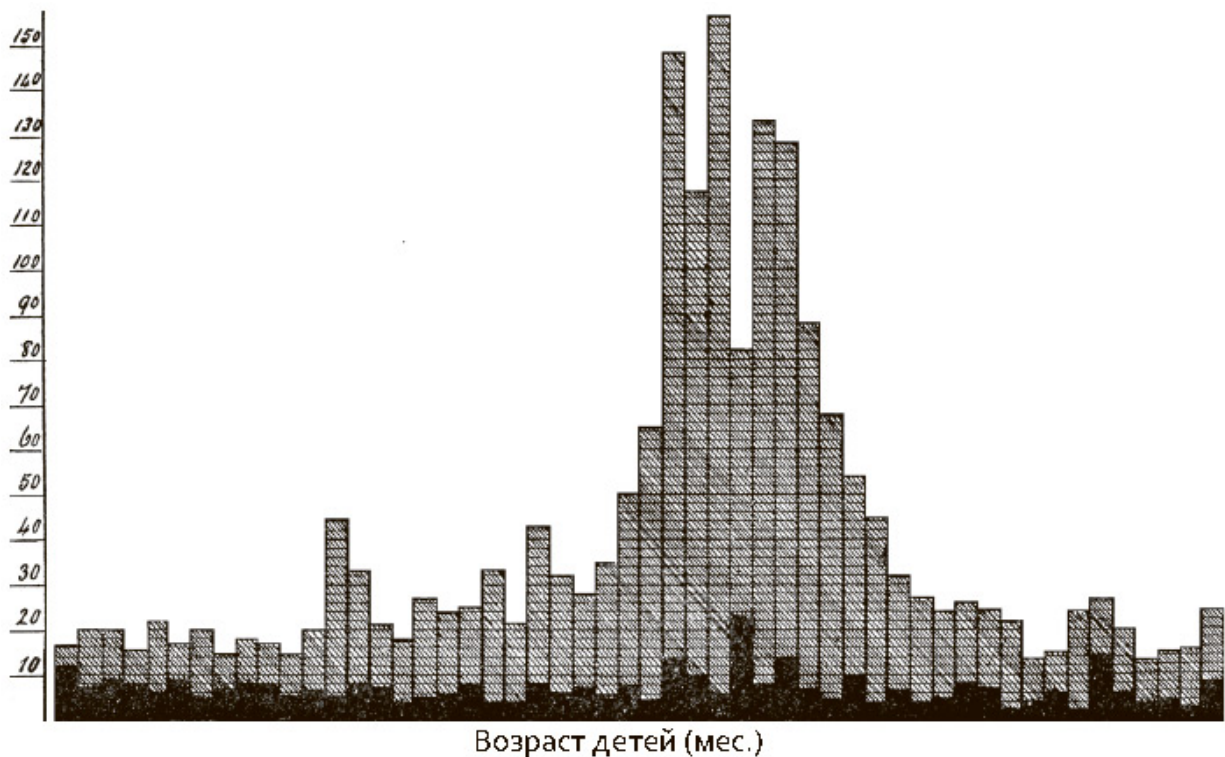


Рис. 1.1. На графике показана смертность от желудочно-кишечных заболеваний у младенцев в возрасте от 1 до 52 недель в Париже в 1903 году: черные столбики — дети, вскармливаемые грудью; заштрихованные столбики — дети, вскармливаемые из бутылочки

Сегодня пастеризованное молоко считается одним из самых безопасных продуктов питания: с ним связывают всего 1% пищевых инфекций. И тем не менее в последние годы люди всё чаще предпочитают *непастеризованное* молоко, и заболеваемость вновь начала расти^[4]. С 2007 по 2009 год в Соединенных Штатах было отмечено тридцать вспышек болезней, вызванных бактериями *Campylobacter*, *Salmonella* и *E. coli* и связанных с потреблением молока, не прошедшего пастеризацию. С 2010 по 2012 год это число выросло до пятидесяти одного^[5]. Люди выбирают сырое,

необработанное молоко по целому ряду причин. Они считают, что оно вкуснее пастеризованного, что в нем больше питательных веществ (это неправда), что оно естественнее для человека и что потребитель вправе решать, что ему покупать. Отказываясь от пастеризованного молока в пользу более «натуральной» альтернативы, они, видимо, не замечают того факта, что до появления пастеризации тысячи людей страдали от функциональной недостаточности органов, слепоты, паралича и умирали в результате спровоцированных потреблением молока инфекций.

В полной ли мере люди осознают, от чего они отказываются, отвергая пастеризацию? Скорее всего, нет. Пастеризация не увязывается со здравым смыслом, потому что сами микробы с ним не увязываются. Эти живые существа невидимы глазу. Они незаметно передаются от одного человека к другому и могут стать причиной плохого самочувствия даже спустя несколько часов или дней после контакта. Нелогична и мысль, что микробы могут превратить хорошую пищу в болезнетворную и что их можно убить теплом. Обеззараживание путем нагревания широко распространено в пищевой промышленности. Перед попаданием на полки магазинов пастеризации (или другой тепловой обработке) подвергают не только молоко, но и другие продукты: пиво, вино, соки, консервированные фрукты и овощи. Поскольку противники пастеризации молока не проявляют такой активности в отношении пастеризации пива и персиков в банках, они либо верят, что отказ от пастеризации — это оправданный риск в случае молока, но не в случае других продуктов, либо, что более вероятно, просто не понимают, что такое пастеризация и почему она необходима для профилактики пищевых инфекций.

Пастеризация имеет вполне здравый научный фундамент, но многие отвергают доказательства. Эта проблема затрагивает не только молоко, но и науку в целом — от иммунологии до геологии и генетики. Недавний опрос взрослых американцев показал, что лишь 65% из них согласны, что человек эволюционировал со временем; среди членов Американской ассоциации содействия развитию науки (AAAS) — крупнейшего в мире научного общества — в этом уверены 98%. Всего 50% взрослых американцев^[6] считают, что изменения климата в основном связаны с деятельностью человека. Среди членов AAAS таких 87%. И лишь 37% взрослых американцев полагают, что

потреблять генетически модифицированные продукты безопасно. Не видят в них вреда для здоровья 88% членов AAAS.

Отрицание науки появилось не вчера. Когда были выдвинуты идеи, что Земля вращается вокруг Солнца, что континенты дрейфуют, что многие заболевания вызваны микробами, большинство в это не верили^[7]. И тем не менее сопротивление науке в наше время — эпоху обилия научной информации и массового просвещения — требует какого-то объяснения. Многие ученые и эксперты считают, что проблема заключается в политических и религиозных доктринах. Другие винят дезинформаторов, которые, например, утверждают, что вакцины якобы связаны с аутизмом, а генетически модифицированные продукты — с раком. Было доказано, что эти факторы действительно играют роль в отрицании науки. Консерваторы реже принимают науку, чем либералы, религиозные люди — реже, чем светские, а ложная информация подпитывает скептицизм и враждебное отношение к научным идеям^[8]. Однако это не единственная причина. Психологи открыли еще одну: *интуитивные теории*.

Интуитивные теории — это представления об устройстве мира, имеющиеся у человека изначально, до получения образования. Они объясняют, почему происходит то, что происходит, и как вмешаться в процесс, чтобы его изменить. Такие теории охватывают разнообразные явления — от гравитации и геологии до заболеваний и адаптации. Они появляются в младенчестве и сохраняются до самой смерти. Проблема в том, что часто интуитивные теории неверны. Например, заболевания человек интуитивно связывает с поведением (что надо и не надо делать, чтобы сохранить здоровье), а не с микробами. Именно поэтому кажется невероятным, что кипяченое молоко безопаснее и что прививки — введение в организм мертвых вирусов — способны предотвратить болезнь. Если верить интуитивным геологическим теориям, то Земля — это статичный объект, а не динамичная система, и поэтому человек никак не может вызвать землетрясение гидравлическим разрывом пласта, а глобальное потепление совершенно не связано с выбросами углекислого газа.

Интуитивные теории — это обоюдоострый меч. С одной стороны, они позволяют шире смотреть на объясняемые явления и оттачивают взаимодействие с этими явлениями, так как лучше иметь интуитивное толкование, чем вообще никакого. С другой стороны, они мешают

принять идеи и наблюдения, которые в них не вписываются, и, следовательно, открыть истинное устройство мира. Интуитивные теории приводят не только к неправильному восприятию реальности, но и к слепоте — игнорированию фактов и открытий, решительно опровергающих те самые теории. Именно поэтому, работая над этой книгой, я стремился познакомить читателя с его собственными интуитивными теориями и показать, когда и каким образом они могут сбить его с толку.

Я надеюсь, что мне удастся убедить вас вот в чем. Во-первых, мы по большому счету воспринимаем мир неправильно. Наши интуитивные теории в целом ряде областей оперируют сущностями и процессами, которых нет в природе. Во-вторых, для правильного мировосприятия мало просто изменить взгляды: нужно изменить сами концепции, которые выражаются в этих взглядах. Следовательно, чтобы правильно понимать мир, недостаточно просто уточнить имеющиеся интуитивные теории, их придется разобрать до основания и перестроить. Галилей как-то сказал, что все истины легко понять, когда их уже открыли; смысл в том, чтобы их открыть^[9]. Он ошибался. Есть очень много истин, которые понять непросто, потому что они отвергают самые первые, самые доступные представления о том, как устроен мир. Эта книга повествует как раз о таких истинах. Она объясняет, почему эти истины ускользают от нас и как их можно уловить.

* * *

Мысль, что человек строит интуитивные теории, многим кажется излишне интеллектуализированным представлением о том, как мы смотрим на мир. Зачем человеку, не занимающемуся физикой, теории движения и материи? Зачем человеку, далекому от биологии, придумывать собственную теорию наследственности или теорию эволюции? Однако дело в том, что и физика, и биология — неотъемлемые аспекты человеческой жизни, ведь все мы постоянно погружены в физические и биологические явления.

Возможно, проблема движения не заботит человека абстрактно, но она касается его конкретно: он поднимает коробки, наливает кашу в

тарелку, ездит на велосипеде, бросает мячи. Понятие материи не интересует его отвлеченно, однако таяние льда и кипение воды, появление ржавчины и разжигание костров имеют практическое значение. То же самое с наследственностью: мы хотим знать, с какой долей вероятности облысеет и насколько предрасположены к раку. Эволюция может иметь значение, потому что у бактерий вырабатывается резистентность к лекарствам и потому что интересно, откуда взялись собаки. Лишь немногие способны подробно изложить теорию, которая объяснит и появление ржавчины, и горение, и теорию эволюции, охватывает как устойчивость бактерий к антибиотикам, так и одомашнивание собак^[10]. И тем не менее у нас есть вполне связные и систематические представления об этих явлениях.

Психологи называют такие теории *интуитивными*, потому что это наша первая попытка объяснить окружающий мир — еще до того, как нам расскажут научные теории о тех же самых явлениях. Эти идеи именно *теории*, потому что они представляют собой особый вид знания: понимание причинно-следственных связей. Такие знания помогают на основе наблюдений делать выводы о том, почему что-то произошло в прошлом (объяснение) и что, вероятно, произойдет в будущем (прогноз)^[11].

Большинство причинно-следственных знаний, воплощенных в интуитивных теориях, человек получает опытным путем, однако как минимум часть из них врожденная^[12]. Определить происхождение знания можно эмпирическим путем: психологи отвечают на этот вопрос, изучая людей разных возрастов и с разным жизненным опытом. Например, исследования младенцев указывают на то, что многие ожидания в отношении движения и материи у человека есть от рождения. В то же время эксперименты с участием взрослых представителей разных культур свидетельствуют о том, что многие представления о болезнях и космологии сформированы тем, что человек слышит от окружающих. Во всех интуитивных теориях есть и врожденные элементы, и накопленный опыт. Возможно, у новорожденного уже есть какие-то представления о поведении физических объектов, но они оттачиваются благодаря взаимодействию с реальными предметами. Аналогично различные культуры по-разному объясняют появление болезней, но все такие теории основаны на

общем опыте: люди видят, как выглядят симптомы болезни (например, кашель, запор, высокая температура).

Интуитивные теории отличаются не только по своему происхождению, но и по предположениям в отношении причинно-следственных связей. В большинстве случаев причинные механизмы в них имеют естественный (обыкновенный) оттенок^[13], однако в некоторых случаях предлагаются объяснения сверхъестественного характера. В первом случае механизмы, в принципе, поддаются наблюдению и контролю. Их часто выражают научными терминами, например *теплота, инерция, ген, естественный отбор*, хотя они на самом деле не согласуются с научными представлениями. То, что под словом «теплота» подразумевают ученые (передача энергии на молекулярном уровне), очень отличается от того, что имеют в виду обычные люди (нематериальная субстанция, которую объект получает или теряет и которую можно уловить и удержать). Во втором случае причинные механизмы сверхъестественного свойства — например, *карма, колдовство, душа, бог* — выходят за пределы наблюдаемого и неподвластны простым смертным. У них нет научного соответствия, и тем не менее они позволяют систематически объяснять естественные явления (например, разгневанными предками) и систематически реагировать на них (например, путем приношений). Сверхъестественные объяснения часто не менее существенны, чем естественные. Карма — это такое же объяснение болезни, как и «холодная погода» или «дурной воздух», а божественное творение объясняет происхождение видов не хуже трансмутации (внезапного изменения формы) и спонтанного зарождения.

Учитывая, что мы живем в научном мире, может показаться, что интуитивные теории — это какой-то пережиток, возникший в прошлом из-за нехватки научных данных, и в будущем, когда такая информация станет доступнее и обширнее, они просто отомрут. Будьте уверены, что это не так. Интуитивные теории *не* вымирают. Они прочно сидят в человеческом сознании: их можно встретить в детских работах, а ведь детей вряд ли затрагивает улучшение доступа к научным данным. Дело не в том, что у детей меньше устойчивость внимания или что они меньше интересуются естественным миром. Им просто не хватает концепций, необходимых, чтобы закодировать научную информацию, которую им преподают.

Возьмем, например, понятие теплоты. Дети могут почувствовать температуру предмета — оценить, насколько эффективно он передает им тепло или забирает его, — но при этом не способны ощутить теплоту как таковую, поскольку у человека нет органов чувств, регистрирующих совокупное движение молекул системы. Чтобы понять научную концепцию тепла^[14], ребенку нужно познакомиться с молекулярной теорией строения вещества. Конечно, эти знания он получит, но это произойдет только в средних классах, когда уже успеет сформироваться интуитивная теория, согласно которой теплота — это не процесс, а некое вещество (проблема рассмотрена в третьей главе). Можно попробовать ввести молекулярную теорию вещества на более ранних этапах обучения, но сама эта теория тоже противоречит интуиции. Как объяснить дошкольнику, что такое молекулы, не говоря уже об электронах и химических связях? И как помешать ребенку привязать слова для описания теплоты — «тепло», «жарко», «холодно», «прохладно» — к уже понятным ему концепциям, то есть в данном случае «веществу», «удержанию» и «поток»?

Очевидно, что многие осваивают научные представления о теплоте, однако это не самая простая задача. Для этого нужно научиться мыслить о тепловых явлениях в совершенно новых рамках, качественно отличающихся от тех, которые человек создает для себя сам. Психологи называют этот вид обучения *концептуальным изменением*. Это не заурядное *обогащение знаний*, как, например, знакомство с новыми животными или историей чужой страны. Разница заключается в том, что в одном случае в начале обучения уже есть понятия, которые позволяют осмыслить усваиваемую информацию, а в другом — нет^[15].

Обогащение знаний — это применение старых понятий для формирования новых убеждений. Например, чтобы узнать, что киты дышат воздухом, нужно воспользоваться понятиями «кит», «дыхание» и «воздух». А концептуальное изменение — это процесс приобретения новых понятий и даже новых типов понятий. Если я скажу, что в джунглях Амазонки водятся мыши, пожирающие людей, я предложу вам рассмотреть новую концепцию: амазонскую мышь-людоеда. Это будет просто подвид других, уже знакомых концепций: «мышь» является подтипом «животного», а он, в свою очередь, — подтипом «живого существа». Знакомиться с новыми случаями уже

существующих типов несложно: это просто замаскированное обогащение знаний. Проблема возникает при обучении новым типам.

Здесь можно провести аналогию с конструктором Лего. Базовый набор состоит из строго прямоугольных деталей. Имея их в достаточном количестве, можно построить что угодно — от жирафа до статуи Конана О’Брайена^[16] в натуральную величину (и то и другое, кстати, уже сделали). Но некоторые структуры, например машину с вращающимися колесами, самолет с крутящимся винтом и кран с поднимающимся крюком, построить не получится. Для этого нужно расширить набор прямоугольных элементов новыми, особыми деталями: колесами, осями, шестеренками и коленчатыми валами. Любое транспортное средство, построенное без них, будет неэффективным и неполным. Можно изобразить что-то похожее на автомобиль, но не более того.



Рис. 1.2. Из базового набора Лего можно собрать примерно такой трехколесный велосипед в натуральную величину. Однако чтобы построить настоящий, движущийся аналог, потребуются специальные детали

Формирование научного понимания мира во многом похоже на сборку действующей модели машины из конструктора. Оно требует ресурсов, недоступных новичку, то есть ребенку. К ним относятся такие понятия, как «электричество», «плотность», «скорость», «планета», «орган», «вирус», «общий предок». Концепции являются строительными элементами мышления в довольно буквальном смысле и, как настоящие кирпичи, обладают своими структурой и функциями. Осознать, что у людей и нарциссов есть общий предок, невозможно, если не представлять, что такое «общий предок», а мысль о том, что вода плотнее льда, не получится принять без понятия плотности. Эти концепции не входят в набор врожденных знаний и не вытекают из повседневного взаимодействия с физическим миром. Они требуют концептуального изменения.

Концептуальное изменение — редкое, трудно дающееся достижение. Его сложно инициировать и довести до конца: я попытаюсь показать это на конкретных примерах в каждой главе книги. Пока же, надеюсь, мне удалось объяснить, что интуитивные теории и концептуальные изменения связаны между собой. Мы строим интуитивные теории естественных явлений, потому что построение научных теорий требует концептуального изменения. Но для концептуального изменения нужно пересмотреть интуитивные теории, сложившиеся в отсутствие научной теории. Неправильное восприятие мира (интуитивные теории) возникает из-за того, что для правильного восприятия нужны концептуальные изменения, а для правильного восприятия сначала приходится воспринимать мир неправильно. Это порочный круг, хотя и не безнадежный. В конце концов человек способен из него выйти.

* * *

Интуитивные теории — очень важный, но не единственный источник ложных представлений. Большинство из них — это просто фактические ошибки, огрехи разума. Многие уверены^[17], что человек использует всего 10% головного мозга или что вкусовые сосочки на языке разделены на отдельные секции, хотя и то и другое неверно. Такого рода ложные представления не означают глубоко ошибочного

восприятия работы головного мозга и языка: это просто побочный продукт дезинформации.

Отличать фактические ошибки от укоренившихся неправильных представлений крайне важно. Многие психологи ломали голову над этой проблемой и выделили три характерных признака интуитивных теорий. Во-первых, они *связные*, то есть представляют собой логически согласующийся между собой набор убеждений и ожиданий. Во-вторых, они *широко распространены*. Их разделяют люди разных возрастов, культур и исторических периодов. В-третьих, интуитивные теории *устойчивы*^[18]. Они противятся изменениям под влиянием доказательств и обучения.

Чтобы лучше почувствовать эти признаки, проведите два мысленных эксперимента, которые должны проверить ваши интуитивные представления о движении. Сначала представьте себе, что вы стоите в чистом поле и держите в руке пистолет. Целясь в горизонт, вы нажимаете на спусковой крючок и стреляете строго параллельно земле. Одновременно вы роняете вторую пулю с высоты пистолета. Какая пуля упадет на землю раньше: та, которой вы выстрелили, или та, которую уронили? Теперь представьте, что вы стоите в «вороньем гнезде» на мачте корабля, который на всех парусах плывет в открытом море. Рядом с вами пушечное ядро. Вы толкаете его вниз и смотрите, как оно падает. Где оно окажется: на палубе или в воде за кораблем?

Большинство людей скажут, что пуля, которой вы выстрелили, окажется на земле позже, поскольку толкающая вперед сила будет дольше удерживать ее в воздухе. Пушечное ядро же упадет за кормой, так как корабль успеет отплыть, пока оно будет лететь вниз. Ни то ни другое не соответствует действительности.

На вылетевшую из ствола пулю не действует какая-то дополнительная сила, удерживающая ее в воздухе. Обе пули под действием гравитации упадут на землю одновременно, хотя и в сотнях метров друг от друга. Что касается ядра, то оно ударится о палубу прямо под «вороньим гнездом», так как будет иметь ту же горизонтальную скорость, что и корабль. Корабль действительно успеет отплыть от того места, где вы столкнули ядро. Однако ядро будет падать не по прямой, а опишет параболу по направлению

движения корабля, которая складывается из горизонтальной скорости и ускорения свободного падения под действием гравитации.

Как правило, люди решают эти задачи неправильно. Дело не в том, что эти ситуации какие-то необычные: в обоих случаях речь идет просто о падающих предметах. Проблема в том, что предсказания вытекают из интуитивной теории движения, согласно которой объекты движутся тогда и только тогда, когда им передалась внутренняя «сила», *импульс*. Термин «сила» я взял в кавычки, потому что интуитивное представление о силе не совпадает с тем, что под этим термином подразумевают ученые (произведение массы и ускорения). Силы могут изменить движение предмета, но не являются его свойствами. Это взаимодействия *между* предметами (это будет рассмотрено в пятой главе).

При этом ненаучные представления о силе и отношениях между силой и движением очень связанные. Возьмем, например, изложенные выше примеры: ложный прогноз, что предмет, движущийся горизонтально (пуля), будет дольше противиться гравитации, чем при отсутствии такого движения, и неверное представление, что перемещаемый предмет (ядро) не наследует горизонтального движения носителя (корабля). Может показаться, что эти ответы не связаны между собой, однако они порождены тем же самым основополагающим убеждением: силы передаются брошенным телам. Мы приписываем толкающую вперед силу пуле, вылетевшей из пистолета, но не свободно падающему пушечному ядру или пуле. Кажется, будто сила, которую мы приписали пуле после выстрела, будет удерживать ее в воздухе дольше, в то время как из-за *отсутствия* такой силы ядро будет падать прямо вниз.

Эти рассуждения не соответствуют действительности, но при этом внутренне непротиворечивы. А еще они невероятно популярны^[19]. Ложные представления, основанные на импульсе, были обнаружены у учащихся всех возрастов — от дошкольников до старшекурсников. Их выявили в Китае, Израиле, Мексике, Турции, на Украине, Филиппинах и в Соединенных Штатах. От них не были избавлены даже люди, несколько лет изучавшие физику в вузе. Можно иметь степень бакалавра по физике и все равно хранить в душе теорию импульса.

Такая последовательность простирается и назад во времени. В прошлых столетиях люди, в том числе ученые-физики, всегда были приверженцами теории импульса. Галилей, например, приводил следующие объяснения движения: «Тело движется вверх при условии, что приложенная к нему сила больше, чем сопротивляющийся ей вес. Эта сила непрерывно слабеет и, наконец, уменьшается настолько, что уже не может преодолеть вес тела»^[20]. Это объяснение связано с понятием импульса, а не инерции, и сегодня, четыре века спустя, большинство людей сказали бы что-то подобное. Мысль о «влиянии движущей силы», скорее всего, выразили бы другими словами, например «внутренней энергией» или тем же «импульсом». Для физика импульс — это произведение массы и скорости, но для обычного человека это что-то вроде толчка.

В неувыдающей популярности теории импульса и других интуитивных теорий со времен Галилея до наших дней примечательно то, что всегда есть причина в них усомниться. Предсказания, сделанные на основе теории импульса, не сбываются, поскольку предметы движутся не так. Если выстрелить ядром из пушки, оно опишет полноценную параболу, а не будет падать прямо вниз из-за того, что в конце концов потеряет импульс и поддастся гравитации. И тем не менее, если попросить нарисовать траекторию вылетевшего из пушки ядра, многие нарисуют параболу с отвесным участком в конце, хотя это невозможно и не происходит в реальной жизни^[21]. Теория импульса успешно объясняет некоторые аспекты реальности, но делает человека слепым в случаях, которые объяснить не может.

Теория импульса в этом не уникальна. Все интуитивные теории внутренне связны, популярны среди самых разных людей и устойчивы по отношению к опровержениям. Эти черты придают им поразительную живучесть. Даже узнав новые, более точные объяснения явлений, человек не может дистанцироваться от своих интуитивных теорий. Они будут выплывать из уголков сознания и после того, как их заменили чем-то более предпочтительным, и незаметно, но ощутимо влиять на мысли и поведение.



Рис. 1.3. Живший в XVI веке ученый Вальтер Герман Рифф изобразил ядро, падающее вертикально вниз после того, как исчезла его «внутренняя сила», то есть импульс. В действительности снаряд пойдет не по такой траектории, а по параболе

Прекрасный пример — суждения об одушевленности. Для четырехлетнего малыша живое — это то, что может самостоятельно двигаться, поэтому растения не воспринимаются как живые^[22]. В восьмилетнем возрасте ребенок уже признает, что растения — это живые существа, так как к этому времени жизнь перестает ассоциироваться с подвижностью и начинает быть связана с метаболическими процессами, в частности ростом и размножением (этот вопрос обсуждается в восьмой главе). Ложное представление о том, что растения не живые, вроде бы стирается в течение первого десятилетия жизни. И тем не менее, когда взрослых людей с высшим

образованием просили быстро классифицировать растения и животных как живые существа, растения занимали у них больше времени и оценка была менее точной: «неживыми» их считали чаще, чем животных^[23].

Подобные результаты были обнаружены в нескольких областях науки (например, астрономии, механике, эволюции) с использованием целого ряда методов (задачи на восприятие, запоминание, логический вывод)^[24]. Это радикально трансформировало наши представления о концептуальном изменении. Поскольку для такого изменения нужно не только обогатить, но и реструктурировать знание, долгое время считалось, что оно стирает имеющиеся концепции так же, как перепланировка дома разрушает прежнее расположение комнат. Оказалось, что научные теории не способны полностью вытеснить интуитивные, то есть концептуальное изменение больше похоже на *палимпсест* — рукопись, в которой новый текст записан поверх старого^[25].

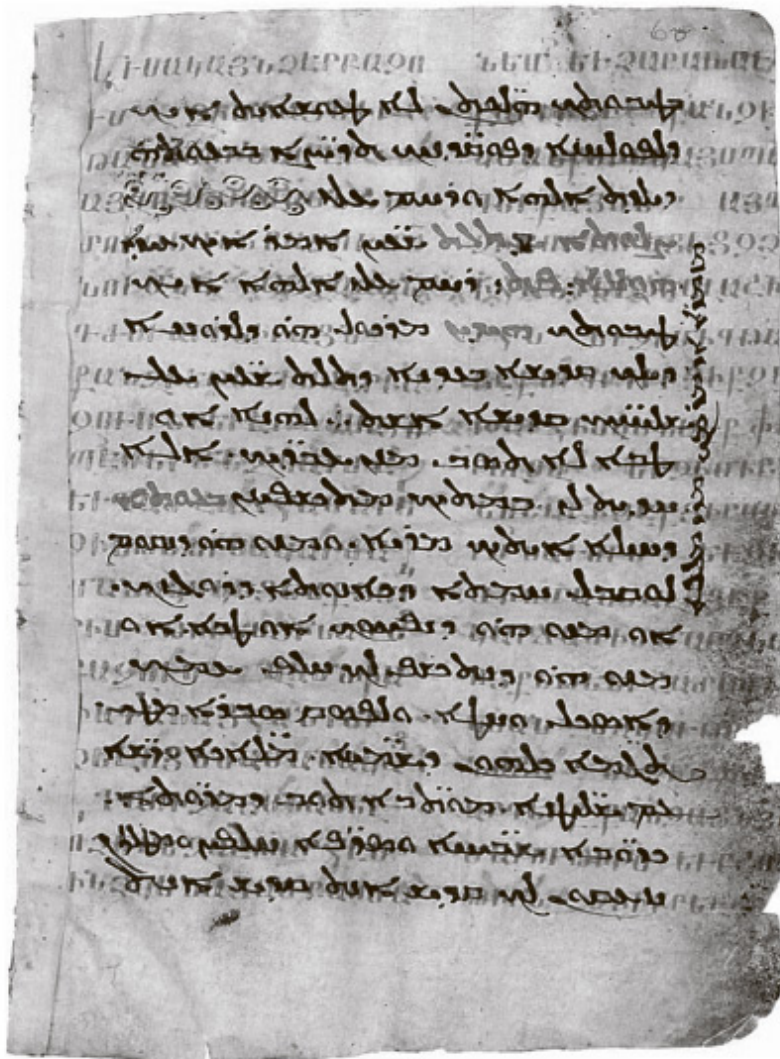


Рис. 1.4. Когда мы усваиваем научные теории о мире, интуитивные теории не стираются из разума полностью. Они сохраняются под научной теорией как ранние записи, проглядывающие из-под более поздних в средневековых палимпсестах

Палимпсесты были популярны в Средние века. Пергамент — дорогой материал, поэтому монахи часто использовали его повторно, не стирая до конца предыдущие записи. Наш разум действует схожим образом: записывает новые научные теории поверх старых интуитивных, поэтому и те и другие могут включиться одновременно и дать конкурирующие объяснения и прогнозы. Теории о том, что жизнь определяется подвижностью, спорят с теориями,

ассоциирующими жизнь с метаболизмом. Теории тепла как вещества соперничают с теориями теплоты как процесса. Импульсные теории движения противоречат теориям, основанным на инерции. Иногда научное знание оказывается всего лишь тонким верхним слоем, покрывающим ложные представления, сформировавшиеся десятилетиями ранее, еще в детском возрасте^[26].

* * *

В недавней статье под заголовком «Мне виднее, что семье полезнее. Вера в магию!» один сатирик высмеивал отрицание науки. Он изображал благонамеренную, но игнорирующую научные данные мать. «Я не дура, — пишет она. — Я ходила в колледж. У меня были уроки естествознания. Я знаю о микробиологии, борьбе с инфекциями, анатомии, физиологии и так далее. Я в курсе, что такое научный метод, контрольные группы, рандомизация, двойное слепое исследование и рецензируемые журналы. Конечно, это лучший способ постичь тайны природы и научиться лечить болезни. Наука — это здорово. Она дала миру много хорошего. Но мне и моей семье она просто не подходит»^[27].

Здесь хорошо показана парадоксальная природа отрицания науки в мире, где наука доминирует. Большинство таких людей не невежды, а *скептики*^[28]. У их скептицизма много причин — политических, религиозных, культурных, — но в этой книге я надеюсь убедить вас, что как минимум отчасти он порожден интуитивными теориями.

Раз вы решили прочесть книгу об интуитивных теориях и о том, как они затмевают реальность, вероятно, вы не относитесь к ярким противникам науки. Но, возможно, такие люди есть среди ваших знакомых, и, безусловно, такие взгляды бытуют в обществе, влияя на политику и повседневность. Важно и то, что вы, вероятно, отрицаете науку незаметно, не подозревая об этом. Очень может быть, что некоторые ваши взгляды основаны на ненаучных представлениях, а поведение в какой-то мере противоречит здравым рекомендациям. Невозможно быть специалистом во всех областях науки, не говоря уже о том, чтобы применять эти знания во всех областях жизни. Однако можно стать более осведомленным о когнитивных помехах.

Эта книга призвана раскрыть ваши интуитивные теории и показать, как они влияют на убеждения, мысли и поведение. Первая половина будет посвящена физике (теории вещества, энергии, гравитации, движению, космосу и Земле), а вторая — миру биологии (теориям жизни, роста, наследственности, заболеваний, адаптации и происхождения). Каждая теория имеет свои истоки, схему развития и связи с повседневным опытом. Некоторые явно наблюдаются только у детей, а у взрослых — лишь косвенно, искажая мысли и поведение где-то на периферии сознания. В других случаях теории исповедуют даже взрослые, и это искажает мысли и поведение непосредственно. Оба вида подчеркивают вездесущность и вредность интуитивных теорий — то, как они действуют на протяжении жизни и в разумах даже самых грамотных с научной точки зрения людей.

Разумеется, у интуитивных теорий есть и светлые стороны. Если бы они были такими плохими, люди бы их не строили. С одной стороны, они дают некоторое приближение к реальности и тем самым создают основу для вмешательства в эту реальность. Они помогают нам *сводить концы с концами*. С другой стороны, научные теории помогают нам *процветать*. Они вооружают человека несравненно более точными представлениями о реальности и тем самым несопоставимо более мощными инструментами, чтобы ее прогнозировать и управлять ею. В частности, исследования показали: чем лучше человек понимает биологические механизмы передачи простуды и гриппа^[29], тем чаще он принимает меры предосторожности. Чем лучше он осведомлен о тепловом равновесии^[30], тем больше вероятность, что он отладит отопление и кондиционирование у себя дома. И чем глубже знания о том, как организм метаболизирует пищу^[31], тем выше шансы поддерживать индекс массы тела на должном уровне.

Непонимание науки тоже имеет ощутимые последствия. Тысячи людей страдают от болезней, которые можно было предотвратить, потому что намеренно пьют непастеризованное молоко или уклоняются от прививок. Заслоняя собой науку, интуитивные теории мешают не только думать, но и жить. Они влияют на выбор, определяют, каким советам мы следуем, к каким целям стремимся. В следующих главах я постараюсь убедить вас, что для здоровья ваших близких нужна не просто наука, но и *знание* науки.

Часть I. Интуитивные теории физического мира

Глава 2. Материя

Из чего состоит мир? Как взаимодействуют между собой эти элементы?

Когда смотришь, как горит свеча или кипит вода, кажется, что вещество как будто растворяется в воздухе: свеча тает на глазах, а в кастрюле воды становится все меньше. Однако ни то ни другое вещество не исчезает, а просто меняет свое состояние. Видимый глазу воск превращается в невидимый углекислый газ и водяной пар, вода — в прозрачный пар. Материя иногда кажется эфемерной, но на самом деле она неразрушима. Химики говорят, что материю нельзя ни создать, ни уничтожить, однако здравый смысл подсказывает, что она то существует, то куда-то исчезает.

Такой бытовой взгляд на материю разделяют люди всех возрастов, но легче всего его продемонстрировать у детей. Если у вас есть знакомый дошкольник, убедитесь сами. Возьмите два прозрачных стакана: один — высокий и узкий, а другой — низкий и широкий. Налейте в низкий стакан воды до половины и покажите его ребенку. Затем перелейте воду в высокий стакан и спросите: «Воды стало больше, меньше или осталось столько же?» Столбик воды во втором стакане выше, поэтому ребенок, скорее всего, заявит, что воды теперь стало *больше*. Чтобы убедить ребенка в невозможном — появлении материи из ниоткуда, — достаточно просто перелить воду из стакана в стакан.

Если вы когда-нибудь проходили вводный курс психологии, возможно, вы узнали в этом нехитром фокусе *задачу на сохранение* Пиаже^[32]. Жан Пиаже — швейцарский психолог, в начале XX века именно он стал пионером в области исследований детского мышления. Он открыл несколько интригующих феноменов: детский реализм (ошибочное принятие видимого за реальное), детский анимизм (приписывание одушевленности неживым предметам), детский артификализм (восприятие мира как созданного руками человека) и детский эгоцентризм (предположение, что другие знают то, что знает

сам ребенок). Но больше всего он прославился открытием феномена сохранения, точнее, отсутствия его у детей.

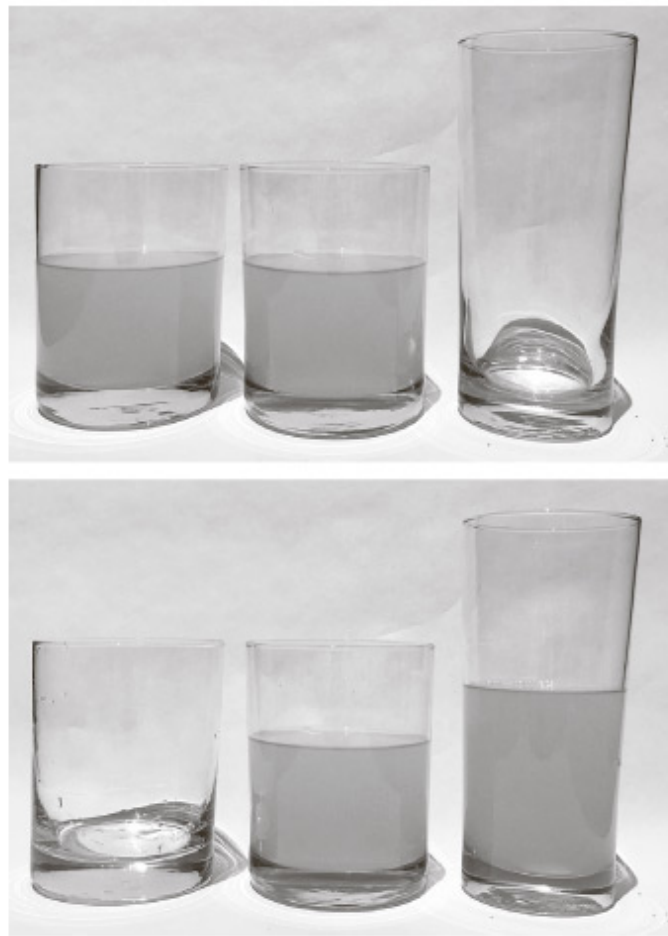


Рис. 2.1. Дошкольник скажет, что в высоком узком стакане справа (нижняя картинка) больше жидкости, чем в низком широком стакане слева (верхняя картинка), даже если он своими глазами видел, как жидкость перелили из одного стакана в другой

Есть много вариантов задач на сохранение, и маленькие дети проваливают все без исключения. Например, ребенку показывают два одинаковых по размеру глиняных шарика и просят подтвердить, что в них столько же глины, они столько же весят и занимают столько же места. (Если ребенок не согласен, его просят выровнять различие, отщипнув глины от одного шарика и прилепив к другому). После этого один шарик раскатывают в лепешку и спрашивают ребенка, содержат ли шарик и лепешка одинаковое количество глины (сохранение массы),

одинаково ли они весят (сохранение веса) и занимают ли они такое же пространство (сохранение объема). Дошкольники обычно отвечают отрицательно на все три вопроса, а младшеклассники — на один или два из них. Лишь в средних классах дети начинают стабильно осознавать, что если глиняный шарик превратить в лепешку, то масса, вес и объем глины не изменятся^[33].

Пиаже объяснял этот феномен тем, что дети еще не освоили операциональную логику, и называл их мышление «дооперациональным», полагая, что оно пронизывает не только рассуждения о сохранении, но и все аспекты их психической жизни. Выводы маленьких детей о физической причинности и их оценки моральности поведения тоже расценивались Пиаже как дооперациональные. Сегодня психология отошла от такой классификации. Выводы Пиаже вызывают сомнения по целому ряду причин. Самый главный аргумент — это то, что логические способности развиваются с разной скоростью в разных областях. В частности, дети осваивают логику естественного языка (грамматику) и логику естественных чисел (счет) еще до школы, а логику дедуктивных рассуждений (доказательств) и логику пропорционального рассуждения (дроби) — лишь через десять лет школьного обучения, да и то не всегда^[34].

Это верно и в отношении сохранения. О сохранении массы дети узнают до сохранения веса, а о сохранении объема — в последнюю очередь^[35]. Значит, это не единое представление, которое либо приходит полностью, либо не приходит вообще, а следствие знаний о том, как определенные преобразования меняют определенные свойства определенных веществ. Раскатывание шарика глины не меняет его объема, а нагревание меняет. Если шарик нагреть, вес останется прежним, а если отправить его на Луну — изменится. Чтобы решить задачи на сохранение, нужно много знать о материи, поэтому странно использовать их для изучения когнитивного развития в целом. После Пиаже специалисты по психологии развития провели тысячи экспериментов, но я сомневаюсь, что они особенно занимались бы темой сохранения, если бы Пиаже с самого начала не подтолкнул дисциплину в этом направлении. Явления, связанные с материей, очень загадочны и разнообразны, поэтому не стоит ожидать от

маленьких детей инстинктивного знания, в каких преобразованиях свойства материи сохраняются, а в каких — нет.

Материя сохраняется во многих случаях, когда на вид она совершенно явно исчезает или появляется. Это и вода, испаряющаяся из открытой емкости, и пар, поднимающийся из кипящей кастрюли, и нагретая солнцем дверь, которая перестает уместаться в раму, и сгорающие дотла бревна. При этом многие свойства материи *не* сохраняются при преобразованиях, которые сохраняют материю в целом. Меняется объем воды при замерзании, эластичность растянутой резинки, зернистость соли при растворении, липкость теста после выпечки. Веру дошкольников, что переливание из низкого стакана в высокий увеличивает массу воды, сложно отнести к логическим ошибкам, поскольку преобразования материи очень запутанны.

Откровенно говоря, Пиаже интересовало не только сохранение, присущее материи, но сохранение, присущее количеству в целом, в том числе численное и пространственное. Перегруппировка игрушек не меняет их числа, равно как вес глиняного шарика не меняется, если его раздавить. Пиаже хотел узнать, когда и каким образом дети приходят к неизбежности такого вывода. Последователей Пиаже ошибки сохранения увлекали и по причине своей невероятной устойчивости^[36].

Может быть, самый прямой способ скорректировать восприятие сохранения — это научить ребенка обращать внимание на несколько параметров преобразования материи, например на распределение воды в емкости, а не только высоту ее уровня. Однако такого рода уроки мало влияют на восприятие, особенно спустя недели и месяцы. В одном из исследований несколько сотен детей проходили один из четырех видов обучения о сохранении^[37]. Одним прямо объясняли, что не так в их суждениях. Других подталкивали делать выводы еще до того, как они увидят преобразования. Третьим показывали, что преобразования легко можно обратить. Четвертым рассказывали о логических причинах, по которым при преобразованиях материи масса и объем сохраняются. После этого понимание вопросов сохранения проверяли трижды на протяжении пяти месяцев. Результаты не воодушевляли: ни один из подходов не улучшил результатов.

Интересно, что в этом и во многих других исследованиях детям в процессе обучения не рассказывали о самой материи^[38]. Пиаже объяснял подобные ошибки недостатком логического мышления, поэтому многие психологи пытались исправить положение рассказами о логике. Однако есть и другой подход: сосредоточиться на причинах сохранения, рассказать, что материальные вещества состоят из маленьких частиц и что эти частицы не могут возникать из ничего и разрушаться (если не считать ядерной реакции). Если попросить химика объяснить ребенку сохранение материи, он, скорее всего, начнет именно с молекул, а не с отношений эквивалентности и не с количественной неизменности. Этот подход действительно оказался эффективным (мы обсудим это ниже). Таким образом, спустя несколько десятилетий после того, как Пиаже объявил задания на сохранение мерой логичности детских рассуждений, мы узнали, что дети проваливают их не потому, что нелогично мыслят, а потому, что неправильно понимают природу материи.

* * *

Атомы — это составляющие материи, из которых образованы все твердые тела, жидкости и газы. «Не доверяйте атомам, — предупреждает интернет-мем. — Они во всем замешаны». Дети не видят и не ощущают атомов, поэтому даже не подозревают об их существовании^[39]. В схожей ситуации пребывало все человечество вплоть до пионерских работ ученых XIX столетия — например, Джона Дальтона, сформулировавшего принципы химического синтеза, и Джозефа Томсона, открывшего электроны. Ничто в нашем восприятии не указывает на то, что окружающая нас материя образована из каких-то частиц. В основном она представлена дискретными, связными «пакетами»: камнями, деревьями и бревнами, кирпичами, столами, стульями, ботинками, шапками, карандашами, молотками. Эти предметы не проявляют признаков молекулярного строения. Они кажутся непрерывными и целостными.

Мы не только не осознаём микроскопические компоненты макроскопических объектов, но и неправильно воспринимаем свойства самих этих объектов. Материя имеет вес и объем, но человек от

природы не умеет определять их. Он может только прикинуть *тяжесть* (ощущаемый вес) и *величину* (видимый объем). В тяжести сливается собственно вес и плотность: одинаково весящие предметы будут восприниматься по-разному, если плотность у них разная (например, пятикилограммовый стальной брусок кажется тяжелее, чем пять килограммов пенопласта). Величина отличается тем, что объем в нем сочетается с площадью поверхности. Предметы с тем же объемом, но с разной площадью поверхности могут показаться разными по величине: скомканная простыня выпядит больше, чем аккуратно сложенная. Из-за своей субъективной природы тяжесть и величина меняются не так, как измеряемый вес и объем. У любой материи есть вес, но не у всякой есть ощущаемый вес (пример — снежинки и пыль). Аналогично объем есть у любой материи, но он не всегда видимый (пример — гелий и пар). Эта группа восприятий^[40] — то, что материя непрерывна, обладает тяжестью и величиной, — образует основу «холистической» теории материи, которая появляется в детском возрасте и у старших подростков сменяется «корпускулярной теорией».

Ошибки сохранения не противоречат холистической теории материи, поскольку изменение внешнего вида вещества — его высоты, ширины и площади — представляется синонимом изменения самого вещества. Однако такие ошибки не единственный пример действия холистических теорий. Они проступают и в детских суждениях о том, что является материей, а что — нет. Когда дошкольников и учеников младших классов спрашивают, состоят ли твердые предметы (например, камни, деревья, бревна и кирпичи) из материи, они единодушно отвечают утвердительно. Еще они соглашались, что из материи состоят те нетвердые вещества, которые можно увидеть и потрогать (например, вода, соль, сок и желе). Но в том, состоят ли из материи менее осязаемые материальные вещества, например пыль, тучи, кляксы, пузыри, они уже не так уверены. Дети колеблются и в отношении видимых, но нематериальных сущностей — тени, радуги, молнии, солнечного света^[41]. Наибольшее смущение у них вызывает воздух. Они знают, что воздух их окружает, что они вдыхают его в легкие, но считают его нематериальным. Еще они утверждают, что у воздуха нет объема, то есть, например, внутри пустой коробки он не занимает вообще никакого места^[42]. Воздух противоречит самой сути детской холистической теории материи, так как имеет объем, но при

этом невидим и не имеет величины, обладает весом, но неосязаемым, без тяжести.

Холистические теории явно проявляются в детских предположениях о том, какие предметы пойдут ко дну, а какие — останутся на плаву. Основным фактором здесь является плотность, однако у ребенка нет органов чувств для ее оценки. Судить он может только о тяжести и величине, и это приводит к систематическим ошибкам. В одном из исследований четырехлетним малышам показывали кубики разного веса и размера и просили угадать, утонут они или нет^[43]. Большинство выбрало критерий, основанный на весе: кубики, весящие меньше 100 граммов, должны плавать, а более тяжелые — утонуть независимо от того, больше или меньше их плотность по сравнению с плотностью воды. Таким образом, прогнозы оказывались верны для легких кубиков с плотностью ниже пороговой и для тяжелых кубиков с плотностью выше пороговой, но ошибочны, если плотность легкого кубика превышала пороговую, а у тяжелого оказывалась меньше. Другие исследования показали, что детей можно побудить учитывать и вес, и размер, то есть приблизительно оценивать плотность, но сами они делают это редко^[44]. Плотность просто не проявляется в холистической теории материи.

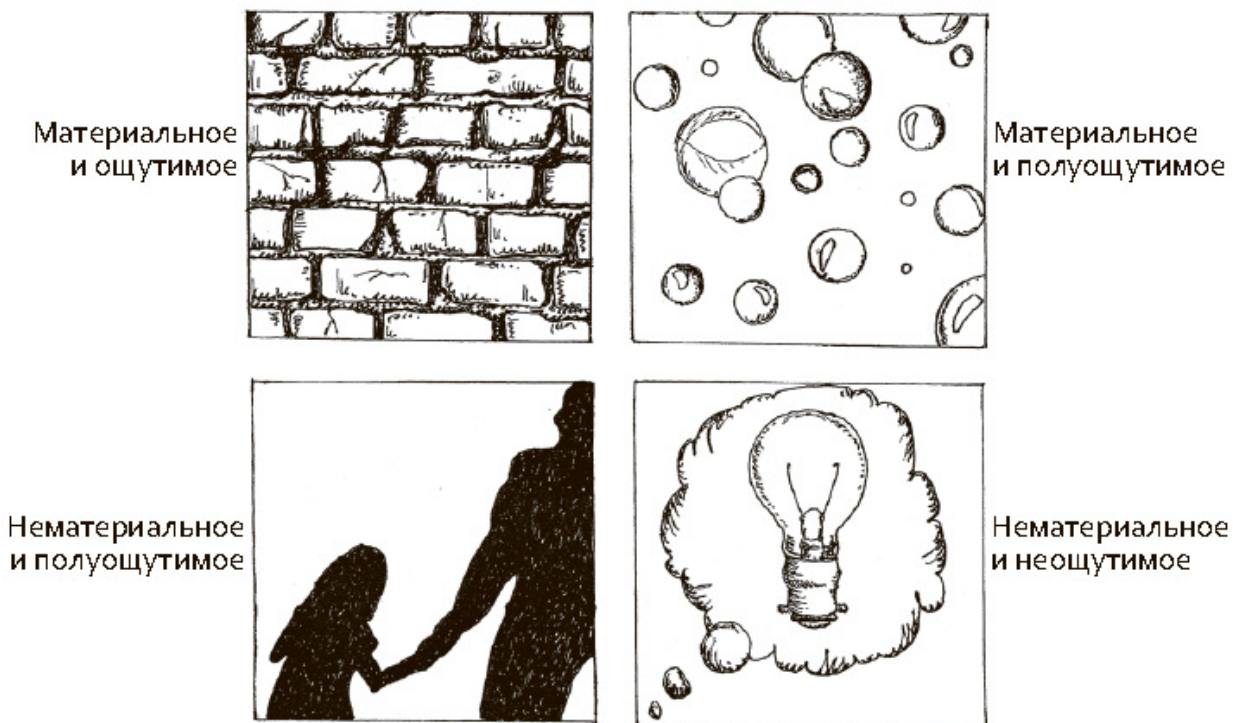


Рис. 2.2. Сначала дети определяют материю по ее осязаемости. Они правильно оценивают, что кирпичи состоят из материи, а мысли — нет, но не уверены в отношении полуюосязаемых сущностей, например пузырей или тени

В еще более чистой форме детские холистические теории проявлялись, когда детям предлагали поразмышлять над преобразованием материи, которое не поддается восприятию, — микроскопическим делением^[45]. Им показывали кусок пенопласта и просили представить, что произойдет с его массой, весом и объемом, если делить его напополам до бесконечности. Ниже — беседа между исследователем и третьеклассником. Именно так обычно отвечают дети младше десяти лет.

Ученый: Давай представим, что этот маленький кусочек можно разделить напополам, а потом еще раз напополам. Если мы будем его делить и делить, исчезнет ли материя пенопласта совсем?

Ребенок: Да. Через год ее уже не будет. Ничего не останется.

Ученый: Тогда давай представим очень маленький кусочек пенопласта — такой крохотный, что его не видно. Он будет занимать какое-то место?

Ребенок: Нет, не будет. Если на столе лежит что-то очень большое, а потом убрать это в угол, оно не будет занимать никакого места.

Ученый: А у такого маленького кусочка будет вес?

Ребенок: Нет, тоже не будет.

Ученый: Ноль граммов?

Ребенок: Да. Если берешь что-то маленькое, чувствуешь только свою кожу, потому что оно ничего не весит.

Обратите внимание, что ребенок явно приравнивает объем к величине (этот крохотный кусочек можно «спрятать в угол»), а вес — к тяжести («чувствуешь только кожу»). У более старших детей результаты совершенно другие:

Ученый: Представь, что этот маленький кусочек можно раз за разом делить пополам. Если продолжать его делить, материя пенопласта когда-нибудь исчезнет окончательно?

Ребенок: Половина чего-то — это тоже что-то, пусть и очень, очень маленькое. Нет такого предмета, половина которого — это ничего.

Ученый: Если делить эти кусочки пополам, появится ли когда-нибудь такой фрагмент, который не будет занимать пространства?

Ребенок: Нет. Сколь малой ни была бы материя, она все равно занимает какое-то место.

Ученый: А получится когда-нибудь кусочек без веса?

Ребенок: Вес все равно будет, пусть и неизмеримый. Если крохотный человечек попытается его поднять, он вес почувствует.

Эта шестиклассница явно считает материю неуничтожимой и наделяет весом и объемом даже малую, невидимую глазу материю. Как и ребенок в предыдущем примере, она склонна отождествлять вес с тяжестью, но признаёт, что ее собственное восприятие тяжести —

точнее, отсутствия тяжести — не имеет отношения к тому, есть ли у предмета вес (отсюда отсылка к «крохотному человечку»).

Наконец, еще одно доказательство существования холистических теорий — это смущение, которое появляется у детей, когда они начинают узнавать о газах. Обычно это происходит в средней школе. В этом возрасте они уже могут согласиться с тем, что газы состоят из материи, но им все еще сложно связать макроскопические свойства газов с микроскопическими частицами. Дети поначалу воспринимают газ как целостную однородную сущность, так же, как они изначально представляли себе твердые тела. Это приводит их к отрицанию того, что частицы газа постоянно находятся в движении, разделены пустым пространством и что расстояние между ними зависит от объема, который занимает газ в целом^[46]. Некоторые взрослые тоже отвергают эти идеи. Можно многое знать о взаимосвязи между макроскопическими характеристиками твердого тела (например, плавучестью) и его микроскопическими свойствами (например, плотностью), но в случае газов все приходится осваивать заново.

* * *

Понимание детьми материи — это развитие младенческого понимания материи, хотя психологи много лет были уверены, что у младенцев отсутствует даже представление о постоянстве предметов, то есть осознание, что предметы продолжают существовать, когда на них не смотришь.

Формирование представления о постоянстве казалось медленным и растянутым процессом. До четвертого месяца жизни младенцы не пытаются тянуться к желаемому предмету, если спрятать его за ширму или под ткань. С четвертого по восьмой месяц они уже берут предмет, частично скрытый из виду, но не пытаются взять его, если он скрыт полностью. С восьмого по двенадцатый месяц дети берут полностью скрытые предметы, но при этом делают любопытную ошибку. Если предмет несколько раз спрятать в одном месте (месте А), а затем в другом (месте Б), ребенок будет искать его там, где он был спрятан раньше, и только потом переключится на новое место. Это поведение известно как *ошибка А-не-Б*. Наконец, с двенадцатого по

восемнадцатый месяц младенцы начинают доставать предметы, скрытые из виду, независимо от того, прячут ли их туда же, куда до этого [47].

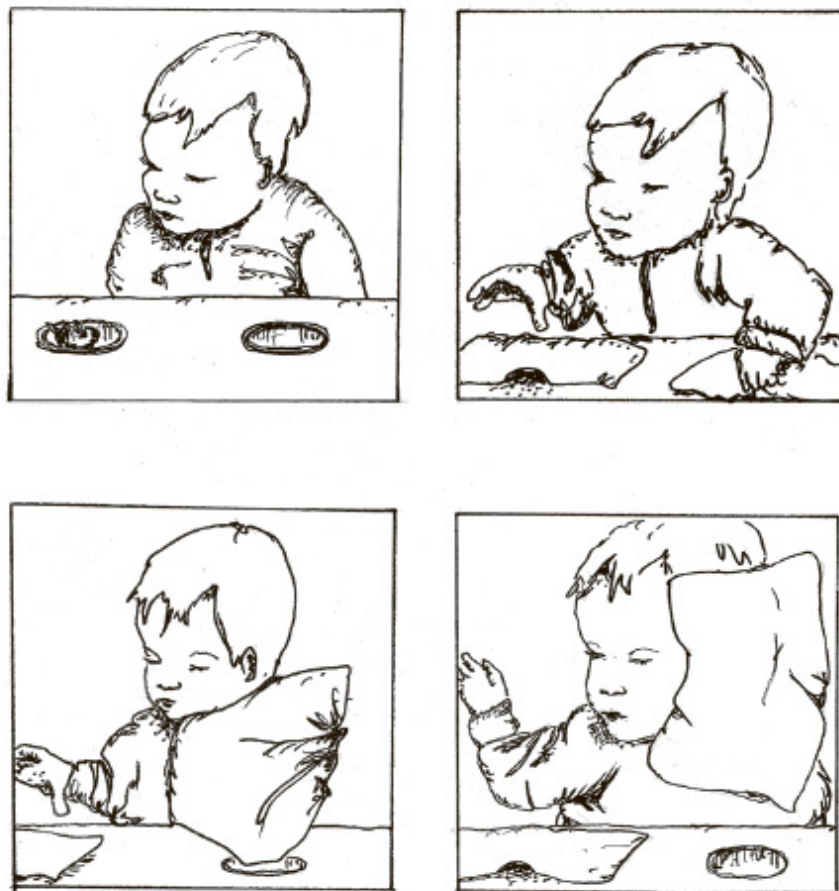


Рис. 2.3. Ребенок на рисунке ищет спрятанный предмет (накрытую игрушку) в неправильном месте (справа). Что интересно, иногда дети смотрят в правильном направлении (влево), но тянутся при этом не туда

Развитие представления о постоянстве предметов первым описал Жан Пиаже — психолог, открывший ошибки сохранения. Он пришел к выводу, что у детей нет врожденного осознания постоянства материи, не говоря уже о ее сохранении, но оно вырабатывается в течение первого года жизни. Проблема в том, что этот вывод основан на данных, в которых соединены два вида ошибок: концептуальные и двигательные. Возможно, младенцы не берут скрытые предметы не

потому, что забыли об их существовании (концептуальная ошибка), а просто еще не умеют к ним тянуться (двигательная ошибка)^[48]. Когда наблюдаешь за десятимесячным ребенком, совершающим ошибку А-не-Б, возникает сильное ощущение, что проблема именно в движениях, а не в восприятии: он ищет предмет не там, но *смотрит* часто в правильном направлении. Глаза выдают знание, которое не могут воплотить руки^[49].

Чтобы отделить концептуальные ошибки от двигательных, можно использовать различные приемы оценки ожиданий младенцев в отношении предметов, для которых не требуется проявлять двигательные навыки. Один из них был разработан в 1970-е, в последние годы жизни Пиаже, и известен как *метод зрительного предпочтения*. Младенцы, как и все остальные люди, дольше смотрят на неожиданное событие (например, когда один предмет проходит сквозь другой), чем на ожидаемое (например, если предметы сталкиваются). Сравнивая таким образом уделяемое внимание, психологи узнали, что богатые и разнообразные ожидания имеются у младенцев задолго до того, как они получают возможность воплощать свои мысли на практике, не говоря уже о том, чтобы их высказывать.

В хорошо известном исследовании ученые ставили перед пятимесячными детьми прямоугольную ширму, которую можно было поворачивать вперед и назад на нижней оси. За ширму помещали маленькую коробку — так, чтобы ее не было видно, — и показывали ребенку два варианта развития событий: ширма либо останавливалась, как будто столкнувшись с преградой, либо продолжала движение, как будто проходя через нее. Наблюдая за этими событиями, взрослый удивился бы во втором случае, но не удивился в первом, и поэтому на второе событие смотрел бы дольше. Младенцы ведут себя так же. Они дольше смотрят на второе событие и, следовательно, во втором случае удивлены, а в первом — нет^[50].

Это открытие свидетельствует не только о том, что младенцы ожидают столкновения предметов, а не прохождения их друг через друга, но и что они следят за скрытыми из поля зрения предметами, прогнозируя поведение видимых объектов (движущейся ширмы) на основе их взаимодействий с невидимыми (коробкой). Таким образом, представление о постоянстве предметов у младенцев проявляется задолго до того, как они научатся брать их руками^[51]. Уже в

трехмесячном возрасте они ожидают, что спрятанная коробка остановит движение ширмы.

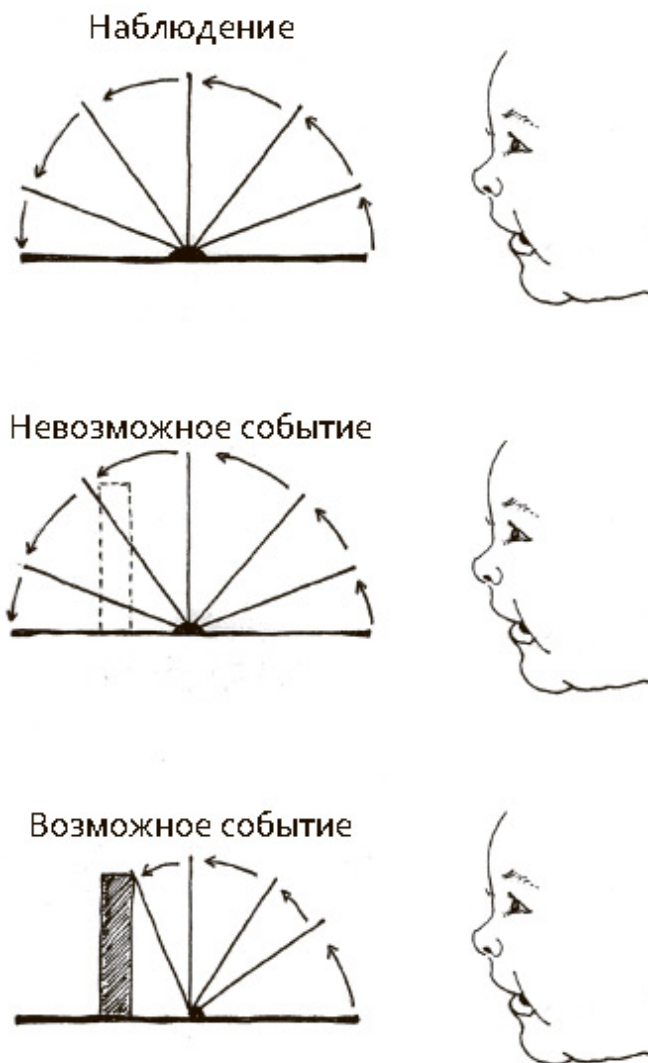


Рис. 2.4. Уже в четырехмесячном возрасте дети дольше смотрят на ширму, которая как будто проходит через твердую коробку (невозможное событие), чем на ширму, которая останавливается при контакте с коробкой (возможное событие)

Кроме того, в этом возрасте они уже считают, что предметы приходят в движение от контакта с другими предметами и описывают непрерывную траекторию. Если показать нарушения этих принципов — например, предметы, которые движутся сами по себе или возникают из ниоткуда и пропадают, — младенцы будут смотреть с недоверием.

Конечно, в природе это невозможно, но хитрые ученые имитируют такие события с помощью ловкости рук и оборудования для фокусов^[52]. Таким образом, вопреки предположениям Пиаже, у младенцев есть ожидания в отношении предметов и эти ожидания сохраняются даже во взрослом возрасте. В то же время представления в отношении цельности, непрерывности и контакта проявляются только в отношении дискретных, связанных предметов и отсутствуют в случае других форм материи, например соли и песка.

В одном из исследований ученые проверяли, могут ли восьмимесячные младенцы отслеживать два вида сущностей, помещенных за непрозрачной ширмой: горку песка и предметы, похожие на горку песка, но движущиеся как единое целое (кусочки пенопласта с приклеенным песком)^[53]. В первом случае ученые насыпали за ширму одну горку, а затем другую. После этого ширму опускали, показывая либо обе горки, либо всего одну. Младенцы смотрели на оба результата одинаково долго, то есть у них не было ожиданий в отношении того, сколько горок песка должно там быть. Во втором случае дети видели, как исследователи кладут за ширму один предмет, а затем второй. После этого экран опускали, показывая один либо два предмета. Теперь младенцы смотрели на один предмет значительно дольше, так как, по их мнению, за ширмой должны находиться два.

Было сделано предположение, что младенцы просто не уверены, в две или в одну горку был высыпан песок в первом случае. Именно поэтому ученые провели еще один эксперимент: насыпали песок не за одной, а за двумя ширмами, между которыми оставляли промежуток. Когда ширму опускали, показывая одну либо две горки, младенцы смотрели на оба результата одинаково долго. Они не отслеживали положение песка так, как положение цельных предметов, пусть и сделанных похожими на горку песка.

Младенцы не единственные, кто отслеживает связанные формы материи, но не отслеживает несвязанные. Когда описанные выше исследования повторили у лемуров, результаты оказались такими же: эти животные имели точные ожидания числа предметов за экраном, но не имели ожиданий в отношении горок песка^[54].

Эволюция, видимо, не одарила приматов способностью отслеживать несвязанные вещества. Мы можем следить за предметами,

которые движутся в пространстве, скрываются из виду и вступают в контакт с другими предметами, но не можем даже посчитать горки песка, по крайней мере в младенческом возрасте^[55]. Конечно, эволюция сохраняет те навыки, которые оказались полезными для выживания и размножения вида, и сложно придумать, каким образом отслеживание нетвердых веществ соответствовало бы этому критерию. Такие вещества, как молоко и вода, нужны для питания, но нет необходимости отслеживать их при перемещении в пространстве. Не обязательно и воспринимать связи между ними и другими материальными сущностями, например твердыми предметами. Представление о камне как целостном предмете, который можно поднять, перенести, бросить или спрятать, несоизмеримо важнее для выживания, чем осознание того, что камень, в сущности, аналогичен песку.

* * *

Если в начале жизни человек воспринимает материю как фундаментально целостную, то как он приходит к осознанию ее корпускулярности? Рассказывать детям, что материя состоит из частиц, не очень эффективно, потому что они еще не готовы принять эту информацию. Сначала им нужно перестроить свое понимание материи — перестать обращать внимание на отличия, важные для холистической, но не корпускулярной теории, и научиться видеть особенности, имеющие значение для корпускулярной теории, но не для холистической. В частности, детям приходится учиться игнорировать разницу между предметами и несвязанными веществами и начать рассматривать и то и другое как материю, а также увидеть различия между восприятием веса (тяжестью) и его физическим определением, между воспринимаемым объемом (величиной) и физическим термином «объем». Только после этого можно понять концепцию плотности — веса, приходящегося на единицу объема.

Плотность — это характеристика, воплощающая корпускулярную теорию. Плотным и неплотным может быть только вещество, обладающее внутренней структурой. Однако структура непроницаема для невооруженного глаза, поэтому у маленьких детей нет

представления о плотности как отдельном от веса параметре. Как уже отмечалось выше, они не используют плотность для предсказания плавучести и для определения материала. Представьте себе следующее задание. Вам дали три металлических кубика: свинцовый со стороной 2,5 сантиметра и весом 180 граммов, еще один свинцовый со стороной 7,5 сантиметра и весом почти 5 килограммов и алюминиевый со стороной 13 сантиметров и весом 220 граммов. Вам нужно определить, какие кубики сделаны из одного и того же металла. Они оклеены бумагой, поэтому сориентироваться по цвету не получится.

Как вы поступите? Скорее всего, вы соотнесете вес кубиков с их величиной и поймете, что самый большой (алюминиевый) не такой тяжелый для своего размера в сравнении с двумя другими (свинцовыми). Для дошкольников и учеников младших классов эта задача оказывается на удивление сложной. Они могут определить, какой кубик выделяется с точки зрения веса, какой — с точки зрения объема, но не видят отклонений с точки зрения веса на единицу объема. Большинство детей в итоге исходят исключительно из веса кубиков, сравнивая меньший свинцовый с алюминиевым.

Эту задачу с угадыванием материала придумали психолог Кэрол Смит и ее коллеги. Она уже более трех десятилетий изучает детские интуитивные теории материи. Большинство ее исследований посвящено плотности, так как это хороший показатель понимания детьми материи в целом. Один из придуманных Смит способов объяснить детям понятие плотности — массы на единицу объема — заключается в сравнении этого неуловимого параметра с удельными количествами, *поддающимися* восприятию. Давление, например, это удельный параметр (сила на единицу площади), который можно почувствовать кожей, а темп — удельный параметр (число ударов на единицу времени), который можно услышать. Концентрация — удельный параметр (число молекул в единице объема), определяемый языком, а насыщенность (число предметов на единицу площади) — удельный параметр, видимый глазу.

В одном из исследований Смит вводила понятие плотности с помощью двух других удельных концепций: концентрации и насыщенности^[56]. Чтобы научить семиклассников выделять переменные, входящие в удельные величины, им предлагали расследовать два гипотетических убийства. В первом случае жертва

выпивала отравленный напиток Kool-Aid, и детям нужно было определить, кто из подозреваемых его приготовил. Для этого требовалось сравнить между собой концентрации продуктов в любимых рецептах у всех подозреваемых, то есть количество порошка на единицу воды. Во втором случае жертву отравляли печеньем с кусочками шоколада, и дети должны были определить, кто его испек. Они сравнивали насыщенность печенья шоколадом в рецептах подозреваемых, то есть количество кусочков шоколада на единицу теста.

Чтобы оценить понимание испытуемыми концентрации, насыщенности и плотности, Смит просила расположить в порядке увеличения растворы разной концентрации, различную насыщенность точек и материалы разной плотности. Все удельные величины определялись легко вычисляемыми параметрами: например, четыре чайные ложки сахара на два стакана воды. Перед экспериментом с расследованием убийства ученики уже умели располагать точки по насыщенности, но не умели располагать растворы по концентрации и материалы по плотности. После эксперимента они могли расположить растворы, но все еще не материалы. Понятийный промежуток между отработываемыми величинами (насыщенностью и концентрацией) и целевой величиной (плотностью) оказался слишком велик.

В дальнейших исследованиях Смит и коллеги применили другой подход^[57]. Вместо того чтобы пытаться сделать плотность воспринимаемым параметром, они показывали ученикам материальные явления, объяснимые только с точки зрения плотности и ее составных элементов — веса и объема. Несколько недель ученики взвешивали на очень чувствительных весах маленькие, не имеющие тяжести предметы (блестки, капли чернил). На рычажных весах они сравнивали пустые воздушные шары с шарами, наполненными воздухом. Они определяли объем предметов, которые не получается измерить линейкой (капли воды), исходя из измеримых объемов (миллилитр воды). Они погружали предметы разной плотности в жидкости разной плотности. Они измеряли вес и объем железного шарика до и после нагревания и вес таблеток шипучего аспирина до и после растворения в воде.

В отличие от задач с убийствами, этот подход оказался эффективным. До курса лишь немногие ученики могли упорядочить

материалы по плотности. После курса с этим справлялось большинство. Кроме того, после курса большинство учеников начало считать материей неосязаемые вещества (воздух, пыль, дым) и приписывать вес микроскопическим объектам (крохотному кусочку пенопласта). Наверное, больше всего заслуживает внимания тот факт, что ученики, сначала провалившие задачи Пиаже на сохранение, после обучения справлялись с ними, хотя тема сохранения прямо не затрагивалась.

Дополнительные исследования группы Кэрол Смит показали, что освоение корпускулярной теории материи имеет на удивление обширные последствия за пределами области материи, в мире чисел. Целые числа, как и предметы, можно делить на меньшие составляющие (дроби), однако дети изначально воспринимают числа по-другому, считая их просто конечными точками отсчета. Малыши понимают, что числа можно увеличивать и уменьшать, прибавляя и убирая предметы, но не имеют представления о *делении*. Числа рассматриваются как целостные и однородные, аналогичные физическим объектам.

Заинтригованные этим сходством, Смит и коллеги задались вопросом, развивается ли понимание делимости чисел в тандеме с пониманием делимости материи. Для этого они совместили описанную выше задачу на деление пенопласта с задачей на деление чисел. Вот простой пример беседы с третьеклассником:

Ученый: Между нулем и единицей есть еще какие-нибудь числа?

Ребенок: Нет.

Ученый: А половина?

Ребенок: Да. Получается, что есть.

Ученый: А сколько примерно чисел между нулем и единицей?

Ребенок: Ну, не очень много. Только ноль и половина, потому что это на полпути к единице.

Ученый: Давай представим, что ты разделил два пополам и получил один, а затем снова разделил результат пополам. Можно так делить до бесконечности?

Ребенок: Нет, потому что если взять эту половину числа, получится ноль, а ноль разделить нельзя.

Ученый: То есть когда-нибудь получится ноль?

Ребенок: Да.

Некоторые дети знали, что существуют и другие дроби, не только одна вторая. Один третьеклассник, например, заметил: «Есть половина, треть, четверть, одна какая-то и так далее вплоть до десяти». Но даже такие дети отрицали, что сами эти дроби можно делить. В более старшем возрасте дети уже не просто утверждали, что дроби, например одну четверть, можно разделить пополам, но и что делить пополам можно бесконечно. Это иллюстрирует следующий диалог с пятиклассником:

Ученый: Между нулем и единицей есть еще какие-то числа?

Ребенок: Да, есть.

Ученый: Можешь привести пример?

Ребенок: Одна вторая или ноль целых пять десятых.

Ученый: А сколько примерно чисел между нулем и единицей?

Ребенок: Много.

Ученый: Представь, что ты разделил два пополам, получил единицу и опять разделил ее пополам. Можно так делить до бесконечности?

Ребенок: Да. Когда что-то делишь, всегда что-то остается.

Ученый: Ты когда-нибудь получишь ноль?

Ребенок: Нет, потому что есть бесконечно много чисел меньше единицы, но больше нуля.

Крайне важно то, что осознание детьми делимости чисел сопровождается осознанием делимости материи. Дети, утверждающие, что числа на каком-то шаге деления перестают существовать, согласны и с тем, что материальные вещества в какой-то момент деления теряют вес, в то время как дети, несогласные с первым утверждением, не согласны и со вторым. И тем не менее, если понимание приходит не

одновременно, отстает именно представление о бесконечной делимости чисел, то есть бесконечную делимость материальных сущностей (предметов) дети усваивают раньше бесконечной делимости нематериальных (чисел).

Понимание строения материи, таким образом, может стать трамплином к более сложному пониманию чисел. Бесконечная делимость, как и бесконечная плотность, — очень важная идея, которую можно перенести из одной области в другую. Подчеркивание параллелей между этими явлениями — очень продуктивная стратегия преподавания натуральных дробей и других видов рациональных чисел, например десятичных дробей и процентов^[58]. Ученики, которых учили ассоциировать дроби с долей емкости, заполненной водой (веществом), успевают намного лучше, чем те, которым дроби показывали в виде кусков пирога (предмета). Предметы бывают полезны при освоении целых чисел, так как и то и другое дискретно, связано и едино, но дроби лучше объяснять на примере веществ, так как и то и другое непрерывно, делимо и обладает плотностью. Параллели между числами и материей проходят глубже, чем в самих этих областях.

* * *

Что тяжелее: килограмм пуха или килограмм золота? Конечно, ни то ни другое: килограмм и есть килограмм. Но вполне вероятно, что перед тем, как ответить на этот вопрос, вы на секунду задумались. Золото «весомее» пуха, и концепция тяжести вступает в противоречие с концепцией веса. Тяжесть и величина — это воспринимаемые качества материи. Они сохраняются при изменениях ее концептуального понимания и мешают рассуждать о материальных явлениях на протяжении всей нашей жизни^[59].

Возьмем задачу о том, какой предмет утонет, а какой — нет. Взрослые быстро оценивают, что большие плотные предметы, например сковородка, идут ко дну, а легкие и воздушные, например упаковочный пенопласт, остаются на поверхности. Однако сравнить легкий, но при этом плотный предмет, например железную стружку, с тяжелым, но воздушным, например пенопластовой коробкой, уже

сложнее. Даже если человек признает, что плотность — единственный параметр, имеющий отношение к задаче, тяжесть и величина все равно вмешиваются в рассуждения^[60].

Тяжесть и величина нарушают и способность отделять материальные сущности от нематериальных. Если попросить человека быстро классифицировать «материальное» и «нематериальное», неосязаемые вещества (чернильные пятна, духи, воздух) потребуют больше времени, чем осязаемые (камни, кирпичи, ботинки). Ошибки будут совпадать с детскими ошибками в аналогичных заданиях без ограничения времени. В одном из исследований скоростной классификации взрослые относили чернильные пятна к материи лишь в 85% случаев, духи — в 83%, а воздух — в 75%. И наоборот, в 35% случаев к материи причисляли гром, в 37% — свет звезд, а в 57% — молнию^[61]. Даже Антуан Лавуазье, основоположник современной химии, был сбит с толку физической сущностью тепла и света. И то и другое он отнес к элементам материи^[62].

Чтобы сбиться в рассуждениях о материи, не обязательно нужна нехватка времени. Люди ошибаются и в обычных ситуациях. Например, мы ставим заполненную до краев бутылку воды в холодильник, забывая, что она лопнет, когда вода внутри расширится. Мы переплачиваем за большие упаковки продуктов, не задумываясь об эквивалентности количества на единицу упаковки в товарах разных размеров. Мы перенапрягаемся, расчищая снег с дорожки, не осознавая, что скопление не имеющих тяжести снежинок — это десятки килограммов замерзшей воды. А еще мы не можем разобраться, наполовину пуст стакан или наполовину полон, хотя в действительности он заполнен целиком — отчасти жидкостью и отчасти газом.

Мой любимый бытовой пример ошибок, связанных с материей, — это разливное пиво в пабе. Стандартный стакан на пинту — 0,47 литра — размером 14,9 сантиметра в высоту, 8,2 сантиметра в диаметре сверху и 6 сантиметров в диаметре у доньшка. Сколько пива, по-вашему, будет не хватать, если на пазок налить стакан не до краев, а до высоты 12,7 сантиметра?

Почти четверти объема! Ведь стакан сужается книзу и в его верхней части умещается больше пива, чем в нижней. Большинство забывают, сколько пива упускают из-за недолива, но теперь решение

проблемы найдено. Предприимчивые любители пива изобрели карманный прибор для измерения уменьшения объема пива в зависимости от высоты. Его название хорошо отражает происхождение идеи: пивоизмеритель Пиаже.

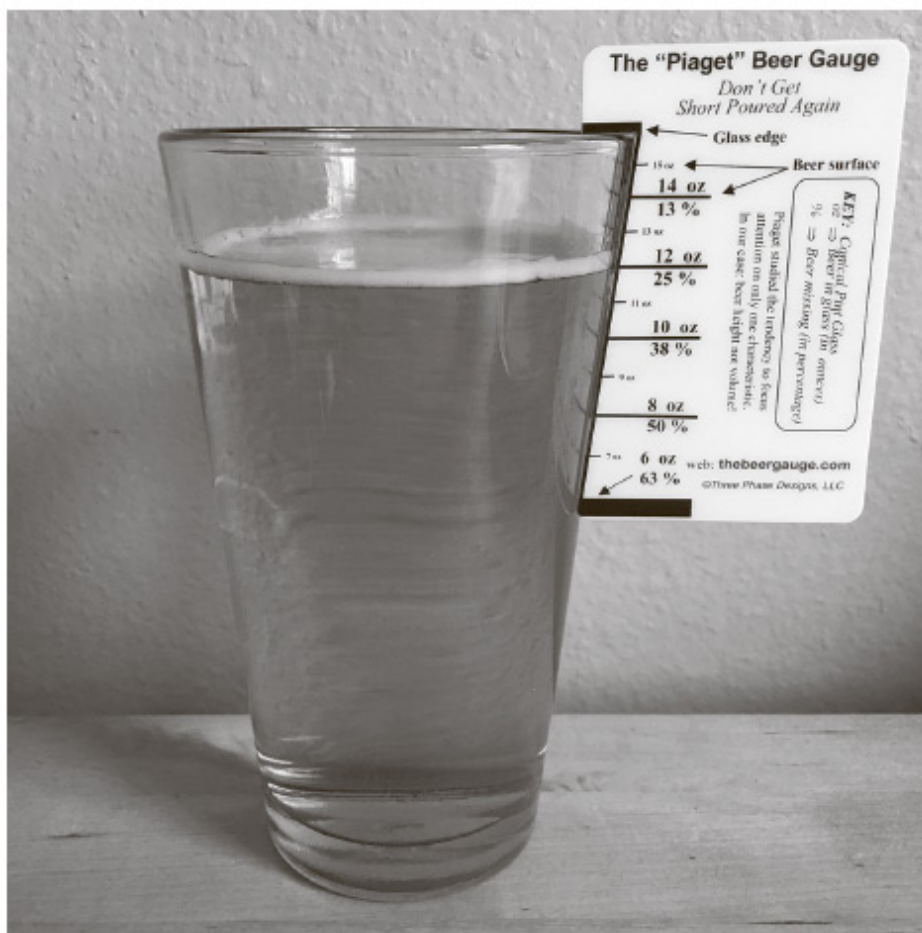


Рис. 2.5. Бытовых ошибок на сохранение очень много даже у взрослых. Хороший пример — хроническое неумение оценить, сколько пива не хватает в неполном стакане

Глава 3. Энергия

Почему предметы горячие? Откуда берется громкость?

В середине XVII столетия во Флоренции была основана Академия дель Чименто — Академия эксперимента. Целью этого общества было изучение тайн природы путем наблюдений и опытов. Его члены создали одни из первых градуированных лабораторных инструментов, размеченных стандартными единицами, например спиртовые термометры^[63]. Они пользовались такими термометрами, чтобы разобраться в тепловых явлениях, например в том, как происходит расширение жидкостей при замерзании, расширение твердых тел при нагревании, и во влиянии тепла и холода на атмосферное давление.

В одной серии экспериментов флорентийские ученые помещали сосуды с разными жидкостями — розовой водой, фиговой водой, вином, уксусом и растопленным снегом — в ледяную ванну, чтобы вызвать замерзание. Когда жидкости замерзли, расширение отмечалось по отношению к температуре. Странно то, что экспериментаторы ставили термометры не в сам сосуд, а в лед рядом с ним. Прошло 250 лет, и измерение точки замерзания стало обычным экспериментом на детских научных ярмарках. Все инструкции по их проведению рекомендуют помещать термометры в замораживаемую жидкость. Почему же флорентийцы поступали иначе?

Из записок экспериментаторов следует, что они пытались измерить изменения именно в жидкости, а не в ледяной ванне. Однако сам процесс замерзания они понимали совсем не так, как сегодняшние ученые. Термометр, с их точки зрения, был нужен, чтобы измерить силу холода, перетекающего из ледяной ванны в жидкость^[64]. Сосуд и его содержимое воспринимались как пассивные получатели холода, а не как равные партнеры в двустороннем взаимодействии. Современный взгляд на процессы, происходящие во время таких экспериментов, заключается в том, что тепло передается от сосуда ледяной ванне. Но тогдашние экспериментаторы об этом даже не подозревали. Холод для них был не отсутствием тепла, а чем-то фундаментально отличным. Разве тепло может охладить?

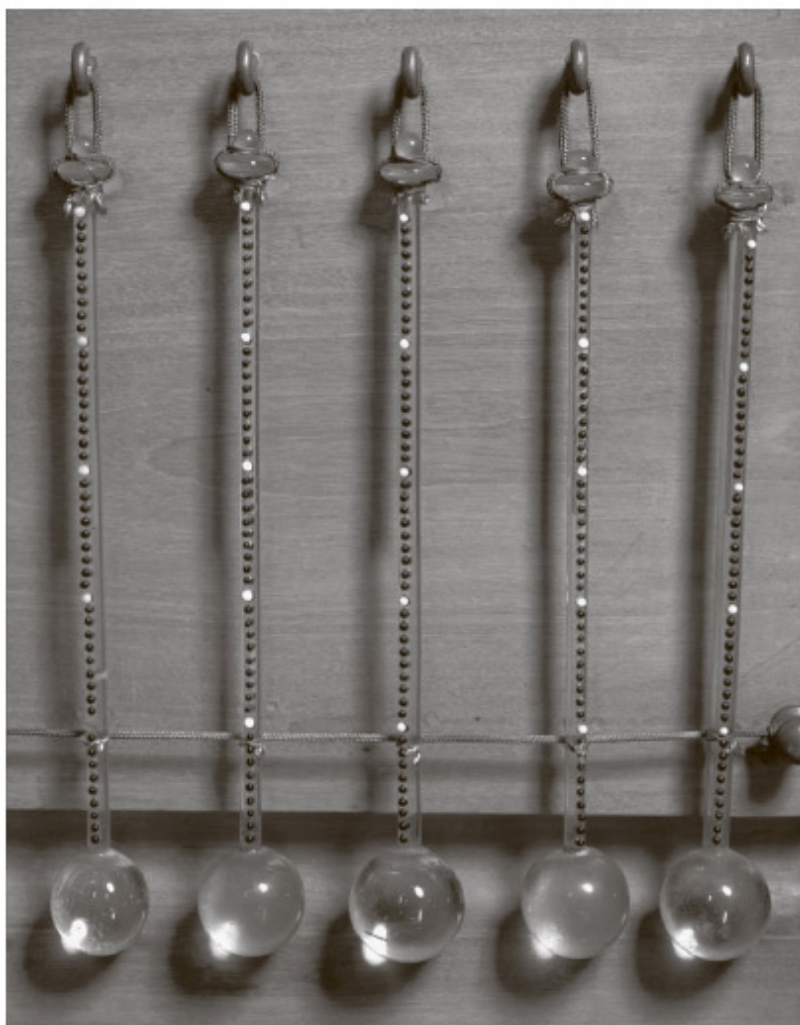


Рис. 3.1. Эти термометры были созданы в Академии дель Чименто — флорентийском научном обществе XVII века. С их помощью провели одни из первых лабораторных опытов по нагреванию, охлаждению, сжиганию и заморозке

Флорентийские ученые не только рассматривали тепло и холод как противоположные процессы, но и представляли их как вещества, аналогичные воде, спирту и маслу. Считалось, что тепло состоит из частиц огня и в процессе нагревания другие вещества наполняются этими частицами, которые расталкивают их изнутри (отсюда явление теплового расширения). Кроме того, полагали, что тепло могут излучать только источники тепла: свечи, уголь, костры, солнце. Жидкость комнатной температуры не рассматривалась как носитель

теплоты, не говоря уже о передаче тепла более холодной системе (ледяной ванне).

Взгляд флорентийских экспериментаторов на тепловые явления назвали *теорией источника и получателя*^[65], поскольку она четко различает источники и получателей тепла, а также источники холода и получателей холода. Эта теория объясняет подход флорентийцев ко всем тепловым явлениям, не только к искусственной заморозке. В другой серии опытов они наблюдали, как латунь, бронза и медь расширяются при нагревании и сокращаются при охлаждении. Степень расширения они сравнивали с расширением древесины, впитывающей воду. Для современных взглядов на тепловое расширение это странное сравнение, но для теории источника и получателя оно вполне разумно, поскольку частицы впитывающейся воды в ней физически аналогичны впитывающимся частицам огня — предполагаемым составным частям тепла.

Еще ученые из Академии дель Чименто сравнили замерзание воды в ледяной ванне («искусственное замораживание») с тем, как вода замерзает на улице в холодный день («естественное замораживание»). Они искали разницу в скорости, полноте замерзания и прозрачности получившегося льда. Их эксперименты были основаны на представлении, что разные виды холода оказывают разное действие. Результаты, однако, не позволили экспериментаторам сделать окончательных выводов. Они не позаботились проверить, совпадает ли температура воздуха на улице с температурой ледяной ванны, и были больше сосредоточены на том, чтобы охарактеризовать природу другого «источника холода» и его воздействие.

В 1761 году, спустя более чем столетие после основания Академии дель Чименто, шотландский химик Джозеф Блэк открыл, что воздействие тепла на вещество не всегда меняет температуру. В частности, нагревание смеси льда и воды не поднимает температуру, а только повышает соотношение воды ко льду. Температура воды начнет расти лишь после того, как весь лед растает. Блэк пришел к выводу, что то же верно для смеси холодной воды и пара: нагревание не будет повышать температуру, пока вся вода не испарится.

Отличие тепла от температуры не вписывалось в господствовавшую в то время теорию источника и получателя. До Блэка все исходило из того, что термометр измеряет тепло, а не

температуру, поэтому разделение тепла и температуры при фазовом переходе было необъяснимым.

Это открытие заставило Блэка разработать новую теорию тепловых явлений, но это была не кинетическая теория, принятая в современной термодинамике. Теория Блэка различала тепло и температуру, но все еще продолжала считать тепло веществом — *теплородом*^[66]. В точках таяния и кипения теплород накапливается внутри веществ, меняя их химический состав, но не температуру. Потребовалось еще целое столетие, чтобы ученые отказались от этой теории в пользу кинетического (основанного на энергии) взгляда на тепло. Но не-ученые держатся за нее. Подобные представления лежат в основе большинства рассуждений о теплоте, хотя старое название давно забыто и теплород называют просто *теплом*.

* * *

Тепло — это форма энергии, совокупная энергия молекул физической системы, но мы интуитивно рассматриваем ее как разновидность вещества согласно с описанными выше устаревшими теориями. Интуитивные теории тепла совпадают с историческими воззрениями во многих аспектах, начиная с формулировок. Тепло описывают как нечто движущееся само по себе («тепло из ванны уходит, рассеивается, улетучивается»). Его можно поймать и сдержать («тепица удерживает солнечное тепло», «закройте дверь, чтобы *не напустить жары*»). Для некоторых это просто метафора. Проще сказать «все тепло ушло из ванны», чем «вода в ванне достигла теплового равновесия с окружающей средой». Большинство же людей понимают это не менее буквально, чем фразу «из ванны вытекла вся вода» или «закрой дверь, чтобы не проникал запах».

Откуда известно о том, что эти формулировки буквальны? Например, использующие их люди делают совершенно иные прогнозы о тепловых феноменах, чем не использующие. Мы еще обсудим это. Другая причина заключается в том, что если нужно объяснить «вещественные» формулировки, то многие излагают теорию, полностью основанную на веществе, как в представленной ниже

беседе между ученым, исследующим преподавание физики, и студентом колледжа, изучающим физику:

Ученый: Вы только что использовали глагол «перетекать» для описания процесса передачи тепла^[67]. Как представляете себе передачу тепла в этом вопросе?

Студент: Как движение воды. Вода течет из более высокого места в более низкое, а тепло — из более теплой области в более холодную. По-моему, принцип схожий.

Другое сходство между интуитивными и историческими теориями тепла заключается в том, что в обоих случаях проводится различие между теплом и холодом и, следовательно, между источниками холода и источниками тепла. Холод — это не более чем восприятие определенного состояния. Вещества, отводящие тепло от тела, ощущаются холодными, а передающие телу тепло — горячими. И тем не менее по-разному воспринимаемые состояния кажутся материальными, как разные вещества. Подумайте об объяснениях, которые приводили студенты на вводном курсе физики, когда их спрашивали, почему стакан чуть теплой воды теряет температуру при контакте с кубиком льда или металлическим столом:

— Часть холода из кубика переходит в воду^[68].

— Когда стакан касается металлического стола, молекулы стола добавляют чашке холода.

— Стакан становится холоднее, потому что стол передает чашке холодные молекулы, а чашка передает горячие молекулы столу. Когда это происходит, стол становится горячее, а чашка — холоднее.

В последнем объяснении высказано не только предположение, что холод отличается от тепла, но и что он состоит из другого вещества: «молекул холода». Может появиться искушение интерпретировать это объяснение с точки зрения энергетических состояний: «горячие молекулы» высокоэнергетические, а «холодные» — низкоэнергетические. Однако студент явно полагал, что от вещества к веществу передаются именно сами молекулы, а не их энергия. Взгляд на жар и холод как на дуэль двух веществ хорошо выразил другой

участник того же исследования, определивший температуру как «меру смеси тепла и холода внутри предмета»^[69].

Третье сходство между интуитивными и историческими теориями, в частности теорией источника и получателя, заключается в том, что они не разделяют тепло и температуру. В результате тщательных наблюдений за фазовыми переходами Блэк открыл, что тепло отличается от температуры. В быту то же отличие можно наблюдать, когда предметы, обладающие одинаковой температурой, передают разное количество тепла. В ванной, например, хлопчатобумажные полотенца на полу кажутся теплее, чем керамическая плитка под ними, металлические пряжки ремней безопасности в горячей машине — теплее, чем виниловая обивка сиденья, а алюминиевые сковородки в духовке — теплее, чем окружающий их воздух. Причина разных ощущений в том, что одни материалы передают тепло лучше, чем другие, и более эффективно передающие вещества (проводники тепла) кажутся горячее или холоднее, чем те, которые проводят тепло хуже (теплоизоляторы).

Таким образом, чтобы понять, почему два материала с одинаковой температурой при прикосновении ощущаются по-разному, нужно отличать тепло и передачу тепла от температуры. Большинство людей этого не делают и исходят из того, что предмет *чувствуется* горячим, потому что он и *есть* горячий, потому что одни предметы теплее от природы (например, полотенцу присуща большая теплота, чем плитке) или потому что некоторые вещества лучше улавливают тепло (например, хлопок от природы лучше улавливает тепло, чем керамика)^[70]. Мы склонны считать пальцы тепловыми сенсорами, но пальцы не измеряют ни тепло, ни температуру. Они измеряют гораздо более субъективный параметр: получает или теряет кожа тепло, и насколько быстро. С эволюционной точки зрения это самое главное, потому что от этого зависит, есть ли опасность умереть от ожогов или обморожения. Важнейший фактор тепловых травм — не тепло, а его *передача*. Если бы тепло само по себе имело столь же серьезное значение, невозможно было бы вынуть сковородку из духовки, потому что воздух обжигал бы кожу еще до того, как рука коснется сковородки. Наша кожа в безопасности потому, что воздух передает тепло гораздо медленнее металла. Мы можем переносить контакт с

воздухом, нагретым до 200°C, хотя не можем вынести контакта со сковородой той же температуры.

Возможно, восприятие тепла (теплоты) более оторвано от самого тепла, чем восприятие веса (тяжесть) от собственно веса. В обоих случаях важную роль играет материал, но на восприятие тепла он влияет значительно сильнее, чем на восприятие веса. Подумайте, например, о разнице между алюминием и пробкой. Килограмм алюминия будет казаться тяжелее, потому что пробка занимает больше места, что повлияет на восприятие ее веса^[71]. Однако отклонение от реальности не доходит до такой степени, что алюминий начинает казаться неподъемным. В то же время воспринимаемая и реальная теплота предметов отличаются гораздо сильнее. При 100°C пробку все еще можно потрогать, а алюминий сразу же обожжет кожу^[72].

* * *

Представьте, что у вас два шарика, наполненных гелием, — бумажный и резиновый. Оба шара плотно закрыты. Если оставить их на несколько часов в кладовке, какой шар сохранит большую подъемную силу? Теперь представьте, что у вас два стакана кофе: один из пенопласта, другой керамический. Оба стакана герметично закрыты крышкой. Если оставить их на столе на двадцать минут, в каком напиток будет горячее?

С научной точки зрения эти мысленные эксперименты относятся к совершенно разным явлениям: диффузии газов и передаче тепла. В первом случае происходит рассеивание вещества, а во втором — обмен энергией. Следовательно, физики будут исходить из разных соображений: пористости бумаги по сравнению с резиной в первом случае и теплопроводности пенопласта по сравнению с керамикой во втором.

Однако не слишком знакомые с физикой люди основывают свои ответы на пористости материала. Иными словами, и физики, и новички сходятся во мнении, что резиновый шарик будет более летучим, чем бумажный, но по-разному предсказывают, в каком из стаканов кофе окажется горячее. Физики считают, что в

пенопластовом, так как он лучше изолирует, а новички — что в керамическом, поскольку керамика не такая пористая^[73].

Это одна из нескольких парных задач, разработанных исследовательской группой психолога Мишлен Чи^[74]. Ученые стремились сопоставить преобразования материи со структурно схожими случаями передачи энергии. Некоторые задачи относились к теплоте, некоторые — к свету, некоторые — к электричеству. Независимо от вида рассматриваемой энергии, мало знакомые с физикой люди (в данном случае девятиклассники) считали, что результат передачи энергии будет таким же, как и при тесно совпадающем материальном преобразовании. Для обоснования своих суждений в отношении материи и энергии они использовали те же формулировки: глаголы, подразумевающие содержание (*удерживает, улавливает, блокирует*), абсорбцию (*впитывается, вбирает, поглощает*) и движение (*покидает, протекает, улечивается*).

Специалисты-физики, решая те же задачи, использовали совершенно другую терминологию. Обсуждая материю, они говорили о содержании, абсорбции и (макроскопическом) движении, а в случае энергии упоминали молекулярные взаимодействия (*сталкиваются, контактируют, возбуждаются*), системные процессы (*вместе, параллельно, одновременно*), поиск равновесия (*распространяется, передается, выравнивается*). Почему новички относятся к теплу, свету и электричеству так, как будто это вещества? Авторы исследования полагают, что все дело в том, что концептуализировать «вещи» легче, чем процессы. Вещи конкретны, а процессы абстрактны. Вещи статичны, а процессы динамичны. Вещи устойчивы, а процессы эфемерны.

Конечно, не все процессы плохо поддаются концептуализации. Несложно представить себе очень многие целенаправленные процессы, например приготовление пищи, рисование и шитье. Чи и коллеги называют их *прямыми* и противопоставляют *эмерджентным*. Эмерджентные процессы отличаются от прямых четырьмя главными особенностями. Они *системны* — не имеют четкого причинно-следственного объяснения. Они *стремятся к равновесию*, к сбалансированной конфигурации компонентов. Они *одновременны*, то есть их компоненты действуют в тандеме. И они *текущие*, то есть не имеют ни начала, ни конца, даже если достигают равновесия^[75].

Тепло — яркий пример эмерджентного процесса, так как оно является результатом коллективного движения независимых молекул. Еще к таким процессам относятся давление, которое рождается из совокупной силы независимых частиц газа, погода — коллективное движение независимых масс воздуха, а также эволюция, приводимая в движение размножением независимых организмов. Эмерджентные процессы можно найти и в обществе. Дорожное движение — это совокупность решений независимых водителей, цена акций определяется решениями независимых инвесторов, а городская архитектура — решениями независимых застройщиков. Часто проще думать, что явления в этих сферах вызваны каким-то одним фактором — одним медлительным водителем, одним неразумным генеральным директором и одним градостроителем, нарисовавшим в воображении план, однако они возникают без помощи (и без помех) со стороны лидера. Несомненно, тепло не вызвано одной молекулой, ведущей за собой другие. Сложные и вроде бы направленные изменения складываются из простых и ненаправленных взаимодействий на нижележащем уровне системы.

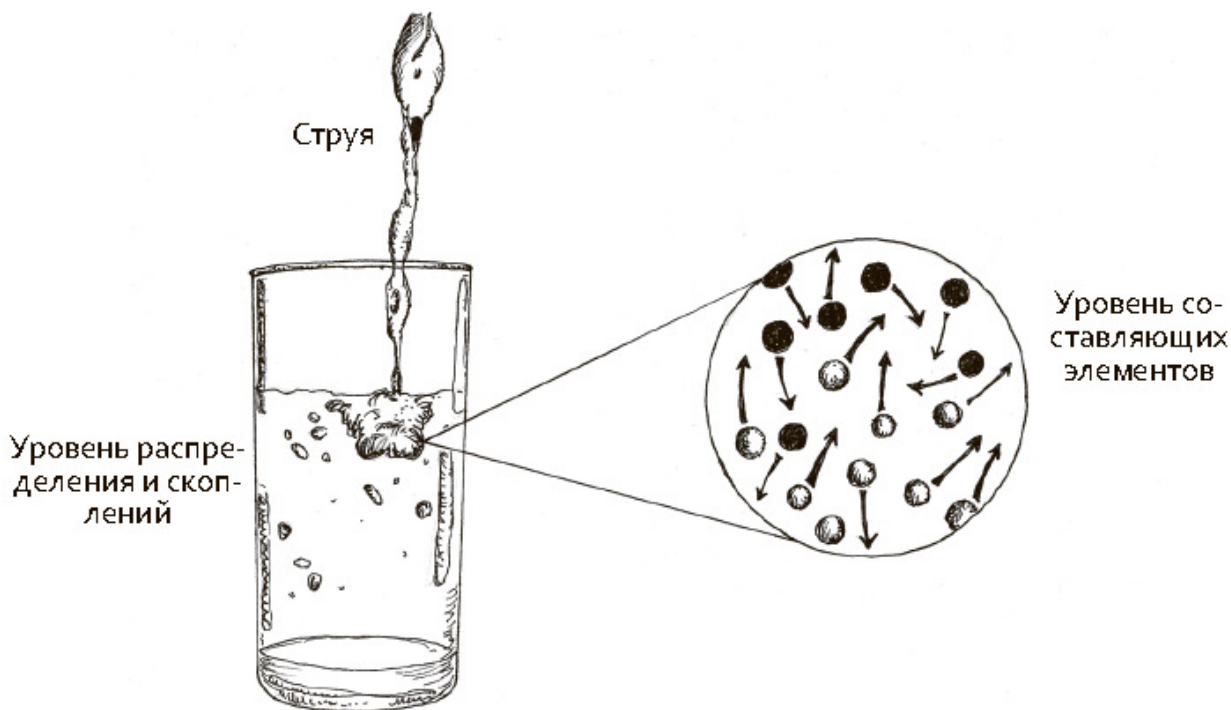


Рис. 3.2. Диффузия — это эмерджентный процесс. Случайные взаимодействия на одном уровне физической системы

(микроскопическом) ведут к систематическим изменениям на более высоком уровне (макроскопическом). Например, чернила диффундируют в воде

Для научного понимания тепла его нужно рассматривать как эмерджентный процесс. Но как это сделать, если такие процессы трудноуловимы? Мишлен Чи и ее сотрудники взялись и за эту проблему курицы и яйца^[76]. Они начали знакомить далеких от физики людей с понятием эмерджентных процессов и лишь потом объясняли им, почему примером такого процесса является, в частности, тепло. Они разработали обучающую компьютерную программу, которая раскрывала четыре главные черты эмерджентных процессов: системность, стремление к равновесию, одновременность и постоянное течение. Эффективность обучения психологи измеряли с помощью описанных выше задач, в которых несколько связанных с энергией проблем сравнивали со схожими проблемами, основанными на материи.

Инструктаж оказался очень действенным. До него лишь немногие видели разницу между проблемами, основанными на энергии и на материи. Это проявлялось и в прогнозах, и в даваемых объяснениях. После курса большинство уже видело отличия. Другими словами, информация об эмерджентных процессах помогала начать воспринимать их с совершенно новой точки зрения — как что-то возникающее из материи, но не являющееся ею, затрагивающее окружающие предметы, но не являющееся ими. Такова природа энергии.

* * *

Звук, как и тепло, — одна из форм энергии. Он проходит через материю или, точнее, посредством материи, но сам материей не является. Это волна давления, порожденная вибрацией: пики сжатых молекул чередуются с впадинами разреженных молекул. Однако большинство людей не считают звук энергией, а воспринимают его как вещество.

Звуки явно проходят через среду: их можно услышать сквозь твердые вещества, жидкости и газы. Многие люди считают, что звуки просачиваются через пустое пространство внутри, а среда — это только помеха, и без нее звук распространялся бы быстрее^[77]. Тем не менее звук не может распространяться в пустоте. Именно это подразумевает слоган фильма «Чужой»: «В космосе никто не услышит твой крик».

Основанное на веществе понимание природы звука популярно и легко проявляется. Посмотрите на следующие объяснения, которые приводили в беседе о природе звука студенты, посещающие вводный курс физики.

— Когда звук движется, он проходит сквозь воздух^[78]... Может быть, он находит место между частицами воздуха, но, наверное, в итоге он с какой-нибудь столкнется. То есть он, по-моему, точно не знает, куда идет.

— Звук проходит как какой-то маленький предмет. Он как будто пробивает себе дорогу... находит маленькие свободные пространства, пока не дойдет до слушателя.

— Ну, я бы сказал, что звук идет как по лабиринту. Он как бы прокладывает себе путь, пока не выйдет до другой стороны. По-моему, звук не может двигать частицы стены. Мне кажется, он их просто обходит.

Я заметил, что мои знакомые тоже делают похожие заявления. Смотря по телевизору передачу, снятую в открытом космосе, подруга как-то заметила: «Они что, не знают, что в космосе нет звуков? Там нет частиц воздуха, поэтому звуку не от чего отталкиваться». Она была права, что в космосе нет звуков, но причина в другом. Звук не отталкивается от частиц воздуха, а *переносится* ими.

У детей представления о звуке еще более овеществленные. В одном из исследований участников в возрасте от шести до десяти лет спрашивали, имеет ли звук массу, постоянство и вес^[79]. Вопросы формулировали, например, так: «Почему звуки слышно сквозь стену?» (Если у звука есть масса, это настоящая тайна.) «Как далеко звуки уходят от своего источника?» (Если звук обладает постоянством — наверное, довольно далеко.) «Становятся ли часы чуть легче с каждым

ударом?» (Если у звука есть вес — так и должно быть.) Почти все дети приписывали звуку массу и утверждали, что звуки *обходят* стены или проникают через трещины, а не проходят через саму стену. Некоторые наделяли звуки весом и постоянством, утверждая, что они будут путешествовать бесконечно, а бьющие часы становятся все легче.

Эти ответы не случайные. Они развиваются по определенной схеме. Изначально дети приписывают звуку все три свойства — массу, вес и постоянство. Затем они начинают пересматривать эти характеристики одну за другой. Сначала они перестают приписывать звукам постоянство, потом вес и, наконец, массу (это происходит не всегда). Очевидно, что непостоянное вещество представить себе легче, чем невесомое, а невесомое — проще, чем не имеющее массы. Чем, в конце концов, было бы вещество без массы? Та же схема проявляется и в детских представлениях о тепле^[80]. Изначально дети приписывают теплу массу, вес и постоянство, потом только массу и вес, потом только массу. Такие параллели четко показывают, что дети представляют звуки и тепло как вещества, а не как энергию. Изначально для них это полное подобие материальных веществ, а позже — нечто более абстрактное, но по-прежнему похожее на вещество.

Детские представления о том, как человек воспринимает звуки, тоже выдают «вещественные» взгляды. В науке процесс восприятия звука описывается довольно прямолинейно. Звуковые волны попадают в ухо и заставляют вибрировать барабанные перепонки. Оттуда вибрации передаются по ряду косточек в улитку — орган, преобразующий их в нервные импульсы. Как работало бы восприятие, если бы звук был веществом? Возможно, ухо действовало бы как воронка для «частиц звука», собирало их и направляло в мозг. Эту версию, однако, высказывают не так часто. Обычно делают предположение, что уши выявляют звук активно, а не пассивно его принимают. Они как бы достают наполняющие среду образцы звуков с помощью некоего невидимого излучения. Этот взгляд — «экстремиссия» — хорошо демонстрирует следующий разговор между исследователем естественно-научного образования и десятилетним ребенком:

Ученый: [Ударяет по лабораторному стакану металлическим предметом] Почему появился звук?

Ребенок: Потому что два твердых предмета при ударе издадут звуки.

Ученый: А почему они производят звук?

Ребенок: Точно не знаю. Наверное, это как-то связано со звуковыми волнами.

Ученый: Ты можешь объяснить, что подразумеваешь под звуковыми волнами?

Ребенок: Не особенно. Они выходят из уха.

Ученый: А как, по-твоему, звуки идут от стакана к уху?

Ребенок: Это ухо посылает звуковые волны^[81]. Когда звук сталкивается с этими волнами, он попадает в ухо.

Ребенок знает термин *звуковая волна*, но называет им что-то, что выходит из уха, а не попадает в него. Если звуки — это частицы, путешествующие внутри или через материалы, которые их породили, значит, у человека должны быть какие-то средства, позволяющие взять образцы этих частиц — своего рода излучение, взаимодействующее со звуком. Этот ребенок использовал термин *звуковые волны*, чтобы назвать такое излучение.

Объяснение звукового восприятия с помощью экстремиссии распространено в детском возрасте, но не слишком популярно у взрослых^[82]. В то же время взрослые нередко разделяют аналогичные взгляды в отношении зрения. Зрительное восприятие работает аналогично слуху за исключением того, что свет — это другая форма энергии. Свет попадает в глаз, как звук — в ухо, а затем на сетчатку, как звук — на барабанные перепонки. Однако свет более повсеместен, чем звуки, и поэтому его меньше ценят как форму информации. Люди считают, что свет нужен, чтобы видеть, но при этом не осознают, что свет — это и есть воспринимаемая зрением среда и что мы видим предметы посредством световых волн, которые отражаются от них и попадают в глаза. Даже великие мыслители, например Платон, Птолемей и Леонардо да Винчи, неверно понимали роль света в зрении. Как и большинство современных взрослых, эти великие умы считали, что свет — это какой-то луч (или волна), который выходит из глаз и взаимодействует с объектами^[83].

Экстремиссионистские убеждения^[84] довольно примечательны. Они стабильно выигрывают у противоположных объяснений зрения

(например, у представлений о лучах или волнах, попадающих в глаз). Если дать испытуемому картинку глаза и попросить нарисовать стрелки, отражающие поток информации в процессе зрения, то чаще всего стрелки будут направлены из глаза, а не в глаз. Если попросить объяснить, как происходит восприятие светящихся предметов, например зажженной лампочки, люди признают, что свет от лампочки попадает в глаз. Однако они отрицают, что что-то попадает в глаза, если попросить объяснить восприятие несветящихся предметов, например выключенной лампочки. Последнее особенно выразительно: люди признают, что свет попадает в глаза в присутствии источника, но не считают свет таким уж необходимым для зрения.

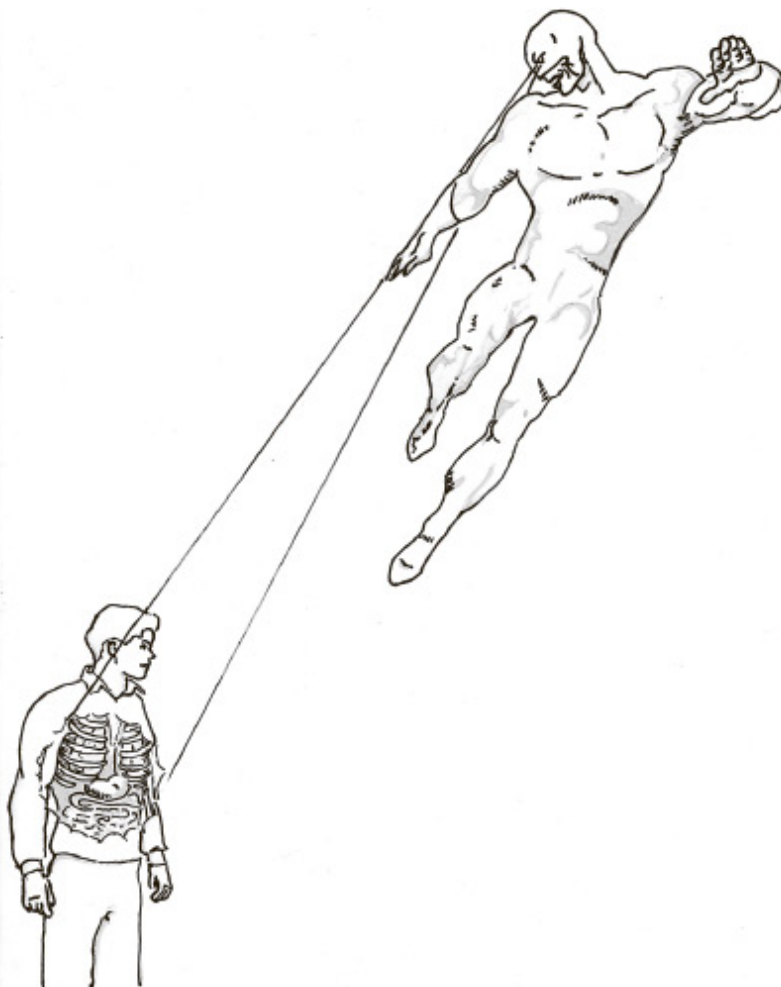


Рис. 3.3. Рентгеновское зрение супергероя — это преувеличенная версия того, как большинство людей воспринимают обычное зрение. Глаз как будто посылает лучи, которые взаимодействуют со средой

В стандартном курсе физики роль света в зрении не рассматривается. Этот материал присутствует только в курсе физиологии, а там редко непосредственно опровергают экстремистские убеждения. Более того, само зрение не позволяет его обладателю сделать вывод об интрамиссии, поэтому, наверное, неудивительно, что большинство взрослых разделяют ошибочные взгляды. Может быть, они просто не слышали других версий. Однако ученые рассмотрели эту возможность и обнаружили, что объяснить принципы работы зрения недостаточно, чтобы скорректировать экстремистские представления. Они оказались очень устойчивы. В одном из исследований было разработано пособие, в котором отдельно оговаривался и опровергался экстремизм^[85]. В пособии была подчеркнута роль света в зрении и более двадцати раз упоминалось, что свет попадает в глаза. Пособие завершалось следующей фразой: «Помните, что глаз ничего не излучает. В процессе зрения в глаза попадают лучи света, но из глаз ничего не выходит. Супермен может посылать лучи из глаз, чтобы лучше видеть, но у обычных людей все не так».

Это пособие применяли у пятиклассников, восьмиклассников и студентов старших курсов колледжей. Все группы, видимо, узнавали что-то новое и после обучения проявляли значительно меньше экстремистских убеждений. Однако спустя всего три месяца прежние представления о зрительных лучах возвращались и были столь же часты, что и среди учащихся, не проходивших обучения.

Такого рода исследования доказывают, что экстремизм имеет все черты интуитивной теории. Он исторически древний. Он устойчиво обнаруживается у людей разных возрастов, в разных задачах и контекстах. Его сложно устранить путем обучения. Следовательно, это больше, чем просто ложное представление. Это побочный продукт ненаучного понимания света и его роли в зрении. Исследования, прямо проверявшие интуитивные догадки учащихся о свете (а не о восприятии света), показали, что свет рассматривается не как форма энергии, а — вы правильно угадали — как вещество^[86].

В жизни экстремистские взгляды вряд ли очень мешают человеку. Попадают ли волны в глаз или выходят из него, мы все равно знаем: чтобы увидеть объект, его ничто не должно загромождать. Однако в экстремизме проявляются фундаментально ложные представления о природе энергии, а это может иметь серьезные, даже фатальные последствия в других ситуациях. «Вещественные» теории энергии гласят, что ее источники отличаются от получателей (характерный пример — теория источника и получателя тепла, которую исповедовали флорентийские экспериментаторы). Эта ошибка может привести к опасному обращению с тепловыми и электрическими системами: человек может внимательно относиться к предметам, которые он считает источниками энергии, но менее бдительно — к предметам, которые кажутся всего лишь получателями.

Посмотрите на следующую статистику. Причина большинства ожогов — не контакт с огнем (классическим источником тепла), а соприкосновение с горячими предметами и веществами, например кухонной утварью и кипятком^[87]. Обморожения чаще всего возникают не от контакта со льдом (классический «источник» холода), а из-за продолжительного пребывания на холодном воздухе. Бытовые удары электрическим током тоже обычно связаны не с классическим источником электричества — розеткой, а с неправильным использованием электрическими приборами. Все это отчасти может быть вызвано тем, что с одними опасностями люди встречаются чаще других, но дело может быть и в недооценке опасности, исходящей от предметов и веществ, которые воспринимаются просто как получатели энергии.

Научное понимание тепла и электричества может защитить от некоторых связанных с энергией опасностей. Однако знания не так легко учитывать в повседневном поведении. Вы, наверное, знаете, что электричество — это движение электронов, но при этом, возможно, по-прежнему воспринимаете его как вещество («ток»), текущее по проводу из розетки, если воткнуть в нее вилку от электрического устройства. Даже ученые пользуются такого рода интуитивными представлениями, когда рассуждают об энергии вне научного контекста. В ходе одного из исследований физикам с научной степенью задавали вопросы о тепле и способах его передачи^[88]. Все участники понимали, каким образом микроскопические процессы

порождают макроскопические феномены, но предпочитаемое объяснение этих явлений часто было другим. Когда их просили объяснить, почему оставленная на столе горячая тарелка остывает, некоторые ссылались на теплопроводность, некоторые — на конвекцию, некоторые — на излучение, а некоторые упоминали теплоемкость участвующих в процессе материалов. Многим физикам было сложно совместить научные знания о тепле с бытовым опытом, как видно в следующем диалоге:

Исследователь: Чем лучше обернуть коробку с соком, чтобы она не нагрелась, — фольгой или шерстью?

Физик: Я бы сказал, что шерстью, но это, наверное, неправильно.

Исследователь: Почему вы считаете, что это неверно?

Физик: Не знаю. Есть чувство, что это не так, но не могу точно объяснить.

Исследователь: То есть, по вашему мнению, правильный ответ — алюминиевая фольга?

Физик: Да. Почему? Потому что мама ставила блюда в духовку в фольге, а не в шерсти, хотя шерсть тоже не сгорела бы при такой температуре. Поэтому, наверное, все-таки алюминиевая фольга.

На самом деле шерсть изолирует лучше, чем алюминий, и физик признал этот факт. Однако повседневный опыт с шерстью и алюминием заставил его колебаться. Почему мама оборачивала продукты в фольгу, раз алюминий не такой хороший изолятор? И почему шерсть не входит в число кухонных принадлежностей, если она изолирует лучше?

Эта история вписывается в более общий вывод, сделанный на основе исследования профессиональных ученых^[89]. Они рассуждают точнее не потому, что отказались от ложных, ненаучных представлений, а потому, что их научили подавлять эти взгляды. Неправильные убеждения никуда не делись и поднимают голову, когда надо решать проблемы, лежащие за пределами области, которой они непосредственно занимаются, как в приведенном выше диалоге. Даже если ученые рассуждают о проблеме правильно, в душе они все равно

борются с ложными представлениями. Сейчас для изучения активности мозга можно использовать функциональную магнитно-резонансную томографию (ФМРТ). Она в реальном времени измеряет кровообращение в определенных областях мозга при решении задач. Чем активнее работает зона, тем больше ей требуется кислорода и тем больше должен быть приток крови.

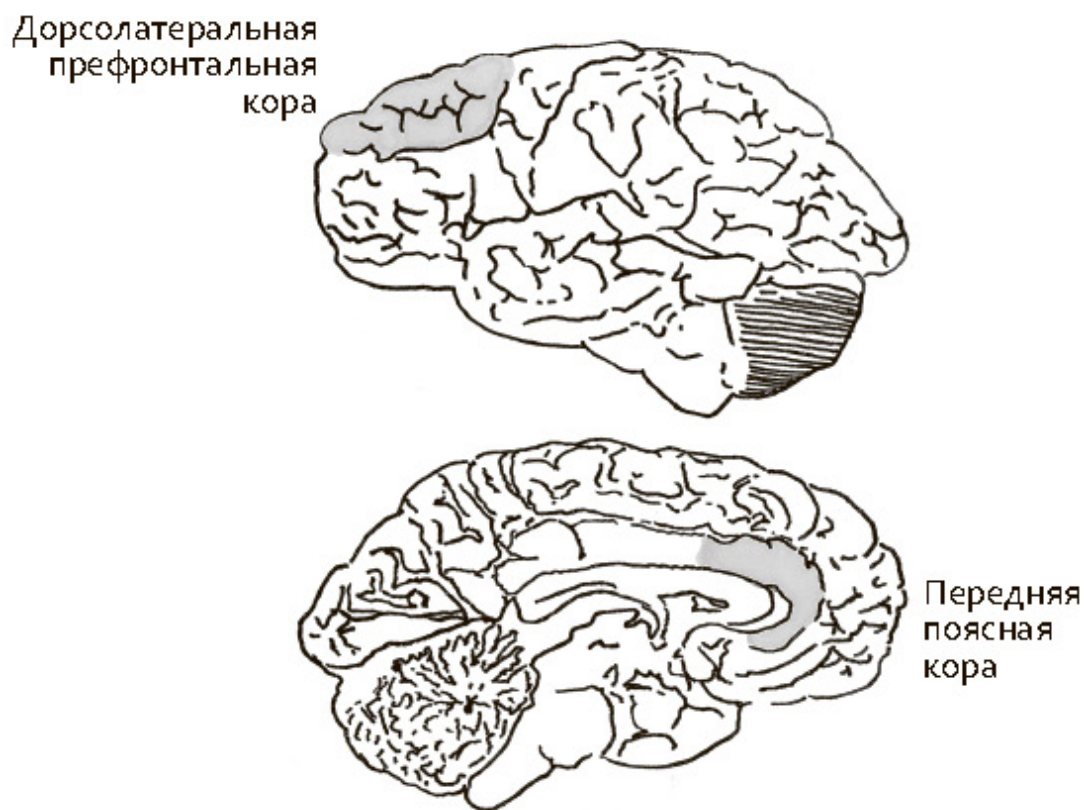


Рис. 3.4. Когда специалисты рассматривали физически невозможные электрические цепи, у них проявлялась повышенная активность в дорсолатеральной префронтальной коре и передней поясной коре головного мозга — областях, связанных с отслеживанием и подавлением конфликта

В последние годы исследователи опробовали эту методику на ученых, рассуждавших о двух видах проблем: тех, которые смог бы правильно решить любой человек, и тех, для решения которых требовалась научная подготовка^[90]. В первом случае у ученых проявлялись обычные паттерны нервной активности. Однако во втором случае большая активность наблюдалась в префронтальной коре и

передней поясной коре — зонах мозга, связанных с отслеживанием и подавлением конфликта. Ученые умели решать сложные научные проблемы, то есть пользоваться своими знаниями, но для этого им приходилось подавлять мысли, конфликтующие с научным подходом, и латентные ложные представления.

Скрытые ложные представления об энергии были, в частности, обнаружены во время рассуждений физиков об электричестве. В одном из исследований с применением ФМРТ специалистам и неспециалистам показывали замкнутые и незамкнутые электрические цепи и просили определить, будет ли гореть входящая в контур лампочка^[91]. Физикам известно, что лампочка должна быть подключена двумя проводами, поскольку цепь между лампочкой и батареей должна быть замкнута. А незнакомые с темой люди думают, что электричество течет по проводу как вода по трубам, поэтому им кажется, что для передачи энергии от батарейки к лампочке одного провода достаточно.

Как и ожидалось, физики прекрасно отличали правильные электрические цепи (замкнутые с горящей лампочкой и незамкнутые с негорящей) от неправильных (замкнутых с выключенной лампочкой и незамкнутых с включенной). В их поведении не было признаков убеждения, что одного провода хватит. Однако при рассмотрении неправильных цепей у них в большей степени активировалась префронтальная кора и передняя поясная кора головного мозга, связанные с отслеживанием и подавлением конфликта. Другими словами, когда специалисты видели зажженную лампочку, подключенную к батарееке одним проводом, они верно классифицировали цепь как неправильную, но их мозг проявлял признаки борьбы с противоречием. Вероятно, подавляемой мыслью было то, что и одного провода хватит.

Следовательно, на более глубоком уровне даже физики рассматривают электричество как аналог жидкости: из «бутылки»-батарейки она «вытекает» по проводнику и «течет» дальше по проводам. Физическую реальность электричества как системного, стремящегося к равновесию, одновременного и текущего процесса сложно принять даже им. Тепло, звук, свет и электричество рассматриваются прежде всего как вещества, и никакое обучение не способно стереть эти «вещественные» взгляды из нашего мозга.

Глава 4. Гравитация

Откуда появляется тяжесть? Почему предметы падают?

Уильям Джеймс, первый американский психолог-экспериментатор, выдвинул предположение, что младенцы воспринимают мир «как одно большое, цветущее, жужжащее столпотворение»^[92]. Но Джеймс ошибался. Четыре десятилетия исследований с применением парадигмы зрительного предпочтения, описанной во [второй главе](#), показали, что мировосприятие младенцев во многом похоже на наше^[93]. Окружающие предметы для них — целостные, дискретные сущности, которые описывают в пространстве непрерывные траектории и контактируют с другими предметами. Они видят людей как причину изменений, действующую на предметы, чтобы достичь определенных целей и реализовать определенные желания. Сама среда для маленьких детей — это трехмерное пространство, характеризующееся глубиной, цветом, поверхностью и текстурой.

Однако между мировосприятием младенцев и взрослых есть и явные различия. Рассмотрим следующую ситуацию. На пустой сцене стоит стол, а перед столом — ширма. Над ширмой держат мяч, а затем бросают его так, чтобы он упал за ширмой на уровне стола. Затем ширму опускают, показывая один из трех вариантов: мяч лежит на столе, мяч лежит на полу, как будто прошел сквозь стол, и мяч висит в воздухе между столом и исходной точкой.

Взрослые удивились бы и во втором, и в третьем случае, но четырехмесячных младенцев удивлял только второй: если мячик как будто проходил через стол, они смотрели дольше, чем когда мячик останавливался на столе, но зависший в воздухе не привлекал особого внимания^[94]. Таким образом, у детей, видимо, были ожидания в отношении твердости, но не было ожиданий в отношении гравитации. И действительно, представление о гравитации или, точнее, об *опоре* вырабатываются постепенно на протяжении первых нескольких лет жизни.

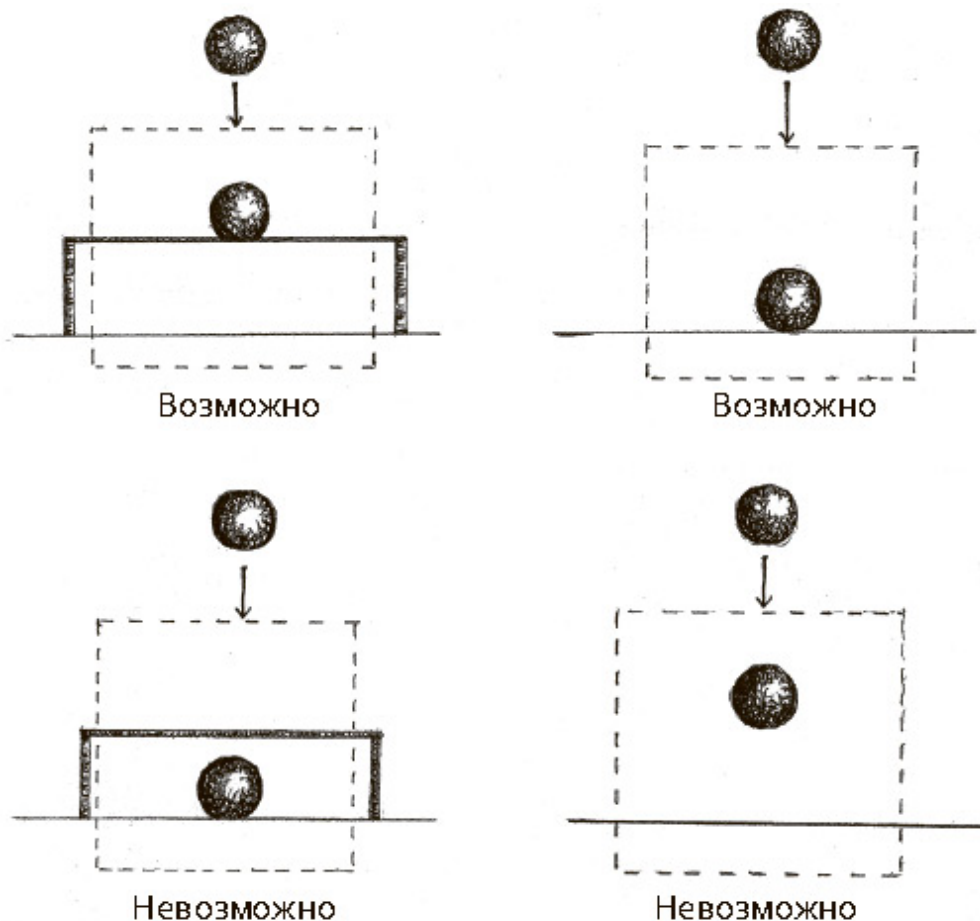


Рис. 4.1. Когда мячик падал за ширму (она обозначена пунктиром), четырехмесячные младенцы удивлялись, если он «проходил» сквозь твердый стол (слева внизу), но не удивлялись, если он «зависал в воздухе» (справа внизу)

Взрослые ожидают, что предмет упадет, если его что-то не поддерживает под центром масс. Эта простая с виду мысль на самом деле довольно сложна. Чтобы к ней прийти, нужен ряд открытий, которые человек последовательно делает в ходе развития. Прежде всего нужно прийти к выводу, что предметы падают, если не контактируют с другими предметами. Это происходит между четвертым и шестым месяцами жизни, что показали измерения внимания младенцев к стационарным предметам, которые поддерживались либо достаточно, либо недостаточно (и должны были упасть).

В одном из исследований младенцам показывали две стоящие одна на другой коробки^[95]. Они видели, как рука толкает верхнюю коробку параллельно нижней. Затем рука останавливалась в одной из двух точек: там, где верхнюю коробку все еще поддерживала нижняя, либо так, что верхняя коробка как будто повисала в воздухе. Четырехмесячные младенцы дольше смотрели на висящую коробку, то есть они уже ожидали, что в такой ситуации предметы должны падать. Тем не менее удивления не будет, если подтолкнуть верхнюю коробку к самому краю нижней так, чтобы они соприкасались углами^[96]. Это означает, что младенцы сначала обращают внимание на то, что предметы контактируют между собой, и лишь потом на тип контакта. Чтобы понять, что единственный тип контакта, обеспечивающий опору, — это контакт снизу, требуется еще месяц или два.

Конечно, контакт снизу — необходимое, но недостаточное условие. Опора должна находиться ниже центра масс. Еще несколько месяцев после того, как появляется осознание важности опоры, младенцы не обращают внимание на то, *какая доля* предмета поддерживается. Девятимесячные малыши, например, не удивляются, что треугольная пирамидка держится на прямоугольной опоре даже после того, как основная ее часть повисла на краю^[97]. Вообще, представления о том, какую часть предмета нужно поддерживать, корректируются на протяжении всего детства^[98].

Маленькие дети, как и подростки младенцы, осознают, что поверхность контакта между предметом и опорой имеет значение, но не обращают внимание, *где* предметы контактируют. Шестилетние дети утверждают, что предмет сохраняет поддержку до тех пор, пока половина его нижней поверхности контактирует с опорой. Они еще не понимают, что на опоре должна быть расположена как минимум половина массы предмета. Их ставят в тупик асимметричные предметы, противоречащие правилу количества контакта сразу в двух отношениях: они могут упасть, даже если большая часть нижней поверхности (но не основная масса) находится на опоре, и не падают, даже если большая часть нижней поверхности уже не имеет поддержки, а основная масса имеет.

Таким образом, дети последовательно проходят целый ряд этапов: осознание, что предметы без контакта падают; осознание, что предметы без контакта снизу падают; осознание, что предметы без

опоры ниже центра масс падают. Эти ожидания проявляются не только в детских реакциях на невозможные конфигурации, подобные описанным выше, но и во взаимодействиях с самими предметами. В одном из исследований младенцам показывали двух игрушечных поросят^[99]. Одну игрушку хорошо поддерживали снизу, а другую — нет. Детям предлагали тянуться к той игрушке, к какой они хотят. Половине давали выбирать между поросенком, полностью лежащим на опоре, и поросенком, который как будто висит в воздухе. Второй половине предоставляли выбор между полностью поддерживаемой игрушкой и такой, которая должна была упасть из-за того, что ее центр масс не имел опоры.

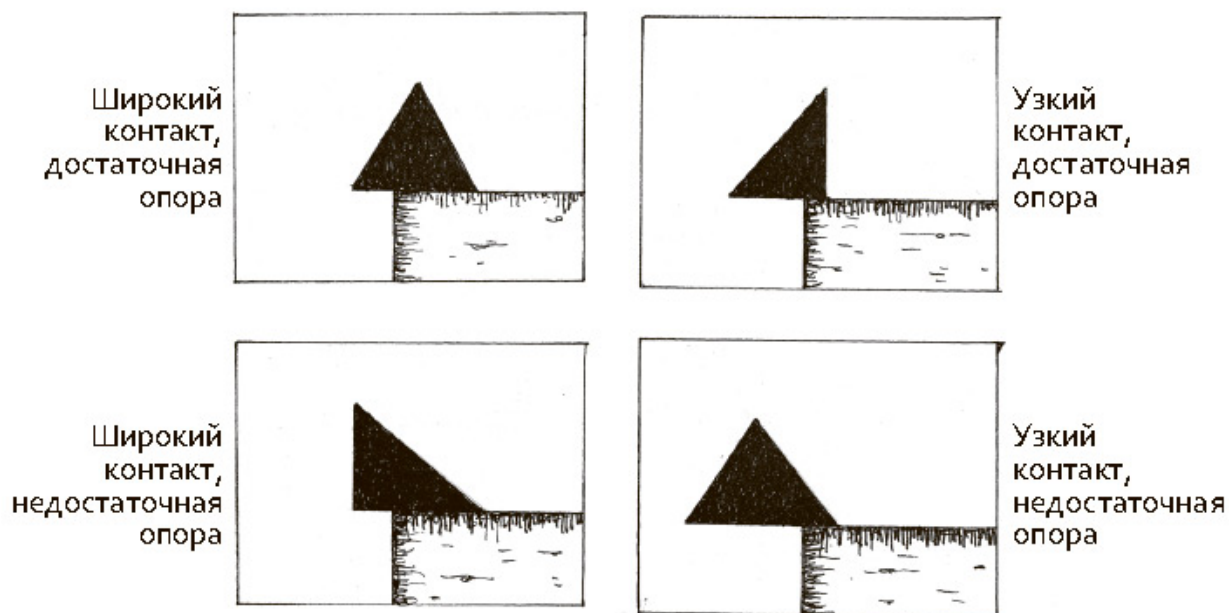


Рис. 4.2. Оценивая, упадет ли предмет, маленькие дети исходят из того, есть ли поддержка у его основания. Расположение центра тяжести для них значения не имеет. Поэтому они правильно считали, что нижний правый блок упадет, а верхний левый — нет, однако ошибочно полагали, что верхний правый блок упадет, а нижний левый — останется

Выбор зависел от возраста ребенка. Пятимесячные чаще тянулись к игрушке, полностью лежащей на опоре, чем к парящей в воздухе, но не проявляли особенных предпочтений между полной и частичной поддержкой. В семимесячном возрасте полная поддержка была

привлекательнее в обоих случаях. Действия младенцев, таким образом, совпадали со зрительными предпочтениями. Как было отмечено выше, пятимесячные малыши удивляются, когда объект без опоры парит в воздухе, но не удивляются, что частично стоящий на опоре предмет не падает. Семимесячные удивляются в обоих случаях. Независимо от возраста, младенцы опасаются конфигураций, противоречащих их текущим ожиданиям.

Выше я отмечал, что ожидания в отношении целостности формируются задолго до появления зрелых представлений об опоре. То же самое верно в отношении непрерывности (ожидание, что движущиеся предметы описывают непрерывную траекторию) и связности (что движущиеся предметы не распадаются). И то и другое появляется за несколько лет до зрелых ожиданий о поддержке. Почему опора выделяется из этой закономерности?^[100]

Возможно, представление об опоре проще получить из опыта. Организмы, рожденные с пониманием этих принципов, в долгосрочной перспективе преуспевали не лучше, чем организмы, приобретающие эти знания самостоятельно. Отсутствие знаний о целостности, непрерывности и связанности могло вредить выживанию. Извлекать эти принципы из «цветущего, жужжащего столпотворения», которое возникает в их отсутствие, довольно непросто. Целостность, непрерывность и связанность определяют самую суть предмета, позволяют выделить его из фона и отслеживать изменения его расположения и перспективы. Это необходимые предпосылки, чтобы ответить на менее существенный вопрос: имеет ли предмет опору?

Это эволюционное предположение согласуется с тем, что мы знаем о восприятии физических объектов другими приматами. У обезьян, как и у человеческих детей, сильные представления о целостности, непрерывности и связанности, но слабые — о поддержке^[101]. Взрослые шимпанзе в этом отношении схожи с пятимесячными младенцами. Они обращают внимание на то, контактируют ли предметы между собой, но игнорируют место контакта — снизу или сбоку. Парящий в воздухе банан их удивляет, а банан, слегка соприкасающийся с коробкой — уже нет^[102]. Видимо, эволюция предлагает приматам узнавать о поддержке не инстинктивно, а из опыта. Тем не менее люди далеко превзошли своих сородичей в том, чему они могут научиться.

Сравнительно зрелое понимание принципов опоры складывается у детей в первые несколько лет жизни. Однако это не то же самое, что понимание гравитации: знания не только о том, когда упадет предмет, но и куда и почему он упадет. Предметы, как правило, падают вниз. Пропавшую со стола ложку или карандаш разумно поискать на полу рядом. Конечно, у этого правила есть и исключения. Движущиеся предметы коснутся земли дальше от места, где начали падать, а в пути что-то может помешать.

Оказывается, маленькие дети не принимают во внимание исключений. Их не заботит, двигался ли упавший предмет (это обсуждается в следующей главе) и есть ли преграда на его пути. Они предполагают, что предмет найдется прямо под местом, где они его в последний раз видели. Мы знаем это благодаря «эксперименту с трубками», поставленному Брюсом Худом^[103]. Со времен Пиаже психологов интересовало, когда и каким образом дети начинают отслеживать *невидимое перемещение* — скрытые из виду предметы (это обсуждалось во [второй главе](#)). Худ придумал для этого специальный аппарат из непрозрачных трубок, в которые кидают шарики.

Трубки — как минимум три штуки — закреплены в вертикальной прямоугольной раме и соединены с воронками сверху и снизу. Воронки расположены так, чтобы без трубок шар, брошенный в верхнюю воронку, падал прямо в нижнюю. Непрозрачные трубки перенаправляют шарик из центральной верхней воронки в левую нижнюю, из левой — в правую, а из правой — в центральную.

Разобраться в устройстве этого аппарата легко любому человеку старше четырех лет: нужно просто определить, как соединены между собой воронки. Однако для детей младше четырех лет эта задача оказывалась совсем не такой простой. Обычно они игнорировали трубки и искали шарик в ведре прямо под местом, где его последний раз видели. Например, если шарик бросили в левую верхнюю воронку, то в левой нижней. Худ называет такое поведение *ошибкой гравитации*. Дело не в случайном угадывании. Малыши редко ищут шарик в третьей нижней воронке: она не соединена трубкой (правильное расположение) и не находится прямо под верхней воронкой

(расположение, которое подсказывает гравитация). Если нижняя воронка под верхней не соединена с трубками, малыши тоже редко в ней ищут, так как понимают, что увидели бы летящий шарик.

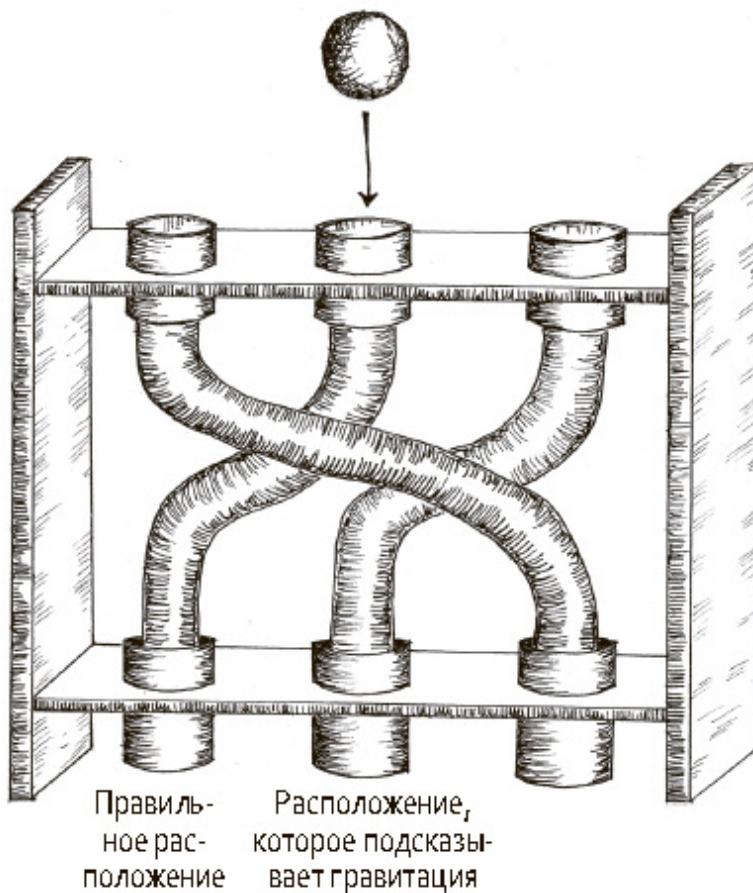


Рис. 4.3. Если бросить шар в центральную трубку, малыши обычно ищут его прямо под местом начала падения и не обращают внимания, что трубка должна перенаправить его в левую воронку

Результаты этого эксперимента не черно-белые. Малыши совершают ошибку гравитации не всегда и не всегда ищут в правильном месте. По мере взросления они всё реже ошибаются и всё чаще сразу находят шарик. Таким образом, дело, видимо, в конфликте двух убеждений: в том, что предметы падают прямо вниз, и в том, что один твердый предмет (шар) не может пройти сквозь другой (трубку). Старшие дети отдают предпочтение последнему убеждению, считая, что твердость в такой ситуации всегда побеждает гравитацию, однако малыши еще не знают, как расставить приоритеты.

Конечно, появились и другие объяснения ошибок при выполнении задачи с трубками. Может быть, детей смущает сам аппарат и они не осознают, что предметы выходят только в конце трубки. Или, может быть, они делают *ошибку соседства*, а не ошибку гравитации, и ищут шар ближе всего к месту, где они его последний раз видели, независимо от ожиданий в отношении падения.

Худ учел обе вероятности и показал, что ни то ни другое не верно^[104]. Он клал аппарат на бок и запускал шары не сверху вниз, а слева направо, чтобы проверить, не смущает ли малышей механизм. В таких условиях по-прежнему были шары и трубки, но испытуемые справлялись на пятерку. Чтобы исключить ошибку соседства, Худ записывал задачи на видео и пускал запись в обратном направлении: лежащий мячик как будто засасывало в трубку, и он появлялся сверху. В этих условиях малыши обращали внимание на расположение трубок и уже не отдавали предпочтения ближайшей сверху воронке, поскольку гравитация не указывала в этом направлении.

Задача с трубками не единственная, в которой малыши совершают ошибки гравитации. В другом эксперименте — *задаче с полками* — прочность соперничает с гравитацией без замысловатых устройств. Маленьким детям показывают шкаф с двумя дверцами, одна над другой. За каждой дверцей — полка. Дверцы открыты, и малыши видят, что у верхней полки нет сверху доски. Затем дверцы закрывают, а шкаф прячут за ширмой. За ширму бросают шар на уровне шкафа. Ширму убирают и просят малышей достать шар. Верхняя полка отделена от нижней твердой деревянной планкой, поэтому мячик может быть только на ней^[105]. И тем не менее большинство двухлетних детей ищут его на нижней полке. Они игнорируют жесткий разделитель и сосредотачиваются на самой нижней точке под местом, где видели мячик в последний раз.

В одном из вариантов этого задания мячик скатывали по уклону за ширмой. В ширме было четыре дверцы, расположенные на разной высоте вдоль уклона, а на уклоне напротив одной из них стояла преграда. Барьер выступал над ширмой и постоянно был на виду. Если его ставили за третьей дверцей, шарик катился мимо первой дверцы, второй и останавливался у третьей. Докатиться до четвертой он не мог, но именно там его искали малыши. Они игнорировали барьер и полагали, что гравитация доведет мяч по уклону вниз до конца^[106].

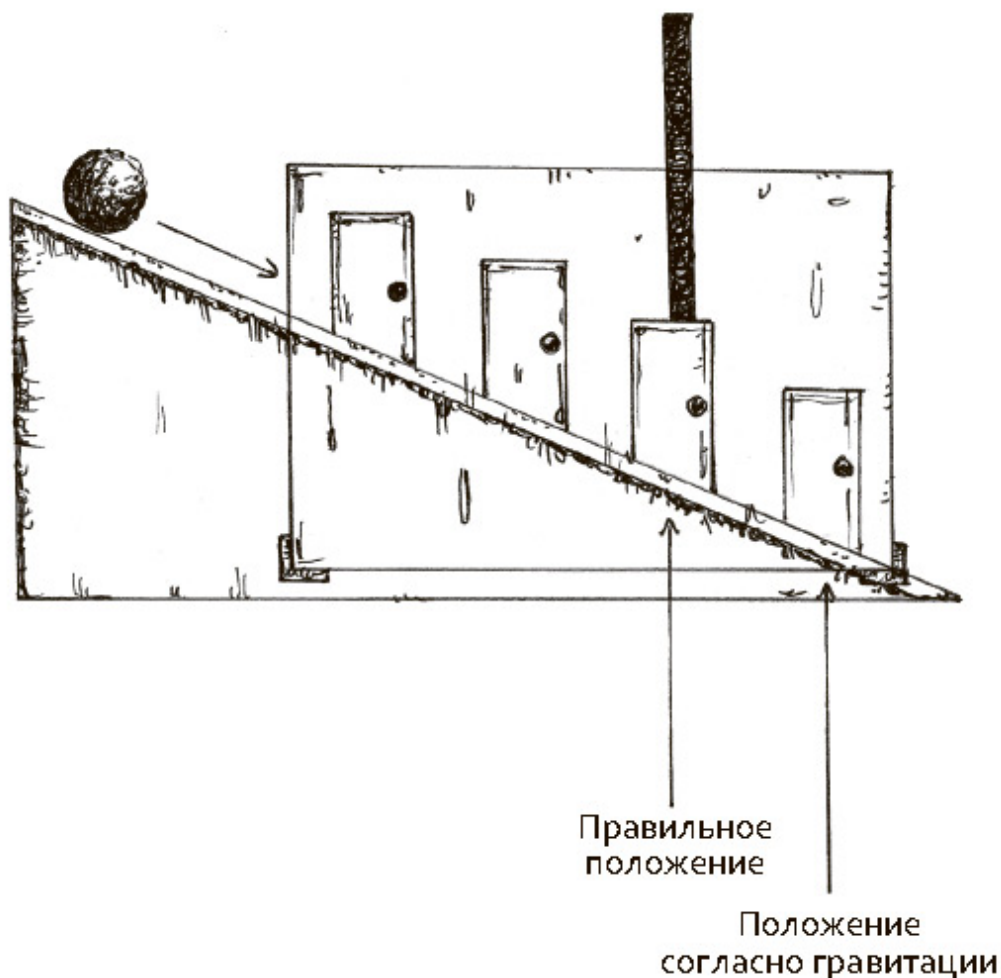


Рис. 4.4. Мяч, пущенный вниз по уклону, малыши обычно ищут за крайней справа дверцей. Они игнорируют преграду, которая не дает ему укатиться так далеко

Наблюдая за падающими предметами, маленькие дети пренебрегают твердостью трубок, полок и барьеров. При этом осознание, что предметы не могут проходить друг через друга, есть уже в четырехмесячном возрасте. Младенцы существенно дольше смотрят на мячик, который как будто проходит сквозь полку, чем на мячик, который остановился на ней. (Задача, описанная в [начале главы](#), в сущности, повторяет задачу с полками.) Почему у маленьких детей побеждает гравитация, а у младенцев — твердость?

В младенческом возрасте проблема, в сущности, сводится исключительно к твердости предметов, так как никаких знаний о

гравитации (точнее, об опоре) они еще не успели приобрести. В более старшем возрасте уже есть два фактора — твердость и гравитация, и гравитация побеждает, так как требуется подключить хорошо отработанные действия: подбирать упавшие предметы. Дети, может быть, знают о твердости не меньше младенцев, но рефлекторное желание поискать предмет на полу оказывается сильнее. Действительно, если проследить взгляд малыша, выполняющего задачу с трубками, окажется, что он визуально отслеживает путь шарика по трубке в правильную воронку, но ищет его в воронке под местом падения^[107]. Глаза выдают понимание твердости, но руки воплощают только знание о гравитации. Это уже обсуждалось во второй главе, когда знание о постоянстве проявлялось задолго до первых действий.

Таким образом, результаты выполнения задач на скрытое перемещение — с трубками, полками и уклоном — возникают из-за соперничества между знаниями о твердости и знаниями о гравитации. Вероятность победы твердости можно увеличивать и уменьшать, меняя условия^[108]. Она растет, если убрать из аппарата верхние воронки и бросать шары прямо в трубки, сосредотачивая на них внимание малышей, и снижается, если малышу приходится следить за двумя шариками сразу, что перегружает их ограниченный ресурс внимания. На взрослых задачу с трубками не тестировали, но вполне можно придумать вариант, который окажется сложен и для них. Достаточно просто увеличить число трубок и число шариков. Не исключено, что после определенного порога взрослые даже начнут совершать ошибку гравитации. Убеждение, что твердые предметы не могут проходить друг через друга, невероятно сильно, но важна и способность применять его в реальном времени.

* * *

Задачу с трубками проваливают не только маленькие дети, но и собаки с обезьянами^[109]. У животных нельзя применить тот же тест, но его можно видоизменить. Для собак шарики заменяли лакомствами, а нижние воронки — коробками, в которые можно просунуть морду. Когда тестировали обезьян, вместо шаров применяли изюм и орехи, а аппарат заслоняли плексигласом, чтобы они его не сломали. Результат

экспериментов оказался тем же: животные совершали ошибки гравитации при первой попытке получить упавший предмет^[110]. Это касалось и задач с полкой и уклоном.

Поведение животных в этих опытах удивительно похоже на поведение маленьких детей. В амбициозном исследовании, проведенном учеными в Центре исследования приматов имени Вольфганга Кёлера, шимпанзе, бонобо, гориллы и орангутаны выполняли вертикальный и горизонтальный варианты задачи с полкой^[111]. В первом случае обезьянам показывали две емкости: одна стояла на столе, другая — под столом. Затем стол закрывали ширмой, и обезьяны смотрели, как экспериментатор роняет за нее виноградину. После этого обезьянам позволяли взять одну и только одну емкость. Несколько попыток подряд они тянулись к нижней емкости так же часто, как и к верхней, хотя туда виноградина физически не могла упасть.

В горизонтальной версии эксперимента стол убирали. Емкости были сужены сбоку и расположены так, что правая закрывала вход в левую. Затем устройство закрывали ширмой и катили виноградину с правой стороны. В данном случае обезьяны тянулись почти исключительно к правильной (правой) емкости и игнорировали емкость, в которую виноград попасть не мог (левую). Так вели себя все четыре вида обезьян. В горизонтальной версии задачи они делали правильные, основанные на твердости выводы, хотя в вертикальной колебались между правильными, основанными на твердости реакциями и неправильными, основанными на гравитации. В последующих исследованиях у обезьян выявили расхождение между направлением взгляда, следящего за падающим предметом, и направлением, в котором они тянулись — так же, как у детей. Глаза обезьян выдавали понимание твердости, но лапы действовали только согласно гравитации^[112].

Искать упавшие предметы приходится любому живущему на суше животному, поэтому, видимо, не только у людей выработалась простая стратегия решения этой задачи: искать прямо вниз. При этом только люди могут научиться преодолевать ее. Когда животные несколько раз сталкиваются с задачей с трубками, у них начинает получаться лучше, но прогресс небольшой и медленный^[113]. Ошибки гравитации часто уступают произвольной реакции: животные приходят к выводу, что

место снизу никогда не бывает правильным, но не осознают, что ключ к разгадке лежит в расположении трубок. Если после продолжительной тренировки они начинают решать задачу, это, вероятно, происходит исключительно благодаря тому, что воронки сверху аппарата начинают ассоциироваться с воронками внизу. Механизм, по которому предметы проходят сверху вниз, по-прежнему не играет роли. Дети тоже могут научиться выполнять задание путем ассоциации, но у них есть и другие средства.

Например, помочь малышам решить задачу можно, если сказать им, куда упал предмет, и только потом предложить его поискать. Звучит банально, но на самом деле открытие очень интересное. Животные тоже могут смотреть, как другие животные справляются с проблемой, и подражать этим решениям, однако они не способны эффективно передавать решение и не пытаются этого делать^[114]. В задаче с трубками малыши охотно прислушивались к советам взрослого и предпочитали выбранный им правильный вариант. При этом они совсем не легковверные. Их не получится уговорить сделать ошибку гравитации, если они своими глазами видели, куда упал мячик^[115]. Уговоры не помогут и в том случае, если они знают, как решить эту задачу (обратить внимание на трубки). Таким образом, дети слушают подсказки не безоговорочно и не всегда.

Еще один способ — это подтолкнуть воображение ребенка: побудить его представить катящийся по трубке шар^[116]. Малыши совершают ошибку гравитации из-за того, что позволяют отработанной реакции (поднимать предметы с пола) заслонить все остальные мысли о месте падения. Воображение удваивает точность ответов: они с вероятностью в два раза большей ищут шарик в правильном месте и в два раза реже — в месте гравитации. Значит, у человека есть целых две способности — воображение и умение учиться у других, — которые позволяют преодолеть крайне глубокое искажение, преследующее других приматов всю жизнь.

* * *

Вы верите, что человек ходил по Луне? Около 7% американцев в это не верят^[117]. Национальное управление по авиации и

исследованию космического пространства (НАСА) опубликовало видеозаписи нескольких посадок на Луну, начиная с первой в 1969 году, однако сторонники теорий заговора утверждают, что все они были сняты в студии^[118]. Скептики признают, что в фильме астронавты передвигаются медленнее, чем на Земле, но отрицают, что это связано с уменьшением гравитации (с $9,81 \text{ м/с}^2$ на Земле до $1,62 \text{ м/с}^2$ на Луне). Этот эффект — утверждают они, — скорее всего, был симитирован, и после съемок в павильоне или в пустыне фильм замедлили до 40% исходной скорости съемки.

Однако замедление не может изменить высоты и дальности прыжков, а астронавты прыгают выше и дальше, чем это возможно на Земле. Некоторые предлагают в качестве объяснения невидимые канаты и скрытые приспособления, но это не объясняет, почему предметы, которые бросают астронавты, — от сумок до молотков и металлических пластин, — тоже летят дальше и выше. Даже тучи пыли из-под ног поднимаются выше и дальше, чем на Земле, и вряд ли кто-то поверит, что к пыли можно приделать веревочки.

Любому, кто верит в подделку записи о высадке на Луне, приходится игнорировать воздействие низкой гравитации на все предметы в любом кадре пленки. При этом подобные эффекты на удивление просто упустить из виду, что и делают сторонники теорий заговора и многие люди, которых им удалось убедить. Зачем спорить о применении незаметных канатов и хитроумных устройств, если пыль — неопровержимое доказательство?

Всем нам — верящим в заговор или нет — сложно понять связь гравитации с массой. *Когда* предметы падают, мы узнаём еще в младенчестве, *где* они упадут — в детском возрасте. Но для понимания *причин* падения нужно пройти обучение, и об этом можно вообще не узнать. Даже зная, что падение происходит под действием гравитации, человек думает об этом процессе не с точки зрения гравитации, а в категориях веса^[119]. Если пакет порвется и покупки упадут на землю, вы будете винить не земное притяжение, а их вес. Дело в том, что вес у разных предметов разный, а гравитация вроде бы постоянная. Именно поэтому постоянный фактор игнорируется и рассматривается только переменный.

Привычка отделять вес от гравитации имеет последствия для понимания. Вес воспринимается как неотъемлемое свойство предмета,

а не как результат взаимодействия предмета с гравитационным полем. Из-за этого невозможно ответить на базовые вопросы и о весе, и о гравитации. Почему предметы по-разному весят на разных планетах? Почему в открытом космосе они вообще не имеют веса? Почему спутники вращаются вокруг планет, а не падают на них? Почему предметы падают с одинаковым ускорением независимо от массы? Почему при свободном падении возникает ощущение невесомости? И даже простейший вопрос: почему на другой стороне Земли упавшие предметы не улетают в космос?

Последний пункт детей озадачивает особенно. Если предметам нужна опора снизу, как противоположная сторона Земли обеспечивает такую поддержку? Несомненно, любой, кто туда попадет, должен упасть, как мышь, перебравшаяся на нижнюю сторону большого мяча. Исследователи заинтересовались тем, как дети совмещают свои убеждения о гравитации с представлениями о Земле, и придумали следующие мысленные эксперименты:

Эксперимент 1. Представь, что твой друг на другой стороне Земли играет в мяч. Если он бросит мяч вверх, куда тот полетит?^[120]

Эксперимент 2. Представь, что у этого друга есть бутылка сока и он ее открыл и поставил на землю. Сок выльется из бутылки или нет?

Эксперимент 3. Представь, что у тебя в саду есть очень, очень глубокий колодец. Такой глубокий, что проходит через центр Земли и выходит с другой стороны. Если бросить в такой колодец камень, что с этим камнем произойдет?

А вы как думаете? Скорее всего, вы считаете, что в первом мысленном эксперименте мяч упадет на землю, а во втором — сок останется в бутылке. Но как насчет камня в третьем случае? Люди размышляли об этом еще в Средние века. Мыслители в то время разделились на два лагеря. Первые считали, что камень остановится в центре Земли (этот взгляд проповедовал ученый Готье Мецский^[121]), а вторые — что он будет летать туда-обратно, как маятник (сторонником этой гипотезы был Альберт Саксонский^[122]). Сегодня физики соглашаются со вторым взглядом, делая оговорку, что сопротивление

воздуха будет замедлять камень при каждом прохождении через земную кору, поэтому в итоге он застынет в центре Земли. Он не остановится немедленно, но и не будет колебаться бесконечно.

Взрослых заставляет всерьез задуматься только третий мысленный эксперимент. В первых двух результат известен. А для дошкольников все не так просто. Они обычно не знают или не верят, что на другой стороне планеты живут люди, и утверждают, что во всех трех экспериментах предметы покинут Землю и улетят в космос. В этих ответах скрыто представление о том, что гравитация действует «прямо вниз» — то же самое, что и у малышей в задаче с трубками.

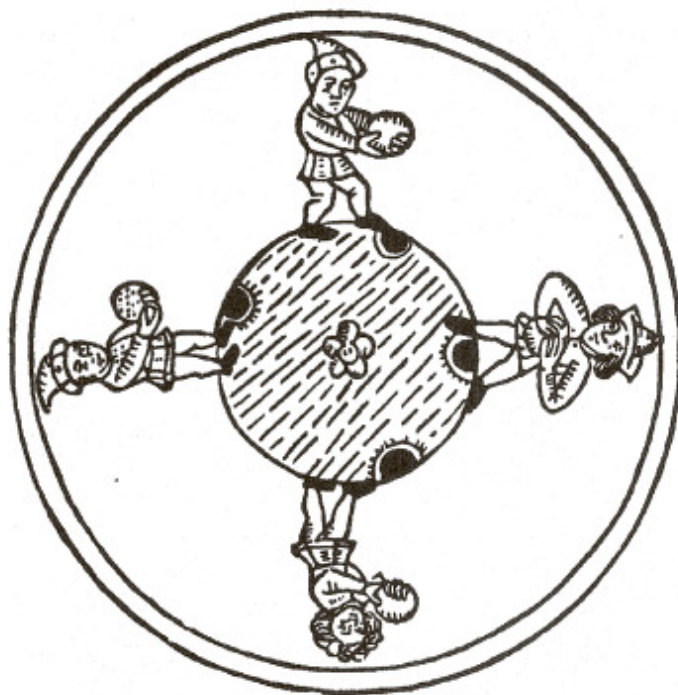


Рис. 4.5. Средневековые физики дискутировали о том, что произойдет, если бросить камень в дыру, проходящую через центр Земли. Живший в XIII веке мыслитель Готье Мецский утверждал, что камень остановится в центре Земли

Старшие дети признают, что люди живут на другой стороне планеты и что мячи там падают так же, как наши, но судьба камня уже не вызывает такой уверенности. Большинство соглашается с Готье Мецским и говорит, что камень остановится в центре Земли. Этот ответ символизирует новое представление о гравитации — тянущей не

вниз, а внутрь. Кажется, что камень остановится в самой внутренней точке Земли, потому что именно оттуда исходит гравитация.

Не удивительно, что старшие дети отвечают точнее, но возраст здесь не единственный фактор. Очень большое значение имеют и познания о Земле. Чем больше дети знают о ее форме и движении, тем сложнее их реакции на эти мысленные эксперименты о гравитации независимо от возраста. Несомненно, представление о Земле как о вращающейся сфере помогает воспринимать гравитацию как силу, тянущую внутрь, а это, в свою очередь, помогает им представлять Землю как вращающуюся сферу. Понятие гравитации нельзя усвоить отдельно. Она внутренне связана с рядом других представлений: об опоре, о свободном падении, весе, массе, об ускорении и о планете в целом. Чтобы сформировалось сложное представление о гравитации, у ребенка уже должно быть сложное представление о материи, движении и космологии.

Связи между всеми этими областями порождают парадокс: как пересмотреть любое из представлений, если для этого требуется одновременно пересмотреть еще несколько? Философ Отто Нейрат однажды сравнил эту проблему со строительством корабля посреди океана: «Нельзя начать с чистого листа. Придется что-то сделать со словами и концепциями, которые имеются в начале рассуждений... Мы как моряки, которым в открытом море нужно перестроить корабль. Начать снизу, с днища, невозможно. На место убранной балки нужно тотчас поставить новую, и для этого весь корабль используется как опора. Из старых балок и плавающей древесины корабль можно совершенно перестроить, но только постепенно»^[123].

Нейрат был философом, а не психологом, но его метафора согласуется с нашими знаниями об обучении научным концепциям. Это медленный и трудный процесс, потому что для этих концепций нет готовых образцов. Приходится постоянно заменять одно приближение реальности (например, «предметы падают без контакта снизу») другим («предметы падают без контакта под их центром масс»). После многократных пересмотров новые теории оказываются совсем не похожи на старые, но их происхождение очевидно. Любой астроном когда-то был ребенком, отрицавшим, что на другой стороне Земли могут жить люди, а все физики в младенчестве не могли

проследить за мячиком, если бросить его в аппарат с изогнутыми трубками. Какой могучий корабль мы строим из скромной лодки!

Глава 5. Движение

Что заставляет объекты двигаться? По каким траекториям они движутся?

Средневековые физики, как и современные, дискутировали по поводу своих теорий, соглашаясь в некоторых пунктах, но расходясь в отношении других^[124]. В частности, они полагали, что предметы приводятся в движение переданной им силой, «импульсом», и что предметы движутся, пока импульс не иссякнет, как уже было отмечено в [первой главе](#). Однако они не могли прийти к консенсусу, может ли импульс принимать разные формы и как он взаимодействует с другими физическими силами.

Одни физики считали, что импульс рассеивается сам. Другие были убеждены, что он остается в предмете, пока его не истощат внешние силы, например трение и сопротивление воздуха. Кроме того, были различные мнения о том, когда на импульс начинает влиять гравитация: с момента, когда объект начал движение, или только после того, как импульс опустился ниже определенного порога. Согласно одним теориям, перемещаемые предметы должны приобретать импульс носителя, согласно другим — нет. Не было единогласия, может ли импульс вызывать криволинейное движение или только прямолинейное.

Все эти разногласия были неразрешимы, потому что никакого импульса не существует в природе. Дискуссии, рассеивается ли он сам по себе или нет, похожи на рассуждения о том, носят ли гномы шляпы. Никаким экспериментом этот вопрос разрешить не получится, потому что он неправильно поставлен. Первым человеком, понявшим его бесплодность, был Исаак Ньютон. В «Началах» он изложил три закона, которые навсегда изменили понимание движения. Вот они:

1. Движущееся тело продолжает двигаться, пока на него не действует внешняя сила.
2. Сила, действующая на массу, вызывает ускорение.
3. Каждое действие рождает равное по силе противодействие.

Эти законы, без сомнения, вам знакомы. Их изучают на уроках физики и часто иллюстрируют стандартными картинками: шарик бесконечно катится по не имеющей трения поверхности (первый закон); кубик движется под уклон, набирая скорость (второй закон); две тележки после столкновения откатываются в противоположных направлениях (третий закон). Но что означают эти принципы? И почему они сделали представление об импульсе устаревшим? Несмотря на заучивание формулировок и соответствующих формул ($F = ma$, $p = mv$), многие из нас в повседневной жизни по-прежнему полагаются на импульс, чтобы объяснять и предсказывать движение^[125]. Чтобы понять законы Ньютона, посмотрим, почему они дают картину движения, отличную от той, которая нарисована нашей интуицией.

Подсознательно мы относимся к силе и движению как к неразделимым сущностям: сила подразумевает движение, а движение — силу. Классическая сила толкает или тянет тело. И то и другое приводит его в движение. Но что заставляет его продолжать двигаться? Что поддерживает движение на расстоянии? Интуиция подсказывает, что сила, с которой толкнули или потянули тело, передается ему. На движение явно влияют различные факторы, например гравитация и трение, но они, видимо, не вызывают движение, а лишь противодействуют ему, меняя направление и замедляя. Именно поэтому мы не считаем гравитацию и трение силами. Даже называя их так, мы воспринимаем их скорее как антисилы.

Благодаря теории Ньютона силы перестали быть свойствами объектов и стали взаимодействиями между объектами. Силу можно приложить к телу, но нельзя передать ему. Ньютон показал, что интуитивно связывать силу с движением неправильно. Движение может существовать и в отсутствие силы (например, комета, бесконечно летящая в космическом пространстве), а сила — без движения (например, стол, который поддерживает тарелку, противодействуя силе гравитации). Движение и сила разделимы, потому что силы вызывают не само движение, а изменения направления и скорости движения. Скорость и направление тела фундаментально отличаются от его ускорения и изменения направления. Сила требуется только во втором случае.

Чтобы увидеть разницу между интуитивным и ньютоновским представлениями о силе, вспомните [мысленный эксперимент из первой главы](#): одной пулей стреляли параллельно земле, а вторую роняли с той же высоты. Большинство людей считает, что вылетевшая из ствола пуля окажется на земле позже, чем падающая, потому что пистолет передает ей некую дополнительную силу, способную некоторое время противодействовать гравитации. В реальности различие в горизонтальной скорости между пулями только сбивает с толку и никак не влияет на гравитацию, которая тянет обе пули к земле с тем же ускорением. Пуля из пистолета просто преодолет при падении большее расстояние.

Ньютон изменил не только понимание силы, но и понимание движения. Интуитивно кажется, что движение — это что-то отличное от состояния покоя. В первом случае требуется объяснение, а во втором — нет. Кроме того, разные виды движений — подъем и падение, движение по окружности и вокруг своей оси — требуют разных объяснений. А Ньютон доказал, что движение и состояние покоя — это две стороны одной медали, разные ипостаси инерции. Состояние покоя — это всего лишь способ описания тела, движение которого незаметно. Книга на полке неподвижна по отношению к человеку, но движется по отношению к земной оси со скоростью 1674 километра в час и по отношению к Солнцу со скоростью 108 тысяч километров в час. Поэтому если движение требовало бы объяснения, то и состояние покоя тоже. Однако Ньютон доказал, что объяснять нужно не движение, а лишь изменения движения.

Это хорошо иллюстрирует [другой мысленный эксперимент из первой главы книги](#), в котором человек сталкивает пушечное ядро с «вороньего гнезда» на мачте плывущего корабля. Большинство людей думает, что ядро приземлится не на палубе, а в кильватере, так как корабль находится в движении, а ядро — в состоянии покоя. Кажется, что ядро будет падать прямо вниз, а корабль за это время уплывет из-под него. Однако ядро движется вперед с той же скоростью, что и корабль, и при падении сохранит эту скорость.

Если пример с ядром не убеждает, вспомните пример из реальной жизни, который кружит по интернету в виде демотиватора. На картинке в кабину восемнадцатиколесного грузовика врезался собственный груз — гигантский каменный блок, который бросило

вперед из-за резкого торможения. Подпись под рисунком гласит: «Инерция. У грузовика есть тормоза. У огромного камня нет».

* * *

Спустя примерно 350 лет после того, как Ньютон похоронил теорию импульса на кладбище научных ошибок, она продолжает жить и здравствовать в умах обычных людей. Через эту призму большинство из нас интерпретируют повседневные движения: скатывающиеся со стола шарики, тележки на американских горках, падающие с самолетов бомбы, вылетающие из пистолетов пули, футбольные мячи и лассо, подбрасываемые в воздух монетки. С помощью теории импульса мы предсказываем траектории предметов, рисуем действующие на них силы и даже прибегаем к этой теории, взаимодействуя с движущимися предметами в реальном времени. Независимо от задачи и контекста, импульс берет верх.

Рассмотрим задачу о траектории движущегося тела^[126]. С ее помощью во многих исследованиях проверяли, к чему ближе интуитивные представления о движении — к теории импульса или к реальности. Участникам давали рисунки движущихся предметов, например шарика, катящегося к краю стола, и просили нарисовать, что произойдет дальше. В жизни шарик упадет на пол по параболе, траектория которой будет зависеть от горизонтальной скорости и направленного вниз ускорения, связанного с гравитацией. Однако большинство участников рисуют непараболические траектории, параллельные полу в начале и перпендикулярные в конце. Видимо, по их мнению, шарик приобретает импульс, который в начале падения удерживает его в воздухе (аналогично летящей пуле), но в конце концов уступает силе гравитации^[127].

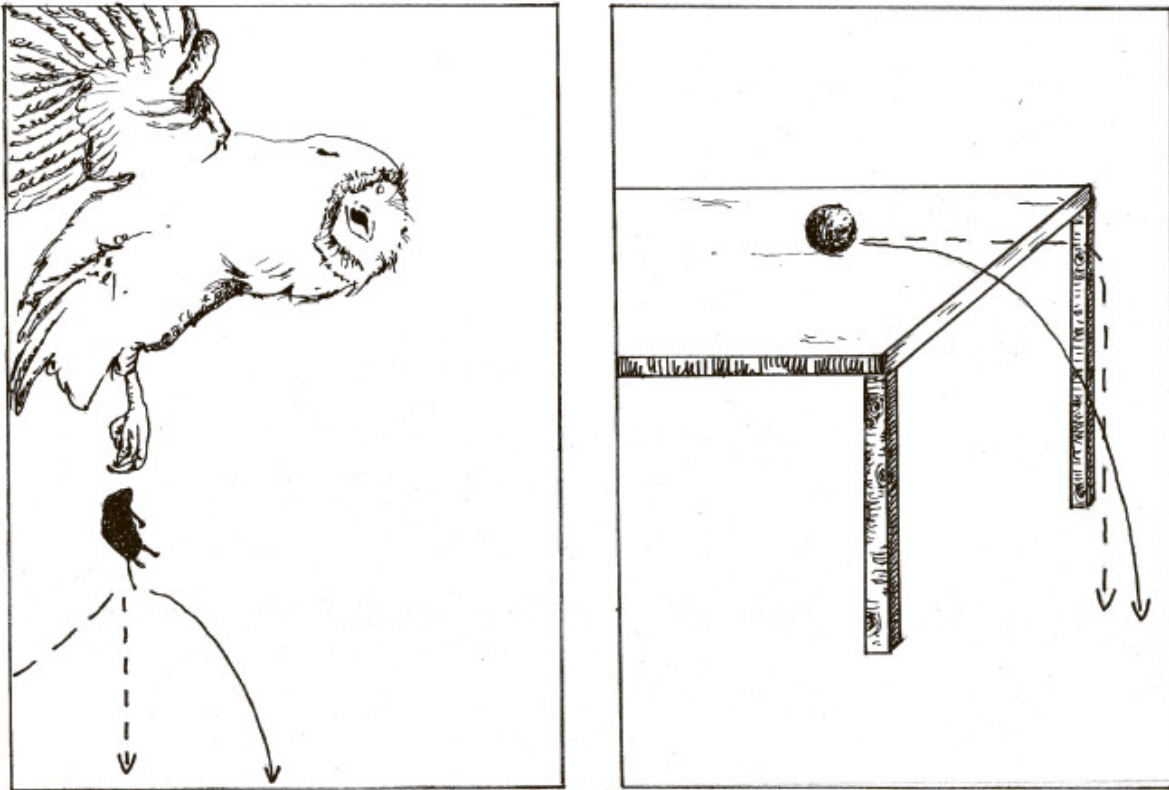


Рис. 5.1. Предмет, скатывающийся со стола или выпущенный движущимся носителем, упадет на землю по параболе (неразрывные линии), хотя многие люди с этим не согласны (пунктирные линии)

В другом варианте задания участников просили нарисовать траекторию сброшенной с самолета бомбы. В реальности она, как и шарик, будет следовать по параболе, но большинство участников полагают, что падать она будет прямо вниз. Видимо, они думают, что бомба, в отличие от самолета, находится в состоянии покоя, поэтому не придают ей никакой горизонтальной скорости аналогично сброшенному вниз ядру.

Может быть, самое вопиющее доказательство скрытой веры в импульс дают задачи, в которых нужно нарисовать траектории предметов, разгоняющихся криволинейно: шар, который выпустили из искривленной трубы, раскрученный на веревке мяч, брошенное лассо. Все они будут идти по прямой линии — по касательной к кривой в момент отрыва, но многие люди полагают, что движение по кривой продолжится. Видимо, они думают, что для этого не нужны никакие

внешние силы (поверхностная сила трубы или сила натяжения веревки).

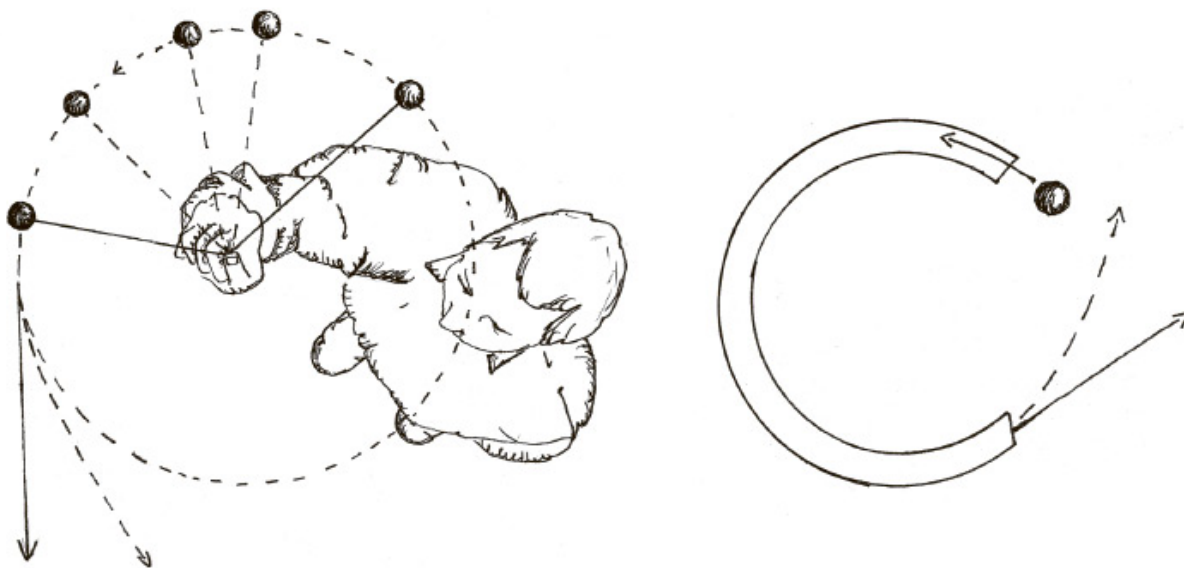


Рис. 5.2. Предметы, ускоряющиеся по криволинейной траектории, будут двигаться по прямой (неразрывная линия), если перестанет действовать сила, вызывавшая ускорение. Но многие люди думают, что тело сохранит криволинейную траекторию (пунктир), приписывая ему соответствующий импульс

Рисунки участников имеют смысл только в рамках теории импульса, потому что только он может толкать предмет по кривой траектории при отсутствии внешних сил. Более того, они идут вразрез с повседневным опытом. В одном из исследований участников просили, например, нарисовать, как будет литься вода из свернутого шланга и как полетит пуля из изогнутого ствола^[128]. В обоих случаях предположение было верным — по прямой. Но когда участников просили нарисовать путь шара из изогнутой трубы, они рисовали искривленные траектории. Напоминание об аналогичных реальных ситуациях не влияло на основанные на импульсе рассуждения, которые по умолчанию включались в новом эксперименте.

В следующей задаче, призванной выявить основанные на импульсе схемы рассуждения, участникам демонстрировали движущиеся предметы и просили отметить стрелками действующие на них силы. Довольно часто участники рисовали импульс

непосредственно^[129]. На траектории подброшенной монеты многие изображали две постоянные силы: тянущую вниз гравитацию и действующую вверх силу, которую участники называли «силой» или «импульсом» монеты — и то и другое псевдонимы импульса. Когда монета взлетала вверх, эта сила на рисунках была больше, чем сила тяжести. На вершине они сравнивались, а при падении силу тяжести рисовали как большую. Из этого явно следует, что участники были уверены, что подбрасываемой монете передается импульс, который иссякает по мере движения. В точке, где обе силы равны, монета перестает подниматься и начинает опускаться. Интуитивное представление, что движение подразумевает силу, приводит к тому, что люди придумывают несуществующие силы. В реальности на монету во всех точках ее траектории действует только гравитация. Скорость движения вверх уменьшается, потом исчезает, и монета начинает лететь вниз.

В случае неподвижных предметов участники часто игнорируют реально существующую действующую вверх силу поддерживающей поверхности, известную физикам как сила нормальной реакции^[130]. В отличие от движения, состояние покоя интуитивно не подразумевает наличия сил, однако без них предмет тянуло бы силой гравитации сквозь поверхность.

Ученые часто просили объяснить рисунки траекторий и сил, действующих на движущиеся предметы. Участники редко упоминали импульс, во всяком случае не называли его так. Они описывали нечто, играющее эту роль, более знакомыми словами: «внутренняя энергия», «внутренняя сила», «сила движения». Подумайте над следующими объяснениями, которые дали студенты-старшекурсники в беседе о физическом движении:

— Импульс, выталкивающий шар из изогнутой трубы, заставляет его идти по дуге. Сила, которую получает шар, в конце концов рассеивается, и он начинает лететь по обычной прямой линии^[131].

— Сила движущегося шара передается покоящемуся. Она переходит от одного к другому.

— Шар, который находится в движении, обладает определенной силой. Движущийся предмет имеет силу

импульса, а поскольку никакая другая сила не противодействует, он будет продолжать двигаться, пока ему что-то не помешает.

Эти объяснения созвучны объяснениям средневековых физиков, описанным в [первой главе](#). Один из них, Жан Буридан, объяснял движение снаряда следующим образом: «Движущееся тело содержит в себе определенный импульс, определенную силу... действующую в том направлении, куда тело двигали: вверх, вниз, вбок, по кругу. Благодаря импульсу камень летит и после того, как бросивший перестает на него действовать. Но импульс постоянно уменьшается из-за сопротивления воздуха и тяжести камня»^[132]. Даже Ньютон однажды объяснил движение снаряда с точки зрения импульса. В записной книжке, датированной 1664 годом, он, тогда еще в студенческом возрасте, писал, что «движение не поддерживается переданной [извне] силой, потому что сила должна быть передана от двигающего движимому»^[133]. В конце концов Ньютон отказался от представлений о передаче силы, но для него, как и для всех нас, они стали отправной точкой в рассуждениях о движении.

Не стоит думать, что теория импульса — это банальное ошибочное представление без очевидных последствий. Эксперименты показали, что она влияет на взаимодействие человека с реальными трехмерными предметами. Например, участникам давали мячи для гольфа и просили бросить их в цель, быстро проходя мимо нее, как самолет бросает бомбу^[134]. Большинство отпускали мяч прямо над целью, игнорируя его горизонтальную скорость, и промахивались. Люди исходили из того, что у мяча нет собственного «импульса» и он упадет прямо вниз. Справлялись с задачей только те, кто выпускал мяч перед целью. Мяч в этом случае падал вперед по параболе, аналогичной траектории ядра, сброшенного с мачты плывущего корабля.

В другом задании участников просили запустить хоккейную шайбу через изогнутую трубу. Многие старались придать шайбе ускорение по не прямой траектории, прежде чем выпустить ее, как будто пытаясь передать ей криволинейный импульс. Они промахивались. Единственный способ успешно выполнить задание — это запустить шайбу по касательной к центру искривленной трубы.

Взаимодействия с физическими предметами не всегда находятся под влиянием импульса. Опытный хоккеист, например, не будет пытаться запустить шайбу по кривой, потому что знает, как она на самом деле движется. Опытные бейсболисты не встают под верхней точкой дуги летящего мяча, ожидая, что он упадет прямо им в рукавицу, а опытные футболисты не бьют по переданному мячу перпендикулярно его направлению, ожидая, что удар «пересилит» имеющуюся скорость мяча. Научиться правильно взаимодействовать с движущимися предметами можно, но наши инстинкты не оптимальны и основаны скорее на импульсе, а не на инерции.

* * *

Рисую путь шарика, который скатывается со стола и еще некоторое время движется параллельно земле, мы фактически рисуем путь Хитрого койота из мультфильма, который гонится за Дорожным бегуном и падает с обрыва. Странно, что у нас такие ожидания в отношении шарика, учитывая, что мультфильм нас не может обмануть. Мы понимаем, что Койот должен упасть, как только сделает шаг с обрыва, и поэтому нас развлекает, если этого не происходит. Траектории, основанные на импульсе, выглядят правдоподобно только на бумаге. Видя их воочию, мы легко замечаем их неестественность, «мультишность». Ученые отслеживали мозговую активность у людей, смотрящих мультфильм вроде «Дорожного бегуна», и обнаруживали признаки выявления неестественности движения уже в течение трехсот миллисекунд. Это так быстро, что мозг даже не успевает осознать увиденное [\[135\]](#).

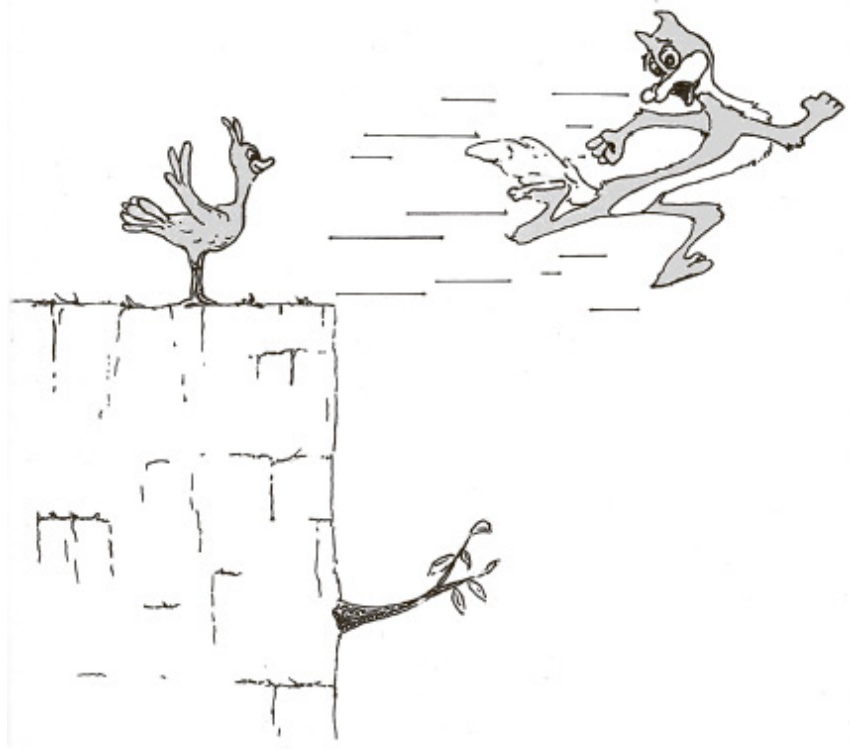


Рис. 5.3. Нам часто кажется, что снаряд будет двигаться по непараболической траектории, но ошибочность таких прогнозов становится очевидна, если увидеть их своими глазами, как, например, в этом мультфильме

Перцептивные ожидания по отношению к движению оказываются намного точнее, чем концептуальные. Например, если попросить выбрать, по какой из нескольких траекторий пойдет шарик, вылетевший из изогнутой трубы, и показать анимацию, люди правильно отдают предпочтение прямой линии, а не изогнутой. Но если те же траектории предложить в виде статичных рисунков, многие ошибутся, выбрав изогнутый путь вместо прямого^[136]. Аналогично, если спросить, какую из нескольких траекторий примет мячик, если его раскачивать как маятник и отпустить в верхней точке (где он не имеет скорости), мы правильно отдаем предпочтение прямой линии, а не изогнутой, но только в случае анимации, а не картинки^[137].

Такое же расхождение наблюдается и у детей. В одном из исследований учеников младших классов просили подумать, как полетит шарик, если сбросить его с воздушного шара, летящего параллельно земле: вперед, назад или прямо вниз^[138]. Одна группа

детей должна была угадать, а второй показывали, как шар падает по каждой из этих траекторий, и предлагали выбрать правильную. Почти никто в первой группе не сказал, что шарик будет падать вперед, однако во второй группе большинство детей выбрали именно такую траекторию. Расхождение между перцептивными и концептуальными ожиданиями о движении проявляется уже в двухлетнем возрасте. Если малышам показать анимацию шарика, который скатывается со стола вниз по прямой, а не по параболе, они удивляются: смотрят значительно дольше^[139]. Однако дети этого возраста ищут упавший со стола мяч прямо под столом, хотя удивились бы, если бы увидели, что он и правда туда падает.

Поскольку двухлетние дети делают прогнозы на основе импульса, эта теория движения складывается на довольно раннем этапе жизни, задолго до того, как человек вообще узнает слова «движение» и «сила». А тот факт, что двухлетние делают подобные предсказания, несмотря на способность узнавать неестественные движения на анимации, подразумевает, что концептуальные ожидания о движении отделяются от перцептивных с самого начала.

Расхождения очень ярко проявились в исследованиях двигательной памяти^[140]. В серии экспериментов участникам студенческого возраста показывали, как шар вылетает из искривленной трубы по прямой, а затем просили нарисовать, что они только что видели. В большинстве случаев воспоминания подводили: на рисунках шар летел из трубы по кривой. В другом исследовании участники видели, как в воздух с одинаковой скоростью запускали два шара — большой и маленький. Шары поднимались и опускались синхронно, но участники утверждали, что маленький мяч поднимался быстрее большого, как будто на него меньше влияла гравитация. Эти же работы показали: чем дольше опыт сохраняется в памяти, тем больше появляется таких иллюзий. Со временем концептуальные ожидания всё больше перекрывают перцептивные. Мы можем признавать истинность законов Ньютона, но признание длится не дольше, чем взгляд.

Теория импульса складывается очень рано и сохраняется, несмотря на способность человека точно воспринимать движение в реальном времени. Можно ли как-то вырваться из ее оков? Придумали ли педагоги способ обучать ньютоновским представлениям о движении? В большинстве случаев при преподавании законов Ньютона используется решение задач, однако это не помогает учащимся изменить устоявшиеся взгляды. Это отчетливо проявилось в исследовании студентов, которые в течение двух лет занимались физикой по четыре с половиной часа в неделю^[141]. За это время они решили сотни, если не тысячи упражнений. Чтобы определить, дало ли это какой-то эффект, исследователи провели тест на концептуальное понимание движения, призванный отличить рассуждения, основанные на импульсе и ньютоновских принципах, и сопоставили результаты с числом задач по физике. Результаты не воодушевляли. Студенты, решившие три тысячи задач, обнаруживали основанные на импульсе рассуждения с той же вероятностью, что и студенты, решившие всего триста.

Решение тысяч задач, может быть, не улучшает понимание движения, однако дает явный положительный эффект: улучшает сами навыки решения физических задач. Студент учится узнавать, какие абстрактные формулы применить в конкретной ситуации. От него не требуют раздумывать над смыслом этих формул. Достаточно подставить правильные числа в правильные уравнения, и математика выдаст результат.

Если задачки не помогают улучшить понимание движения, то что же помогает? Многие исследователи, изучавшие преподавание физики, предлагали обучение в микромире — виртуальной среде, где физические законы усваиваются благодаря симуляции взаимодействий и экспериментов^[142]. Такой подход имеет сразу несколько привлекательных черт. С его помощью можно проиллюстрировать любые законы физики, не только ньютоновские. Можно имитировать физические взаимодействия, которые не получится показать в классной комнате. Можно измерить любые физические параметры, не ограничиваясь секундомером и линейкой. По своему образовательному потенциалу микромиры далеко превосходят старую скучную реальность.

Возможно, виртуальные миры привлекательны. Но эффективны ли они? В одной работе этот вопрос был рассмотрен на примере популярной компьютерной игры Enigma, в которой игроку нужно направлять падающие капли из одной части микромира в другую, манипулируя местом, куда они падают^[143]. Капли подчиняются ньютоновским принципам, в том числе, вопреки стойкому неверному представлению, следуют по параболической траектории. В исследовании участвовали ученики средней школы. Одна половина шесть часов на протяжении месяца играла в Enigma, а другая — в стратегию Railroad Tycoon, где никаких физических принципов нет. В конце обе группы прошли получасовое занятие, посвященное законам Ньютона. Концептуальное понимание движения измеряли трижды: до и после компьютерных игр и после занятия.

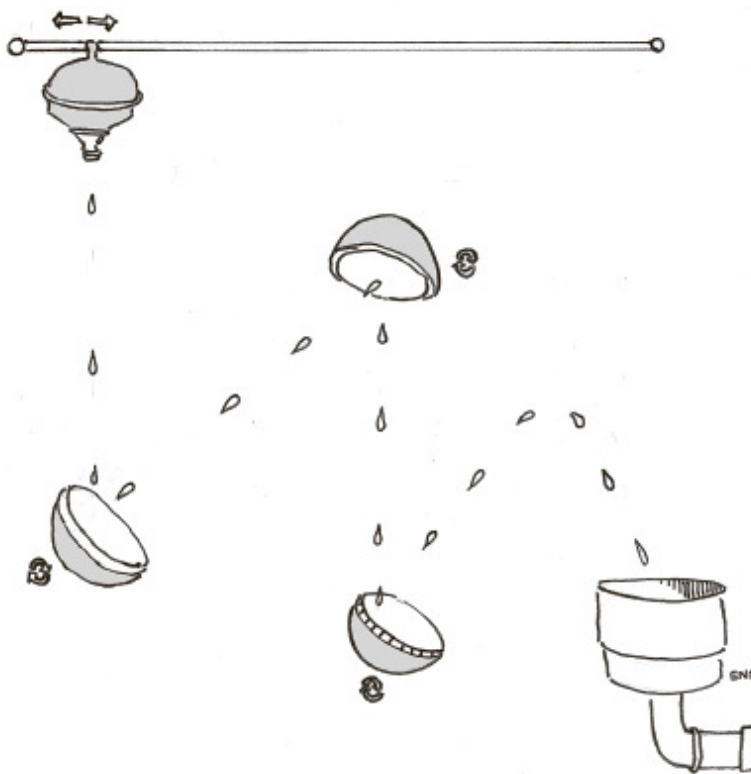


Рис. 5.4. Компьютерные игры, построенные на законах Ньютона, — например, эта, где надо направлять капельки воды по параболическим траекториям, — мало помогают ученикам узнавать и применять эти принципы за пределами игровой среды

Как и предполагалось, у детей, игравших в Enigmo, результаты ко второму тесту улучшились, но всего на 5%. В то же время занятия физикой повысили результаты на целых 20% и принесли такую же пользу ученикам, игравшим в Railroad Tycoon. Другими словами, тридцать минут занятий оказались в несколько раз эффективнее, чем шестичасовое погружение в микромир, действующий согласно изучаемым принципам. Аналогичные результаты наблюдались и при использовании других микромиров^[144]. В лучшем случае они обеспечивали те же результаты, что и стандартное обучение, а в худшем — оказывались пустой тратой времени, давая знания, которые не применялись за пределами игры.

То, что знания, приобретенные в микромирах, не применяются в реальном мире, имеет много плюсов. Дело в том, что популярные компьютерные игры направлены прежде всего на развлечение и редко иллюстрируют законы Ньютона. Возьмите Super Mario Brothers для Nintendo. Марио и его братец Луиджи не сохраняют горизонтальной скорости. Когда они подпрыгивают вертикально вверх, платформа выезжает у них из-под ног, а предметы с движущихся платформ падают прямо вниз. Какие-то объекты подвержены действию гравитации, какие-то — нет. Гравитация вообще работает в игре непоследовательно, позволяя Марио прыгать в два раза выше своего роста, а затем падать в восемь раз быстрее, чем надо, учитывая скорость подъема^[145]. Конечно, игроку вряд ли придет в голову, что можно прыгнуть выше собственного роста только потому, что у Марио это получается: это знание отправляется в карантин и используется только в данной игровой вселенной. Ученики, играющие в Enigmo, точно так же отправляют в карантин знания законов Ньютона, которые приобрели в ходе игры.

Возможно, микромиры — неэффективный инструмент обучения, потому что виртуальный опыт слишком оторван от реальности. Многие педагоги уверены, что косвенный опыт — компьютерные игры, документальные фильмы, лекции, учебники — бледнее по сравнению со знаниями, полученными прямо из жизни. Они считают, что осязаемый, подлинный опыт критически важен для осмысления и долгосрочного удержания знаний. Это мнение, однако, не подтверждается исследованиями. Несколько работ показало, что прямой опыт не лучше косвенного (например, инструктажа) в

обучении абстрактным идеям, в частности законам Ньютона. Проблема именно в том, что для усвоения этот опыт нужно вывести на абстрактный уровень^[146].

Мэгги Ренкен, занимавшаяся вопросами обучения, провела исследование, которое прекрасно демонстрирует неэффективность живого опыта^[147]. Ее группа сравнивала прямой и косвенный подходы к преподаванию принципа, что предметы падают с одинаковой скоростью независимо от массы. Участников — учеников средних классов — разделили на две группы. Одна группа провела серию экспериментов с шарами и уклонами: ученики меняли массу катящегося вниз шара и наклон, чтобы определить, какие переменные влияют на скорость. Другая группа читала об этих экспериментах — методах, результатах и следствиях, — но сама их не ставила. В результате лишь у второй группы обнаружилось понимание, что предметы падают с той же скоростью независимо от массы. В отличие от объяснений, живое наблюдение за шарами различной массы, движущимися по уклону с той же скоростью, не повлияло на уже имеющееся убеждение, что большие предметы должны падать быстрее, чем маленькие. Прошедшие же обучение ученики помнили и могли применить усвоенный принцип не только в день обучения, но и спустя три месяца.

На первый взгляд эти результаты удивляют. Почему ученики оказались восприимчивее к информации, полученной из вторых рук, а не к собственным наблюдениям? Однако если подумать, так и должно быть. Если бы живой контакт был достаточен для формулировки физических принципов, все осваивали бы их самостоятельно еще до школы, но когнитивные искажения — например, представление, что движение отличается от состояния покоя или что движение подразумевает силу, — заставляют нас не обращать внимания на эти принципы в повседневной жизни, даже если эксперимент поставлен руками. Если вспомнить об истории науки, нелепо думать, что ученики после получасового эксперимента сформулируют законы движения, для открытия которых физикам потребовались сотни лет наблюдений и опытов.

Тем не менее живое взаимодействие с физическими объектами небесполезно и очень способствует усвоению материала при условии правильного обучения. Один из таких методов был разработан ученым

Джоном Клементом^[148]. Он предлагает не рассчитывать, что контакт с физическими системами подтолкнет учеников к открытию основополагающих принципов, а направить их внимание на эти принципы путем упорядоченных сравнений и аналогий.

Возьмем неочевидную идею, что поверхности — например, стол или прилавок — прилагают направленную вверх силу нормальной реакции на лежащие на них предметы. Большинство из нас не считают, что стол толкает книгу вверх, однако согласятся, что фонтанчик воды толкает вверх руку. Клемент называет последний случай *якорем интуиции*, то есть правильной интуитивной догадкой, с которой можно сравнить неправильную, которую нужно пересмотреть. Из того, что вода толкает вверх руку, еще не следует, что стол толкает вверх книгу. Концептуальный промежуток слишком велик. Его можно преодолеть благодаря тому, что Клемент называет *примерами-мостами*: от книги на фонтанчике к книге на толстом куске пенистого материала, затем к книге на гибком куске фанеры и, наконец, к книге на столе. С каждым шагом хочется увидеть направленную вверх силу там, где раньше она не пришла бы в голову. Мосты достигают цели, когда человек понимает, что даже стол прилагает действующую вверх силу к предметам, которые поддерживает.

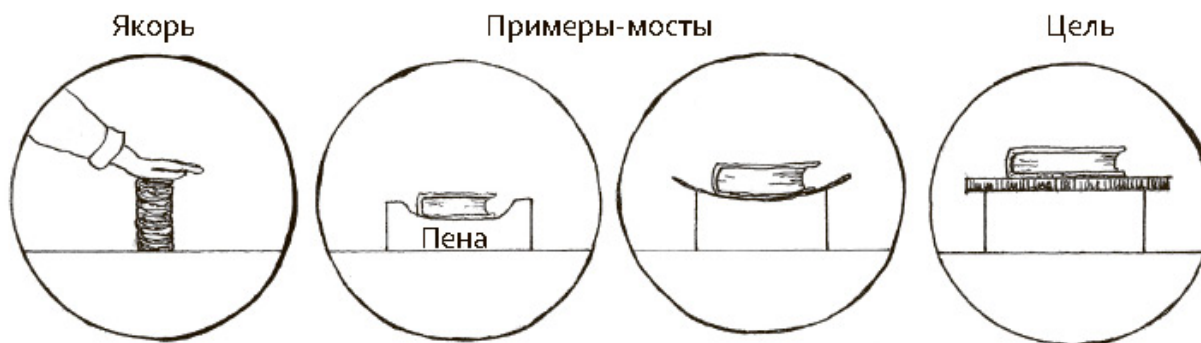


Рис. 5.5. Чтобы объяснить, что поверхности прилагают направленную вверх силу нормальной реакции к предметам, которые поддерживают, полезно построить мост от этой мысли к интуитивно понятной идее, что струя воды прилагает направленную вверх силу к руке

Мосты можно использовать и в других противоречащих интуиции случаях. Чтобы объяснить, что все поверхности — даже такие гладкие,

как керамика и сталь, — создают трение, можно начать с действия-якоря: потереть одним куском строительной шкурки о другой. Затем нужно перейти к случаям-мостам: кускам вельвета и кускам фетра. Чтобы объяснить, что спутники вращаются вокруг планеты, потому что их траектория постоянно изгибается ее гравитацией, можно начать с якоря — ядра, которое вылетело горизонтально земле из пушки на башне и падает по дуге. После этого нужно построить мосты — всё более высокие башни. Ядро будет описывать все более и более длинную дугу и при достаточной высоте и скорости начнет вращаться вокруг Земли, так как дуга станет бесконечной.

Аналогии-мосты были впервые описаны еще Ньютоном в разделе «Математических начал натуральной философии», посвященном мироустройству. Они бывают очень поэтичны и делают противоречащее интуиции интуитивным, а непостижимое — постижимым. Неудивительно, что подход оказался очень эффективен. Клемент сравнил уроки с применением и без применения «мостов» и обнаружил, что аналогии улучшают усвоение противоречащих интуиции физических принципов в два раза^[149]. Связывая туманные проявления физических принципов с более прозрачными, мосты позволяют уловить принципы, которые в противном случае остались бы незамеченными.

* * *

Успех аналогий Клемента заставляет задуматься о природе наших исходных убеждений: рассматривать ли их как помеху или как ресурс для освоения научного знания? Клемент придерживается второй точки зрения. В статье, озаглавленной «Не все предубеждения ошибочны»^[150], он утверждает, что последствия таких взглядов для преподавания научных дисциплин неоднозначны. Если это ресурс, то исходные убеждения нужно подчеркивать и использовать в качестве мостов к сложным идеям. Если это препятствие, то их надо опровергать и обходить.

В предыдущих главах мы столкнулись с примерами обеих стратегий. В третьей главе «вещественные» представления о тепле обходили, вводя альтернативные рамки осмысления этой темы —

эмерджентные процессы. Во второй главе было описано обучение, раскрывающее природу материи путем построения моста от целостного восприятия веса и плотности к научному представлению о них как об удельных величинах.

Можно ли утверждать, что какой-то из этих подходов всегда лучше? Мнения исследователей образования по этому вопросу разделились. Некоторых заботит прежде всего эффективность преподавания в классной комнате, в то время как другие интересуются и более широкими, эпистемологическими проблемами. Например, Андреа ДиСесса^[151] уверен, что называть исходные убеждения учеников «ложными» нежелательно. В одной из статей он пишет, что исследователи слишком часто иронизируют над учениками и даже высмеивают и осуждают их представления выражениями вроде «псевдоконцепция», приравнивая их к невежеству и отсталости^[152]. Такая практика, по мнению ДиСессы, ошибочна, поскольку многие наивные представления «становятся элементом очень качественных технических навыков. Богатый набор наивных восприятий — это плодотворный бассейн ресурсов. Из этих кирпичиков может сложиться не только теория импульса, но и лучшие сочетания».

Возможно, такой подход мягче по отношению к новичкам, однако он приукрашивает их воззрения. Некоторые предубеждения и вправду ложны. Тяжелые предметы не падают быстрее легких, на летящее тело не действует больше сил, чем на лежащее, предметы не падают с движущегося носителя прямо вниз, а вылетев из изогнутой трубы, не описывают изогнутых траекторий. Эти ложные представления проявляются в разных контекстах, у разных людей, на разных стадиях развития и в разные исторические периоды. Объединяет их «импульс» — мнимая сила, которую якобы может приобрести предмет.

Импульс — это не продукт плохого сочетания в целом правильных представлений, а корень неточных воззрений. Отрицать, что основанные на импульсе убеждения ложны — это значит игнорировать эмпирические исследования этих убеждений. Однако то, что теория импульса ошибочна, еще не значит, что ошибочны все исходные представления. Аналогии-мосты Клемента эффективны потому, что очевидно не являются ложными. Примеры не содержат в себе примеси импульса и, может быть, именно поэтому не поддаются такой интерпретации.

Учитывая разнообразие предубеждений, не стоит дебатировать о том, полезны они или вредны. Некоторые из них точны, другие нет, и отличить одни от других можно только эмпирически, оценивая их влияние на наши рассуждения. Аналогично эффективность конкретных стратегий обучения можно проверить только на практике. Иногда полезнее обойти исходные представления, а иногда — использовать их как мост. Все зависит от того, о каком воззрении идет речь.

Обход исходных представлений и построение мостов не исключают друг друга. У этих стратегий разная цель, но они комплементарны. Мосты помогают интуитивно понять неочевидные научные идеи (например, силу нормальной реакции), но не объясняют их с точки зрения глубоких механизмов (молекулярных связей) и широких рамок (третьего закона Ньютона). В то же время стратегия обхода создает предпосылки для объяснения научных идей, но не делает их интуитивно понятными. Педагоги, таким образом, могут последовать рекомендациям Клемента и использовать обе стратегии на одном уроке. Мир сложен, и чтобы точно его понять, простых подходов мало.

Глава 6. Космос

Какую форму имеет мир вокруг нас? Каково его место в космосе?

Если, как многие люди в прошлом, вы всю жизнь провели в радиусе одного дня пути от дома, то вам наверняка будет интересно, что еще есть вокруг. Что лежит за границами нашей цивилизации? Какое место в мире она занимает? Какова форма и размеры мира? Откуда этот мир взялся?

Такие вопросы породили много моделей Вселенной, каждая из которых по-своему завершала контуры неизведанного мира^[153]. Древние египтяне верили, что люди населяют пространство между богом земли и богом неба, которые слились в вечных объятиях. Древние ирокезы рассказывали, что люди живут на спине огромной черепахи, плывущей в первобытном море. Викинги полагали, что находятся в одном из многих царств, расположенных в исполинском дереве, которое обвивает гигантский змей. Древние евреи представляли мир в виде округлого острова с куполообразным небом, окруженным со всех сторон водой.

Примечательно, что во всех этих картинах мира отсутствует мысль, что Земля имеет форму шара. Древним это не приходило в голову, да и вряд ли могло прийти. Кривизна Земли почти незаметна невооруженному глазу и противоречит опыту передвижения по ней. Идея, что плоская поверхность находится на шаре и что наше евклидово существование лишь иллюзия, кажется почти безумной. Кроме того, есть проблема гравитации. С младенчества люди знают, что без опоры предметы падают. Из этого логически следует вывод, что если бы Земля была круглой, то на «нижней» ее стороне ничего не могло бы удержаться (мы обсуждали это в [четвертой главе](#)).



Рис. 6.1. Древние евреи верили в плоскую Землю, плавающую в большом океане под небесным куполом

Человечеству в целом истинная форма Земли была известна со II века до н. э. благодаря наблюдениям Аристотеля, заметившего, что созвездия на экваторе отличаются от созвездий в более северных широтах, а также наблюдениям Эратосфена, что палки равной высоты, расположенные далеко друг от друга, в одинаковое время дня дают тени разной длины^[154]. Однако не все люди усвоили эту истину. Даже сегодня миллионы людей забывают, что находятся на поверхности шара. Большинство из них — дети.

Как и взрослые представители древних культур, дети не замечают кривизны земной поверхности и видят, что без опоры предметы падают без очевидной причины. Сегодня они окружены вещами, недоступными взрослым прошлого: картами, глобусами, моделями Солнечной системы, кинофильмами о космических путешествиях, фотографиями Земли из космоса. Но правильно ли они всё это интерпретируют? Как сочетается знание о картах и глобусах с повседневным опытом передвижения по плоской Земле и ощущением тянущей вниз гравитации?

Понимание приходит далеко не сразу. Дети охотно запоминают факт, что Земля круглая, однако интерпретируют его по-разному. В конце концов, у слова «круглый» много значений. Круглыми бывают и пицца, и пончик, и беговая дорожка, и пенек. Все это круглое, но не в таком смысле, как Земля. «Круглый как мяч»^[155] — далеко не первая мысль о форме Земли, которая приходит в голову ребенку. Это видно по их рисункам. Если попросить дошкольника нарисовать Землю, он почти наверняка изобразит круг, но потом начнет добавлять на нее различные объекты — людей, дома, Солнце, Луну — и делает забавные ошибки.

Некоторые дети помещают все земные и небесные объекты сверху: люди на этих рисунках находятся на самом внешнем краю земли, а Солнце и Луна светят на них сверху вниз. Кроме того, верхняя часть круга получается более плоской, чем все остальное. На других рисунках Солнце и Луна размещены не просто сверху, а вокруг Земли, зато люди находятся в странном месте: на плоской линии под круглой Землей. Когда детей просят объяснить рисунок, они говорят, что Земля круглая, как Солнце и Луна, но люди живут не на Земле как планете, а на земле в смысле поверхности. Иногда дети рисуют плоскую линию внутри круга и помещают всех людей на нее. Солнце и Луна при этом находятся над линией, но внутри круга. Такие дети, видимо, представляют себе верхнюю часть круга как границу небосвода, а людей поселяют на некой плоскости внутри полой Земли, а не на ее искривленной поверхности.

Задачу с рисунками психолог Стелла Восниаду и ее коллеги использовали в исследованиях психических моделей Земли. Они десятилетиями фиксировали виды и последовательность появления детских представлений^[156]. Интересно то, что дети, не уловившие, что Земля — шар, строят альтернативные теории. Эти теории ошибочные и ограниченные, но тем не менее непротиворечивые и продуктивные.

В этой главе я буду называть детские представления о Земле словом *модель*, а не *теория*, чтобы подчеркнуть их пространственный характер. Модели служат тем же самым целям, что и теории: объяснять повседневные наблюдения и делать предсказания. Они имеют и другие черты интуитивных теорий, например встречаются у разных людей, в разных культурах, а также плохо вытесняются научным знанием.

Оставим вопросы терминологии. Почему ученые пришли к выводу, что дети строят альтернативные модели Земли? Рисунки не лучшее доказательство. Многие дети просто не умеют рисовать, не говоря уже о том, чтобы изображать на бумаге объемные объекты. Кроме того, по отдельным рисункам сложно судить о связности, внутренней непротиворечивости детских представлений. Для этого нужно оценить их под разным углом, многомерно, с помощью разных видов реакций. Восниаду и ее коллеги так и поступили. Они предлагали шестилетним детям много разнообразных заданий: рисунки, мысленные эксперименты, оценки истинности, просьбы объяснить. Например, ребенку нужно было провести такой мысленный эксперимент: подумать, где он окажется, если будет очень долго идти, никуда не сворачивая. Получались такие беседы:

Ученый: Если ты будешь много дней идти вперед, где ты окажешься?

Ребенок: В другом городе.

Ученый: Хорошо. А что будет, если идти все дальше и дальше?

Ребенок: Будут другие города, страны, а потом когда-нибудь дойду до края земли.

Ученый: То есть земля закончится?

Ребенок: Да. И когда туда дойдешь, надо быть поосторожнее.

Ученый: Потому что можно упасть с края?

Ребенок: Да. Если будешь там играть.

Ученый: А куда ты упадешь?

Ребенок: Вниз, на другие планеты.

В другом задании детям показывали фотографию пейзажа и просили объяснить, почему Земля на ней выглядит плоской, хотя на самом деле она круглая. В круглую Землю верили почти все дети, хотя неясно, правильно ли они понимали смысл этого слова. Вот образец беседы, к которой подтолкнула фотография ландшафта:

Ученый: Какой формы Земля?

Ребенок: Круглая.

Ученый: А почему тогда она кажется плоской?

Ребенок: Потому что мы находимся внутри Земли.

Ученый: Что ты имеешь в виду?

Ребенок: Внизу, как на дне.

Ученый: А Земля круглая как мячик или круглая как толстая оладья?

Ребенок: Как мячик.

Ученый: То есть если люди живут внутри нее, они как будто живут внутри мячика?

Ребенок: Да. Как в мячике. В середине.

Ответы этого ребенка могут показаться бессмыслицей, но только если сравнивать их со сферической моделью Земли. Есть ли какая-то модель, в которой разумно помещать людей «внутри», «в середину»?

По мнению Восниаду, такая модель есть: «полая сфера», в которой Земля похожа на «снежный шар» или круглый аквариум. Согласно этому представлению, Земля в целом имеет сферическую форму, однако ее верхняя половина полая, а нижняя — образует внутри плоскость, на ней и живут люди. Круглые бока сферы образуют небосвод. Очень важно, что дети, утверждающие, что люди живут внутри Земли, делают рисунки третьего типа из описанных выше, помещая Солнце и Луну внутри самой Земли, и отрицают, что можно упасть с ее края, потому что, по словам одного ребенка, «скорее всего, на что-нибудь наткнешься... на конец неба».

Кроме полой сферы, Восниаду выделила у маленьких детей еще две популярные несферические модели: «уплощенной сферы» и «двух шаров». Эти модели изображены на первом и втором типах рисунков. Дети, которые видят Землю как уплощенный шар, обычно рисуют ее не как идеальный круг, а как овал. Обитаемыми они считают только плоские части Земли и отрицают, что могут упасть с ее края, потому что поверхность представляется им непрерывной.

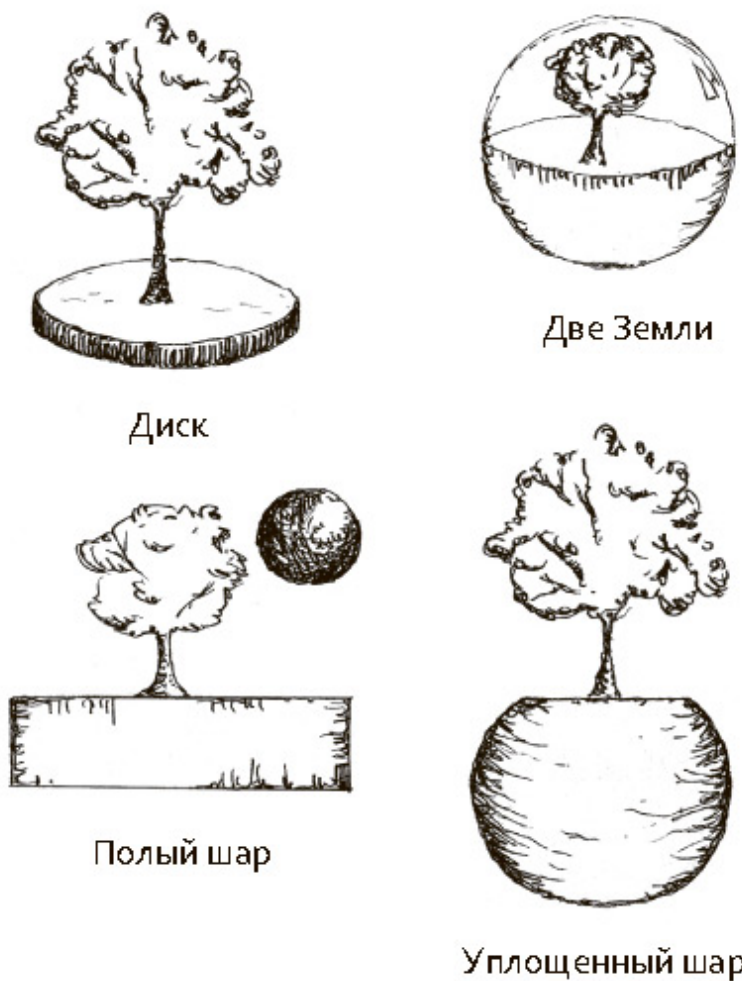


Рис. 6.2. Дети, которые еще не узнали, что Земля имеет форму шара, часто придумывают собственные модели, пытаясь примирить восприятие земли как плоской поверхности и согласие с господствующим представлением, что Земля круглая

Дети, верящие в двойную модель, проводят четкое различие между Землей как планетой и землей как поверхностью. Первую они рассматривают как отдельное небесное тело, аналогичное Солнцу или Луне, а вторую — как место, где живут люди. Если спросить такого ребенка, можно ли упасть с Земли, он может согласиться, но добавит, что ничего страшного не произойдет, потому что человек просто «окажется на земле». Очень красноречивую историю об этой модели рассказала мне мама одного дошкольника. Она не подозревала, что сын путается в вопросах космологии, пока однажды звездным вечером он не показал ей на небо и не заявил: «Мам, по-моему, я вижу Землю!»

Детские несферические модели примечательны своей последовательностью. Дети разрабатывают их самостоятельно: никто не учит дошкольника представлять Землю в виде космического аквариума или отдельного небесного тела над головой. Никто не просит представить, где он окажется, если будет постоянно идти по прямой, или почему Земля из космоса выглядит круглой, а с поверхности — плоской. И тем не менее дети способны непротиворечиво рассуждать на основе своих моделей. Не удивительно, что если спросить ребенка, какой Земля формы, то он автоматически повторит то, что ему много раз твердили: «круглая». Но примечательно, что если задать вопрос, над которым он никогда раньше не задумывался, то ответ будет стабильно указывать на основополагающую психическую модель.

Другая примечательная черта детских представлений — их связность. В рамках одной модели получается разрешить противоречия между информацией, полученной посредством культуры, и информацией, приобретенной из опыта — например, примирить вторичное знание, что Земля круглая, с первичным знанием о плоской земле и тянущей вниз гравитации. Восниаду называет детские модели полой, уплощенной и двойной Земли синтетическими, чтобы подчеркнуть, что они совмещают несовместимые на вид элементы знания. Синтетические модели складываются в ходе развития и чаще встречаются у детей постарше (от семи до девяти лет), чем у маленьких (от четырех до шести лет). В младшем возрасте дети обычно представляют себе Землю просто как большой, плоский, ограниченный диск, похожий на пиццу^[157].

Некоторые психологи подвергают выводы Восниаду сомнению и считают идею, что в начальной школе дети строят внутренне непротиворечивые и логически связные модели Земли, слишком далеко идущей^[158]. В конце концов, в этом возрасте они едва умеют узнавать время по часам и считать деньги. Критики утверждают, что последовательность проявляется не в самих детских реакциях, а в их интерпретации экспериментатором.

Вспомните, что детям задавали вопросы на несколько тем, чтобы выявить глубинные убеждения — определить, входит ли набор реакций

в единую психическую модель. Критики указывают на то, что объединение таких реакций может проистекать из самой беседы. В частности, ученый, полагая, что ребенок исповедует модель полой Земли, может непреднамеренно изменить вопросы в ходе интервью и просить дать объяснения только в тех случаях, когда ответы не согласуются с моделью полого шара.

Чтобы устранить этот недостаток открытых вопросов, можно проводить исследование в виде закрытых тестов многократного выбора. Как и отмечали критики, дети действительно проявляют в этом случае меньшую последовательность и не всегда выбирают ответы, согласующиеся с несферической моделью^[159]. Это открытие, однако, не должно удивлять. В тестах многократного выбора легко дать правильный ответ, даже не понимая, почему он верен. Давно известно, что вопросы с набором ответов проще, чем открытые, потому что правильный ответ достаточно узнать. А дети окружены правильными ответами каждый день. В школе стоят глобусы, а не модели полых сфер, а в учебниках полно фотографий круглой, а не овальной Земли. Тесты многократного выбора проверяют не понимание информации о Земле, а то, помнит ли ребенок эту информацию^[160].

Чтобы не просто знать, но и осознавать, что Земля — шар, нужно понять, почему люди не падают с другой стороны Земли и почему поверхность сферической Земли выглядит плоской. Восниаду однажды привела мне прекрасный пример разницы между знанием и пониманием. Проводя исследования, она решила побеседовать с собственной пятилетней дочерью и обнаружила у нее модель уплощенного шара. После собеседования дочь осталась в комнате, а Восниаду начала проводить такую же беседу с девочкой постарше. У нее обнаружилась сферическая модель Земли.

После того как девочка вышла, дочь Восниаду попросила пройти исследование еще раз. Теперь она заявила, что Земля круглая как шар, а когда мама попросила слепить ее, она скатала идеальный шарик. Дочь гордо продемонстрировала новообретенные знания, пока не наткнулась на вопрос, на который у нее не нашлось ответа: раз Земля круглая, почему ее поверхность на фотографии выглядит плоской? Не в состоянии разрешить противоречия между новой информацией (что Земля — это шар) и тем, что казалось ей правдой (что поверхность Земли плоская), дочка нажала ладошкой на слепленный шарик и

превратила его в уплощенную сферу — модель, которая проявлялась у нее всего несколько минут назад.

Всё более и более формальные исследования созвучны этой истории и подтверждают, что для обучения детей сферическим моделям Земли нужно разобраться с допущениями, которые подталкивают их придумывать несферические. В одном из них ученые составляли специальные пособия, в которых были разобраны две проблемные темы: предположение, что Земля плоская, и то, что гравитация тянет предметы вниз^[161]. В первом пособии объяснялся принцип перспективы (в частности, что вид больших предметов меняется по мере приближения к ним), а во втором — что гравитация работает как магнит и тянет предметы на поверхности земли не вниз, а внутрь. Исследователи использовали эти пособия в работе с шестилетними детьми, которые еще не были твердо уверены, что Земля — это шар. Часть детей получали оба руководства, а другие только одно из них.

Перед обучением участники придерживались тех же несферических моделей Земли, которые выявила Восниаду: полых, уплощенных и двойных. После обучения у многих детей сложилась сферическая модель, но только в том случае, если они получали оба пособия. Дети, получавшие одно пособие, сохраняли исходные представления. Объяснение принципов перспективы могло поколебать веру детей, что поверхность земли плоская, но не давало им ответа, как можно жить на нижней поверхности шарообразной Земли, не падая с нее. Второе руководство, в свою очередь, могло объяснить, что гравитация тянет не вниз, но само по себе не давало ответа, почему круглая Земля воспринимается как плоская. Чтобы ребенок отбросил свои несферические модели, нужно решить обе проблемы, которые по отдельности ни одного из этих вопросов не вызывают.

* * *

Представьте, что вы смотрите на Землю из космоса, за пределами ее атмосферы. Лишь немногим посчастливилось увидеть нашу планету с такой выигрышной позиции, и тем не менее несложно представить себе, как она оттуда выглядит. Нашему воображению помогают

культурные артефакты: глобусы, фотографии, рисунки, модели. Благодаря им мы представляем то, чего не видели и не могли видеть воочию. Однако они не так уж объективны. Подлинная модель Солнечной системы, например, должна иметь полтора с лишним километра в длину, если Землю представить размером с теннисный мячик, как это часто делают. На глобусах и картах принято изображать Северное полушарие выше Южного, то есть север находится «сверху», а юг — «снизу». Подумайте, соответствует ли ваш мысленный образ этой конвенции?

Положение полушарий можно считать произвольным не только потому, что Земля круглая, но и потому, что она подвешена в космосе и не имеет ни внутренне (как у стула), ни внешне заданной оси ориентации (как у кирпича в кирпичной стене). И тем не менее люди по всему миру соглашались с принятыми стандартами, когда изображают или рисуют нашу планету. Земля действительно вращается вокруг своей оси, но эту ось не обязательно считать расположенной вертикально, так, как почти на всех картах и глобусах. В этом мощь культуры. Она незаметно, но существенно формирует наши психические представления, начиная с самого детства. Дети во всем мире видят плоскую Землю и чувствуют тянущую вниз гравитацию, и это ограничивает спектр их моделей независимо от их культурной принадлежности. Но при этом дети погружены в окружающую их культуру, которая вносит в эти модели вариации, хотя и на общую тему.

Рассмотрим представления индийских детей. Большинство взрослых в Индии знают, что Земля — шар, однако индийское общество все еще пронизывают элементы древних воззрений, согласно которым Земля находится в мистическом океане, разделенном на слои воды, молока и нектара^[162]. Когда исследователи беседовали о форме Земли с учениками начальной школы в Хайдарабаде, они обнаружили, что индийские дети, как и американские, строили модели полый сферы и уплощенной сферы. Однако были некоторые отличия. В Америке дети воображали, что сферы плавают в космосе, а в Индии часто представляли те же сферы плавающими в воде и поддерживаемыми снизу своего рода океаном.



Рис. 6.3. Многие самоанские дети представляют Землю как кольцо — аналогично тому, как построены на Самоа дома, рынки и деревни

Другие культурные особенности были обнаружены в общинах американских индейцев и в Самоа^[163]. У детей из племени лакота встречались почти исключительно модели полого шара, так как это согласуется с лакотским мифом о сотворении мира: тело древнего божества стало огромным каменным диском (землей), а его силы — огромным голубым куполом (небом). У самоанских детей была уникальная модель, не встречающаяся в других культурах. Они представляли Землю в форме кольца — характерной черты самоанской архитектуры. Жилое пространство самоанского дома лучами расходится вокруг внутреннего двора, прилавки на самоанском рынке — вокруг центрального форума, дома в самоанской деревне — вокруг открытой площади. Поэтому самоанские дети проецировали знакомую, повсеместно встречающуюся структуру и на саму Землю^[164].

Культура может влиять и на то, насколько быстро дети усваивают правильные сферические модели^[165]. Это было показано на примере сравнения английских и австралийских детей. Англия и Австралия

очень близки: в конце концов, Австралия — бывшая британская колония. Однако в вопросе понимания формы Земли страны расходятся в очень важном отношении. Дело в том, что они расположены на противоположных сторонах экватора, и австралийские дети остро осознают, что живут «снизу». Их страна на стандартном глобусе нарисована внизу. На ее флаге изображено созвездие Южного креста, видимое только в Южном полушарии, а в других странах иногда Австралию называют «землей на другом конце света».

Вопрос, как люди могут жить на нижней стороне круглой Земли и не падать, живо беспокоит австралийских детей. Они либо просто отмахиваются от него, поскольку видят, что никуда не улетают, либо очень мотивированы найти объяснение. Благодаря этому в Австралии дети усваивают сферические модели Земли на два-три года раньше, чем их английские сверстники. Принятый стандарт — изображать север сверху, а юг снизу — только подстегивает их развитие.

* * *

Понимание шарообразности Земли лишь первый шаг к пониманию космоса и нашего места в нем. Нужно объяснить и другие явления окружающего мира: смену дня и ночи, времен года, приливы и отливы, изменение созвездий, фазы Луны. Человечество наблюдает все это много тысяч лет, однако восприятие остается искаженным, как и представление о форме нашей планеты. Живший в XX веке философ Людвиг Витгенштейн однажды заметил, что это довольно занятно:

— Почему говорят, что для человека было естественно думать, что Солнце вращается вокруг Земли, а не Земля вокруг своей оси? — спросил он коллегу.

— Думаю, потому что все ВЫГЛЯДЕЛО ТАК, КАК БУДТО движется именно Солнце, — ответил коллега.

— А как бы еще это могло выглядеть, если все выглядело так, как если Земля вращается вокруг своей оси? — возразил на это Витгенштейн^[166].

Циклы дня и ночи можно интерпретировать очень по-разному, и выбранное представление зависит от психической модели формы

Земли. Дети, которые верят в полую Землю, полагают, что Солнце и Луна находятся внутри купола небес, и поэтому часто думают, что день — это когда Луна закрыта, например тучами или горами, а ночь — это когда что-то закрыло Солнце. Сторонники модели уплощенной сферы считают Землю отдельной от Солнца и Луны и думают, что день наступает, когда Солнце восходит над плоской поверхностью, где живут люди, а ночь — когда над ней восходит Луна. В сферической модели Земли все сложнее, потому что день теперь можно объяснить как с точки зрения движения Солнца по отношению к Земле, так и с точки зрения движения Земли по отношению к Солнцу. Характер этого движения тоже приходится объяснять, поскольку оно может быть каким угодно: вращением, поворотами, колебаниями.

Когда моему сыну Тедди было семь лет, мне стало любопытно, понимает ли он, во-первых, что Земля — шар и, во-вторых, что смена дня и ночи вызвана ее вращением, поэтому я подтолкнул его к следующему разговору:

Я: Какую форму имеет Земля?

Тедди: Форму шара. Я раньше думал, что она плоская, потом — что она похожа на круг, а теперь знаю, что она шарообразная.

Я: Мы живем сверху Земли. А снизу кто-нибудь живет?

Тедди: Да.

Я: А почему они оттуда не падают?

Тедди: Потому что если оказаться на их месте, Земля будет под ногами.

Я: А почему гравитация не стягивает их с Земли?

Тедди: Потому что гравитация — не на поверхности земли, а внутри.

Убедившись, что Тедди осознал шарообразность Земли, я задал вопрос о смене дня и ночи.

Я: Как ты думаешь, почему бывает день и ночь?

Тедди: Дело в Солнце и Луне.

Я: И как они действуют?

Тедди: Ну, Земля движется вокруг Солнца, и когда она к нему приближается, наступает день.

Я: А ночь?

Тедди: Ночью к Земле приближается Луна.

Я: А куда прячется Луна, когда ночи нет?

Тедди: Она остается на своем месте.

Я: То есть где?

Тедди: Я не знаю. Точно не рядом с Калифорнией.

Тедди знал, что за смену дня и ночи отвечает движение Земли, а не Солнца, но еще не понял, что она вращается вокруг своей оси, и считал, что дело просто в обращении Земли вокруг Солнца.

Такие мысли типичны для детей, которые только что открыли для себя, что Земля имеет форму шара. До этого они проходят через два этапа^[167]. Сначала они объясняют день и ночь с точки зрения перекрытия: день — это когда Луна скрыта какими-то объектами в земной атмосфере (облаками или горами) и светит только Солнце, а ночь — это когда Солнце скрыто, а Луна остается светить одна. Затем они переходят к мысли, что Солнце и Луну закрывает сама Земля: Солнце поднимается над ее поверхностью, а Луна опускается ниже, и наоборот. Осознав, что Земля — шар, дети переходят к более сложным взаимодействиям между небесными телами. Они начинают считать, что Солнце вращается вокруг Земли или что Земля вращается вокруг Солнца. Последнее, конечно, верно, однако дети сначала не понимают, что это движение — причина годовых, а не дневных циклов. Мысль, что Земля вращается и вокруг Солнца, и вокруг своей оси, обычно приходит только в раннем подростковом возрасте.

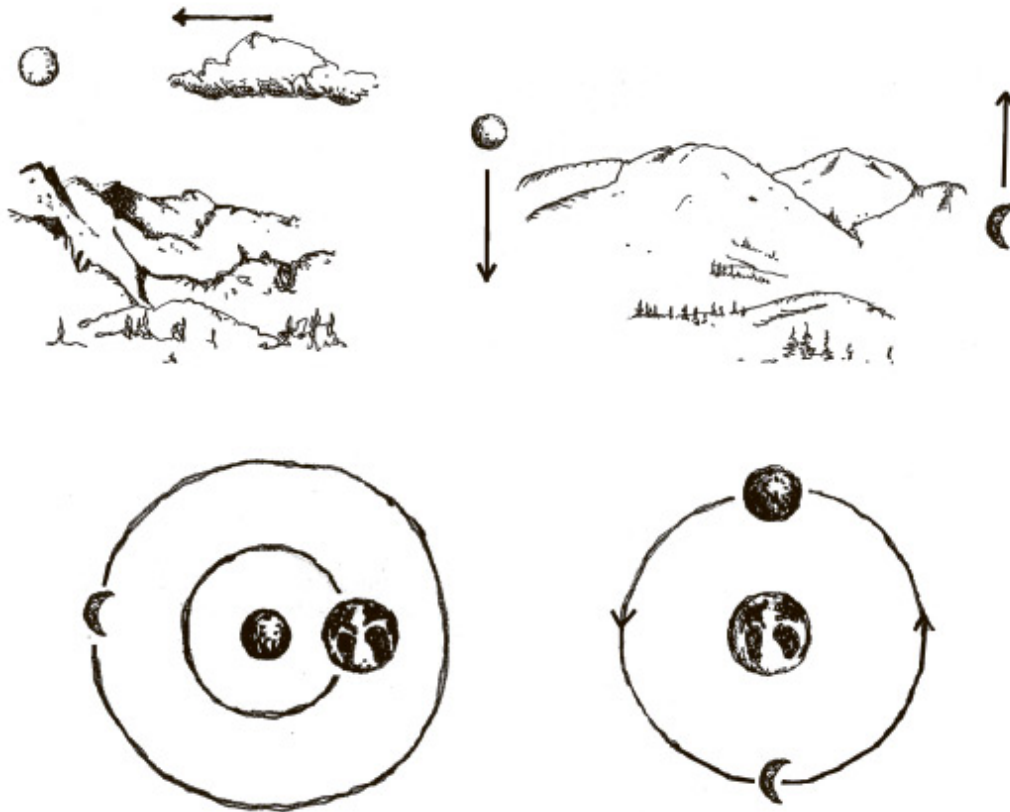


Рис. 6.4. Прежде чем узнать, что Земля вращается вокруг своей оси, дети придумывают альтернативные объяснения цикла дня и ночи в зависимости от того, воспринимают они Землю как плоскость (вверху) или как шар (внизу)

Прогресс в понимании смены дня и ночи явно прослеживается в ответе на простой вопрос: что такое день?^[168] Исследователи, задававшие его детям с первого по восьмой класс, пришли к выводу, что в начальной школе определения обычно связаны с деятельностью, характерной для дневных часов: «день — это когда не спишь» или «день — это когда ходишь в школу и играешь». В таком возрасте как будто нет связи между восприятием дня и движением небесных тел. В средних классах вероятность появления таких связей выше, так как день определяется с точки зрения процессов, которые его вызывают. Как объяснил один тринадцатилетний школьник, «день — это полный оборот Земли, то есть на триста шестьдесят градусов. День длится двадцать четыре часа. В году триста шестьдесят пять дней. Год — это когда Земля полностью обходит вокруг Солнца».

Умение подростков дать такое определение довольно примечательно с исторической точки зрения. Человечеству потребовались тысячи лет, чтобы открыть, что Земля имеет форму шара, а затем еще сотни лет, чтобы понять, что Земля движется. Сегодня большинство детей узнаёт об этом в первые десять лет своей жизни. Скорость усвоения этого знания, однако, не должна умалять его сложности.

Чтобы понять, почему Солнце восходит и заходит и почему в году триста шестьдесят пять дней, нужно осознать три фундаментальных принципа. Сначала ребенок должен уяснить разницу между Землей как планетой и землей как поверхностью и понять, что Земля — это не плоскость, а шар. Затем он должен усвоить, что движение Земли совсем не такое, как мы его воспринимаем. Он должен узнать, что Земля постоянно вращается вокруг своей оси и вокруг Солнца, а не находится в состоянии покоя. Наконец, ему нужно почувствовать разницу между взаимосвязями Земли с Солнцем и Земли с Луной. Луна вращается вокруг Земли, а вокруг Солнца вращается сама Земля. Разобраться во всем этом нелегко. Это намного сложнее, чем заучить столицы государств и таблицу умножения, так как для этого нужно не просто запомнить информацию, но и осмыслить ее.

* * *

Узнав о ложных детских моделях мироустройства, вы можете возгордиться собственными познаниями в этой области. Но сможете ли вы объяснить космологические явления, за исключением смены дня и ночи? Например, приливы? Да, Луна оказывает гравитационное воздействие и притягивает земные океаны, но как конкретно это объясняет приливы? Почему, например, за один день происходит два приливных цикла, если Луна совершает оборот вокруг Земли почти за месяц? Знаете ли вы, почему Луна в течение месяца выпядит по-разному? (Подсказка: не потому, что ее то больше, то меньше закрывает тень Земли.) Почему на Земле меняются времена года? (Подсказка: дело не в том, что летом она ближе к Солнцу, чем зимой.)

Даже если вам кажется, что вы знаете правильные ответы, я все равно советую проверить себя в интернете. Например, большинство

людей считают, что знают причину смены времен года, хотя в реальности понимают это явление немногие. В одном из исследований примерно 90% недавних выпускников Гарварда утверждали, что времена года связаны с близостью Земли к Солнцу^[169]. В действительности же причина заключается в том, что земная ось наклонена на 23,4 градуса, поэтому во время вращения Земли вокруг Солнца количество солнечного света, падающего на Северное полушарие по отношению к Южному, меняется. (Это также объясняет, почему когда в Северном полушарии лето, в Южном — зима, и наоборот.) Расстояние от Земли до Солнца действительно меняется в течение года, но меньше чем на 4%, что мало влияет на среднесуточную температуру.

Основанные на близости к Солнцу толкования времен года очень популярны и довольно устойчивы. В одной работе ученые пытались скорректировать их у старшекурсников Дартмутского колледжа, преподавая им объяснение, связанное с наклоном^[170]. Ученые показывали в качестве наглядного пособия видеоролики, снятые НАСА для детей. Перед занятиями 8% студентов объясняли времена года наклоном оси, а 92% — близостью к Солнцу. После занятий — 10 и 90% соответственно. Видеоролик не возымел практически никакого эффекта. Хотя участники получили довольно много фактической информации — узнали точную форму земной орбиты и точный угол наклона земной оси, — это не обогатило их концептуальных знаний.

Может быть, ролики НАСА были не слишком удачными и поэтому ничему не научили студентов? Однако есть и другие причины полагать, что у взрослых есть глубоко укоренившиеся ошибочные представления о мироустройстве. В одном из исследований было обнаружено, что они часто даже не понимают по-настоящему, что Земля — шар^[171]. Студентам давали шесть городов — Берлин, Рио-де-Жанейро, Кейптаун, Сидней, Токио и Лос-Анджелес — и просили оценить расстояние между ними. Города расположены на разных континентах, поэтому пути между ними должны опутывать весь земной шар. Полученные оценки обрабатывали алгоритмом, который на их основе вычислял подразумеваемый радиус Земли.

Если участник хронически недооценивал расстояния, радиус получался меньше фактического (6371 километр), а если переоценивал — больше. Оказалось, что к ответам участников лучше всего подходит

бесконечный радиус, так как их оценки невозможно нанести на сферу любого размера. С геометрической точки зрения шар с бесконечным радиусом — это просто плоскость. Другими словами, в оценках расстояний между городами была заложена идеально плоская Земля, аналогичная ранним детским представлениям. Можно предположить, что плохое умение оценивать расстояние связано с популярностью двухмерных карт, но это тоже результат: к искажениям, неизбежным в двухмерных проекциях сферы, мы относимся как к истинному изображению евклидова расстояния.

Сам я впервые четко ощутил эти искажения в разговоре с соотечественницей во время поездки в Швейцарию. Я прилетел в Цюрих из Лос-Анджелеса, а она — с Аляски. Узнав о ее маршруте, я посочувствовал, что лететь ей пришлось гораздо дольше. «Отнюдь нет», — возразила она. Оказалось, что ее полет длился на два часа меньше. Дело в том, что самолет летел над Полярным кругом, а не через «нижние» 48 штатов, как я себе представлял.

Моя ошибка была простой, но она очень меня смутила. Мне не пришло в голову, что кратчайшее расстояние между Швейцарией и Аляской пролегает по верхней части глобуса. Были ли мои представления о географии так же оторваны от астрономии, как представления дошкольников о смене дня и ночи от их знаний небесных тел? Наверное, да. Истинную природу небесной системы нелегко уловить, иначе все отвергали бы изображения Солнечной системы, в которых Земля в два раза больше Солнца (она на самом деле в сто с лишним раз меньше), а расстояние между Землей и Луной всего вдвое меньше, чем расстояние между Землей и Солнцем (на самом деле Солнце расположено более чем в сотню раз дальше).

Мы не просто не отвергаем такие представления, но и даже не замечаем их ошибочность. Геометрически (и механически) точное восприятие Солнечной системы не приходит с теоретическим знанием о ее размерах и строении. Не помогают и поездки по самой Земле. Опыт легко подводит и детей, и взрослых, потому что астрономические явления нельзя в полной мере оценить с нашей перспективы. В качестве примера я люблю приводить комментарий на странице НАСА в Facebook. Под фотографией восхода Солнца на Марсе кто-то написал: «Понятия не имел, что у Марса есть свое

солнце». От такого заявления Коперник, наверное, в гробу перевернулся.

Глава 7. Земля

Почему континенты дрейфуют? Почему меняется климат?

Кажется, нет ничего более прочного и постоянного, чем земля под ногами. Но это иллюзия. Земля не всегда была там, где есть сейчас, и не останется на этом месте. Она родилась из расплавленной породы и когда-нибудь вернется в это состояние. Вопреки бытовому представлению, Земля не инертная и вечная, а постоянно движется и меняется^[172].

Когда четыре с половиной миллиарда лет назад сформировалась наша планета, она была расплавлена. Лишь после охлаждения жидкая поверхность затвердела, образовав прочную скальную породу. Затем поверхность раскололась на несколько массивных плит, которые геологи называют *литосферными*. Эти плиты скользят по слою горячего, вязкого вещества и постоянно разламываются, сливаются и сталкиваются, меняя в процессе форму земной поверхности. Даже сегодня эти плиты и находящиеся на них континенты движутся у нас под ногами, хотя их скорость настолько медленная, что без оборудованных лазерами спутников измерить ее невозможно.

Первым человеком, предположившим, что континенты движутся или, по крайней мере, двигались в прошлом, был картограф Абрахам Ортелий. В XVI веке он обратил внимание на то, что восточный берег обеих Америк странно напоминает западный берег Африки и Европы. В последующие столетия это наблюдение не раз повторяли, но не придавали ему особого значения вплоть до начала XX века, когда геофизик Альфред Вегенер использовал его в качестве одного из свидетельств дрейфа континентов. Теория Вегенера — это квинтэссенция триумфа доказательств над интуицией. Господствующее представление об исторически статичной земной поверхности было очень сильным, но доводы Вегенера были обширны и разнообразны^[173].

Во-первых, геологическая летопись указывает, что скальные образования на берегах разных континентов часто похожи друг на друга больше, чем на образования в глубине своих континентов.

Породы вдоль восточного побережья Южной Америки, например, напоминают образцы с западного побережья Африки, а не с других берегов Южной Америки. Это проявляется в отношении горных цепей, отложений угля и минералов. Геологические свойства как будто прерываются, столкнувшись с океаном, чтобы вновь появиться в тысячах километров.

Во-вторых, палеонтология свидетельствует, что области, которые теперь считаются тропическими и субтропическими (Южная Африка, Индия, Австралия), когда-то были покрыты ледниками, а сегодняшние арктические и субарктические зоны (Канада, Сибирь), согласно геологическим данным, в прошлом не были покрыты льдами. Если климат определяется близостью к земным полюсам, значит, эти области, видимо, поменялись местами.

В-третьих, геометрический анализ континентов — во многом повторяя выводы Ортелия, сделанные несколько веков назад, — указывает на то, что они подходят друг к другу. Центр глобальной мозаики образует Африка, на востоке она граничит с Евразией, на западе — с Южной Америкой, на севере — с Северной, а на юге — с Антарктидой и Австралией.

Кроме геологических данных, Вегенер привлек яркие свидетельства из биологии. К началу XX века зоологи обнаружили несколько видов животных, живших на географически изолированных массах суши. Лемуры, например, сегодня обитают только на Мадагаскаре — острове у восточного побережья Африки, однако их ископаемые останки были найдены в Индии, отделенной от Мадагаскара четырьмя с лишним тысячами километров океана. Чтобы объяснить, как лемуры попали из Индии на Мадагаскар, один зоолог выдвинул предположение, что когда-то эти места были соединены континентом, который впоследствии погрузился под воду. Он назвал его Лемурией^[174].

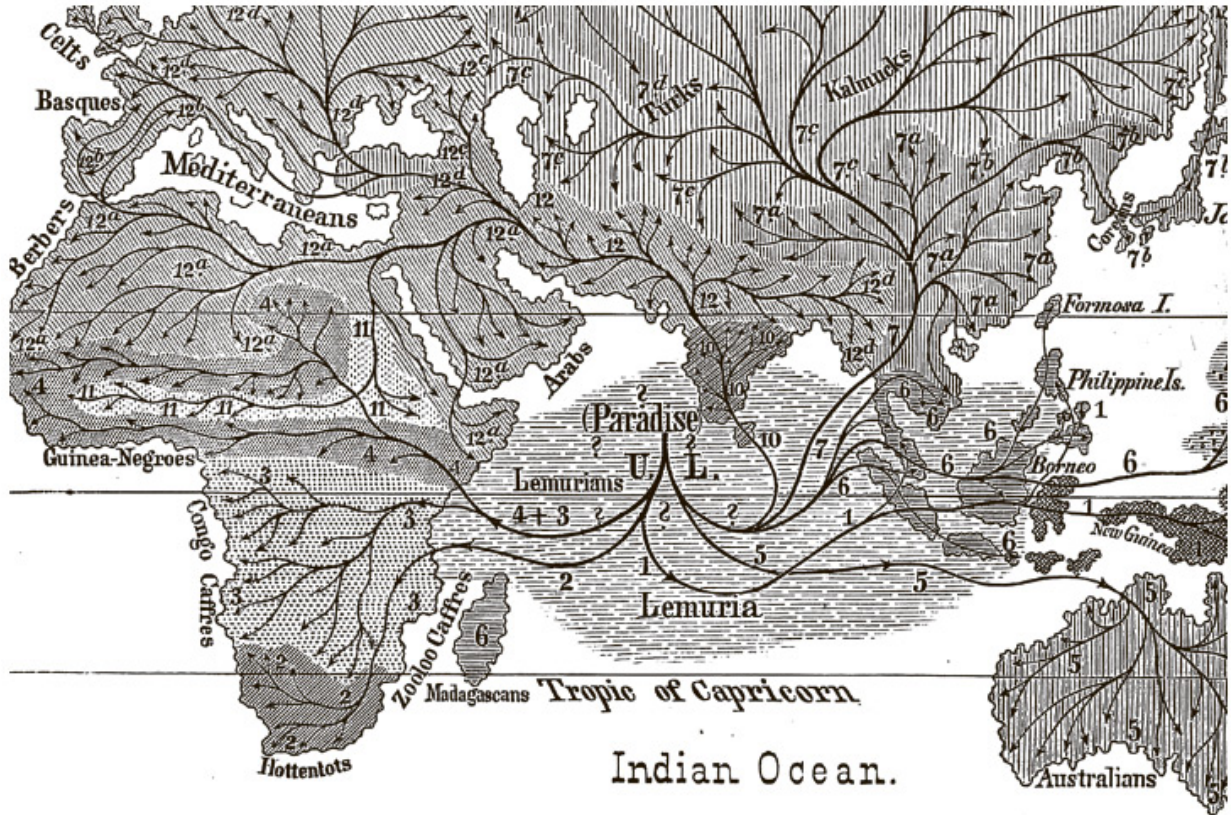


Рис. 7.1. Чтобы объяснить миграцию видов между разделенными водой континентами, биологи XIX века придумывали древние мосты-плиты. Один из них соединял Африку и Азию и был назван Лемурией в честь лемуров, которые должны были по нему перейти

Название Лемурия звучит причудливо и почти несерьезно, но для зоологии XIX века утонувшие континенты и перемычки были важной теорией. Если континенты неподвижны, без сухопутных мостов не объяснить, как животные одного рода и даже вида стали жить в отдаленных друг от друга уголках: в Северной Африке и Западной Индии (жуки), в Южной Африке и Южной Америке (земляные черви), в Южной Америке и Австралии (опоссумы). Теория перемычек была необходима и для того, чтобы объяснить, почему ископаемые останки вымерших видов — кембрийские трилобиты, пермские папоротники, триасовые ящеры — находят на противоположных берегах огромных, непреодолимых океанов.

Аргументация Вегенера была, в сущности, упражнением в подборе совпадений. Он показал: несмотря на то что континенты находятся в разных местах, их геологические, палеонтологические и

зоологические особенности подходят друг к другу. Важность этих данных ученый подчеркнул метафорой: «Это как сложить клочки газеты, чтобы подошли края, а потом проверить, подходят ли друг к другу строки^[175]. Если да, остается только предположить, что все сложено так, как было». Вегенер утверждал, что доказательств слишком много и они слишком разнообразны, чтобы быть случайностью. «Если бы для проверки была только одна строка [газеты], мы все равно сочли бы, что обрывки с большой долей вероятности сложены правильно. Но когда есть n строк, вероятность вырастает в n -й степени».

Но несмотря на все доказательства, Вегенер так и не дождался признания своей теории. Геологи скептически относились к ней не потому, что были убеждены в неизменности Земли. Они уже знали, что в начале своего существования наша планета была расплавленным шаром и внутри она до сих пор более горячая и жидкая, чем снаружи^[176]. Они знали и о том, что массы суши подвергаются эрозии и деформации, океаны когда-то покрывали большую поверхность, чем сейчас, а горы стоят там, где раньше их и в помине не было. Скорее, принять теорию Вегенера им было сложно из-за ее следствий.

Геологи начала XX века были готовы признать, что земная кора может «сморщиваться» — образовывать складки, — но не хотели соглашаться, что она может перестраиваться в радикально новые конфигурации. Каким образом целые континенты пробивают себе путь по твердому морскому дну?^[177]

Примерно в то же время, когда Вегенер обнародовал свою теорию, один из его современников Бейли Уиллис подытожил положение дел в этой области знания следующим образом: «Великие океанские бассейны — это неизменная черта земной поверхности. Со времен, когда собрались воды, они существуют там, где сейчас, лишь немного меняя свои очертания»^[178]. В той же статье, опубликованной в солидном журнале Science, Уиллис полностью отверг важность зоологических данных. «Если мы находим германскую фауну в Нью-Йорке и российскую — на западе Северной Америки..., о чем это свидетельствует? Только о том, что выживающие виды фауны оставались неизменными некоторый период у себя на родине и во время миграций. Либо эти вариации развивались из общего предка

схожим образом, так как в разных местах были одинаковые условия». Следовательно, они не заслуживают внимания геологов.

Другой геолог того времени, Роллин Чемберлен, отверг гипотезу Вегенера, заявив, что она «слишком вольная», «слишком свободно обращается с нашей планетой», «не связана с ограничениями и не привязана к неудобным, твердым фактам». По мнению Чемберлена, «если верить Вегенеру, придется забыть все, что мы узнали за последние 70 лет, и начинать заново»^[179].

Начать заново пришлось. Теория Вегенера пролила свет на явления, которые геологи того времени не смогли объяснить и изучали в течение следующих десятилетий. В процессе изучения гипотеза Вегенера, поначалу казавшаяся невероятной, стала правдоподобной. Были открыты срединно-океанические хребты, а значит, океанский бассейн — это не «постоянная черта земной поверхности», а податливое образование, которое может расширяться и сокращаться. Благодаря открытию магнитных полос на океанском дне выяснилось, что течения расплавленной породы в недрах Земли меняют магнитные свойства земной коры, образующей границы литосферных плит. За каких-то 40 лет теория Вегенера прошла путь от «необоснованной вольности» к образцовой истине, по крайней мере для ученых. Однако обычных людей теория Вегенера смущает по сей день. Мысль, что мы живем на дрейфующих, деформирующихся плитах, принять еще сложнее, чем то, что мы живем на вращающемся и крутящемся шаре, о чем сообщалось в предыдущей главе.

* * *

Профессиональные геологи времен Вегенера много знали о геологических процессах и геологической истории планеты. Если даже они неохотно принимали дрейф континентов, не стоит удивляться, что привить эту идею неспециалистам еще труднее. Наши наивные представления о Земле гораздо менее динамичны, чем представления современников Вегенера. Мы считаем ее, в сущности, инертной скалой, твердой и вечной. Чтобы принять дрейф континентов, придется от восприятия Земли как статичного объекта, подверженного редким небольшим изменениям (например, сдвигу береговой линии и эрозии

гор), перейти к восприятию ее как динамичной системы, характеризующейся постоянными крупными изменениями (например, погружением в воду масс суши и столкновением целых континентов).

На протяжении последних нескольких десятилетий стало ясно, что студенты, занимающиеся науками о Земле, не выносят с этих курсов современное понимание о строении и тектонике планеты, а, скорее, сохраняют наивное представление о ее статичности. Масштабное исследование показало, что преподавание таких дисциплин практически не влияет на ложные представления в этой области^[180]. В исследовании участвовало 250 студентов, посещавших какой-либо из 43 курсов в 32 колледжах. До и после обучения все они прошли тест на понимание геологического времени, тектоники плит и внутреннего строения Земли.

До обучения студенты в среднем правильно отвечали на восемь вопросов из девятнадцати. После обучения — на девять. Результаты были такими же независимо от того, учились студенты в колледже, государственном или частном университете, посещали ли они занятия по физической геологии, исторической геологии или по каким-то более специализированным курсам, например геологии для инженеров. Особенно разочаровывает, что сильнее всего прогноз конечного результата коррелировал не со специализацией, типом учебного заведения и предметом, а с результатом предварительного тестирования. Таким образом, студенты как будто вообще ничему не научились.

Отчасти проблема в понимании геологических процессов, в том числе дрейфа континентов, вызвана тем, что связанные с ними явления незаметны невооруженному глазу и обычному человеку просто неизвестны. Лишь немногие знают, что ископаемые одних и тех же биологических видов найдены на отдаленных континентах или что скальные образования на разных континентах подходят друг к другу по размеру и структуре. Но даже узнав об этом, мы не стремимся получить объяснение с таким рвением, как в случае более ярких явлений — замерзания, падения, кипения и сгорания, которые мы рассматривали выше. Геологические теории считаются скорее любопытными фактами, а не объяснением. Мы усваиваем их в отрыве от феноменов, которые они призваны раскрыть.

Возьмем, например, распространенное ложное представление о тектонике плит, описывающей несколько видов масштабных изменений земной коры^[181]. Многие студенты вообще не связывают плиты и кору и предполагают, что они расположены слоями в глубине Земли или образуют щит вокруг расплавленного центра Земли. Если студенты признают, что плиты неразрывно связаны с поверхностью, они часто считают, что плиты движутся не латерально, как на самом деле, а вертикально (поднимаются и опускаются, как при землетрясении) или вращаются вокруг оси, расположенной в центре плиты.

А теперь подумайте о геологических явлениях, которые человек может испытывать: землетрясениях, извержениях вулканов, цунами и гейзерах. Понять их причины нужно не из праздного любопытства. Эти явления мощные и смертоносные, и необходимо знать, почему они происходят. Однако объяснить их непросто. Они включают целый ряд причинных связей, выходящих далеко за пределы самого события и по времени, и в пространстве.

Посмотрите (с безопасного расстояния) на извержение типичного вулкана. Этот процесс состоит как минимум из восьми этапов:

- 1) литосферные плиты движутся;
- 2) движение вталкивает одну плиту под другую;
- 3) между сталкивающимися плитами возникают давление и трение, и они нагреваются;
- 4) порода внутри плит начинает плавиться;
- 5) плотность расплавленной породы — *магмы* — ниже, чем окружающей породы, поэтому она поднимается вверх;
- 6) поднимающаяся магма накапливается в подземных полостях;
- 7) окружающая полости порода слабеет и трескается;
- 8) давление в полости нарастает и в конце концов выталкивает магму через трещины на поверхность.

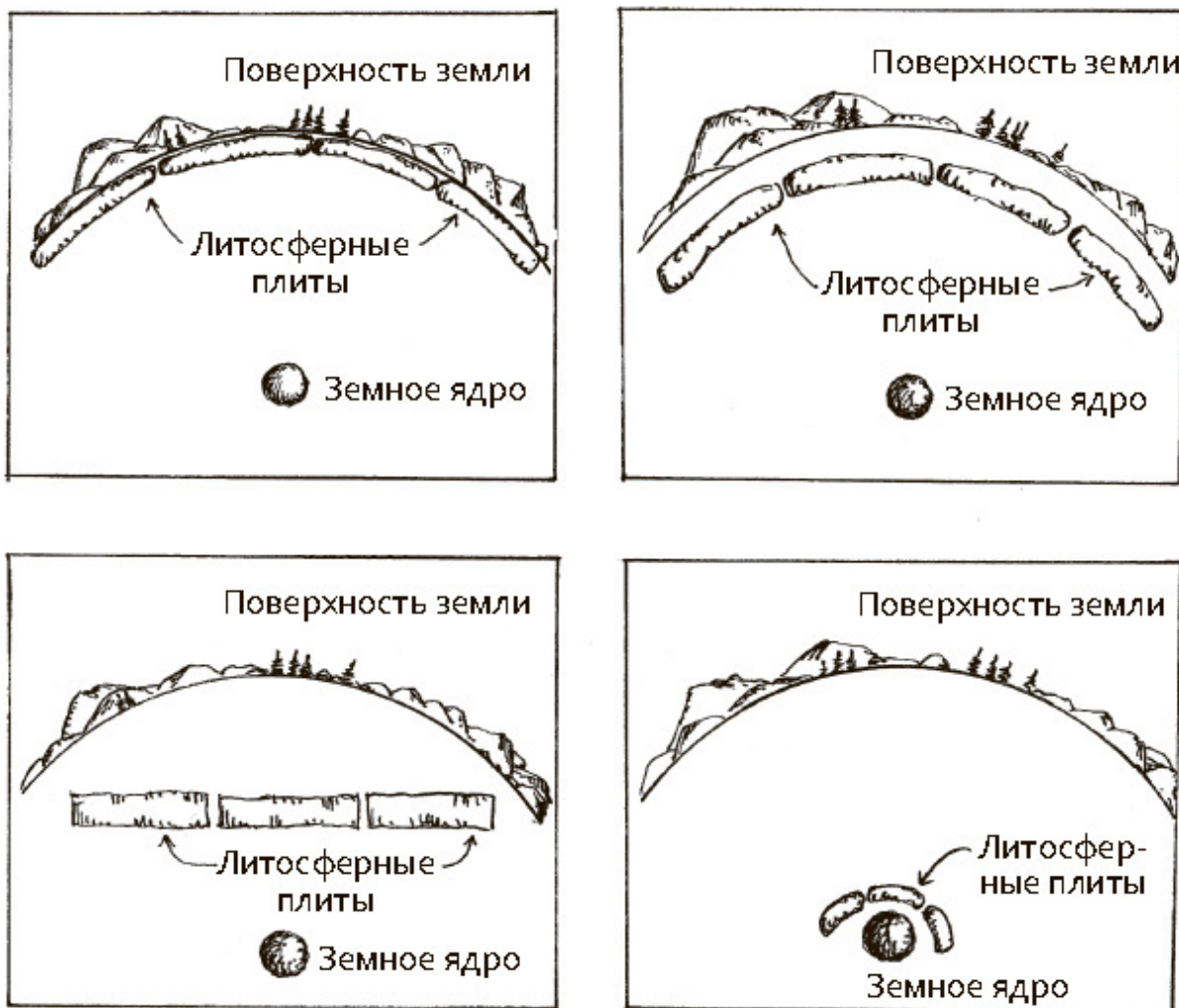


Рис. 7.2. Студентам-геологам сложно понять, что поверхность нашей планеты сложена из литосферных плит (слева вверху). Они часто предполагают, что плиты лежат где-то внутри Земли (остальные изображения)

Сложить все эти события в причинно-следственную цепочку непросто. В одном из исследований ученые объясняли группе студентов, в какой последовательности происходят извержения, а затем просили описать ее в сочинении на тему «Почему произошло извержение вулкана Сент-Хеленс»^[182]. В среднем студенты вспоминали лишь три события из восьми.

Число событий, о которых рассказывали студенты, было неодинаковым: некоторые помнили всего одно, другие — целых шесть. Эти различия не случайны. Участники с развитыми зрительно-

пространственными навыками — измеренными независимо с помощью заданий на отслеживание движущихся предметов — запоминают и включают в свое понимание извержения больше геофизических событий. Такая закономерность сохраняется, даже если учебные материалы снабжены иллюстрациями, исключая необходимость строить психические образы. Для понимания геофизических процессов нужно не просто их представить, но и интегрировать в цепочку взаимодействий. Геофизические системы очень динамичны, а обучение им требует динамичного мышления.

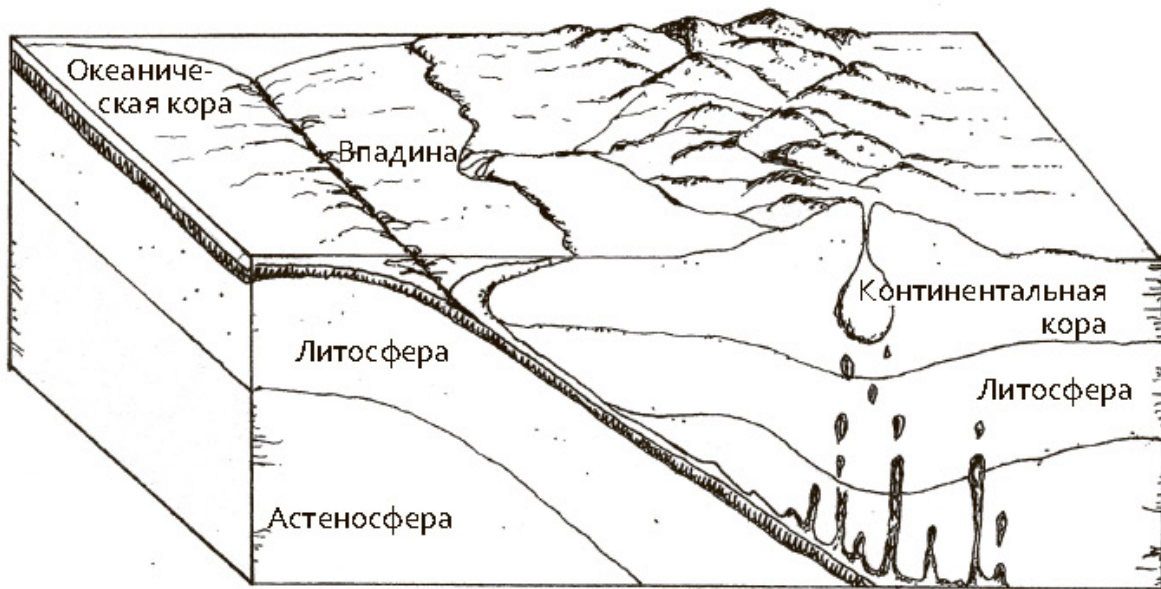


Рис. 7.3. При столкновении плит одна из них заползает под другую, и порода в нижней плите под действием высоких температур начинает плавиться. Магма, насыщенная газами, поднимается к земной коре и накапливается в магматических камерах

* * *

Другая особенность наук о Земле, из-за которой сложно понять геофизические системы, — это колоссальные временные рамки. Можно плядеть на камни на берегу моря и понимать, что они в конце концов рассыпаются в песок, но почувствовать это инстинктивно — непросто. Геологи называют время, присущее геологическим событиям, *глубоким*, чтобы отличать его от времени, которое

непосредственно доступно человеку. «Глубокое» время отличается от «живого», как галактики от атомов, но эту разницу мы часто не улавливаем.

Спросите себя: почва времен динозавров — это та же самая почва, которую можно увидеть вокруг? Нет, ни в коем случае. Но этот вопрос, возможно, заставил вас на секунду задуматься. Если это не та же самая почва, то откуда она взялась? И куда делась почва эпохи динозавров?

Интуиция подсказывает, что почва — это и есть почва. Она вечна, как сама Земля. Это представление мы передаем детям. Как объяснил один пятиклассник в беседе со специалистом-геологом, «может быть, грязь живет так долго, потому что... [человека] можно убить и все такое, он может просто умереть. Растение кто угодно может расплющить, дерево можно срубить. А грязь такая маленькая, что никому не захочется что-то с ней делать. А если и сделают, ничего серьезного не произойдет. Грязь просто нельзя убить. Она просто будет всегда»^[183].

Но, как ни странно, ни грязь, ни почва не вечны. Их развеивает ветер, смывают дожди и потоки, соскребают ледники, покрывает неорганическое вещество (песок, сажа, пыль) и органические соединения — гниющие трупы животных, разлагающиеся растения. Их поднимают вверх землетрясения, погребают под собой оползни, они преобразуются в глубине земли. Динозавры вымерли 65 миллионов лет назад, и за это время почва давно изменилась. Однако такие изменения редко происходят у нас на глазах. Человеческая жизнь на порядки короче, чем продолжительность большинства геологических событий, поэтому нам сложно связать геологические образования — почву, горы, острова, каньоны — с породившими их древними процессами.

Чарльз Дарвин был одним из первых, кто отметил сложность понимания таких процессов. В «Происхождении видов» он писал: «Мы всегда неохотно допускаем существование великих перемен, ступени которых мы не в состоянии уловить. Эта трудность совершенно сходна с той, которую испытывали геологи, когда Лайель впервые утверждал, что длинные ряды внутриматериковых скал и глубокие долины являются результатом деятельности факторов, которые мы и теперь еще видим в действии. Наш разум не может охватить полного смысла выражения “миллион лет”; он не может суммировать и осознать конечный результат многочисленных незначительных вариаций,

накапливавшихся в течение почти безграничного числа поколений»^[184]. Дарвин сосредоточился на изменениях в биологическом мире, которые разворачивались на протяжении больших отрезков времени, как и геологические изменения. Посмотрите на следующие вехи эволюции. Сможете ли вы упорядочить их от более древних к менее древним?

- Появление гоминидов
- Появление жизни
- Появление млекопитающих
- Появление приматов
- Появление позвоночных

Это не слишком сложное задание. Последовательность событий довольно очевидна. Жизнь в целом должна появиться раньше, чем живые существа с позвоночником, позвоночные — раньше теплокровных позвоночных (млекопитающих), млекопитающие — раньше, чем способные хватать, живущие на деревьях млекопитающие (приматы), а приматы — раньше ходящих на двух ногах приматов (гоминидов). Теперь вопрос посложнее: какое из этих событий произошло приблизительно 200 миллионов лет назад?

Если вы похожи на большинство людей, вы выберете либо появление позвоночных, либо зарождение самой жизни. Однако оба этих события произошли гораздо раньше — 525 миллионов лет назад и 3,8 миллиарда лет назад соответственно. Двести миллионов лет назад появились млекопитающие, но большинство людей считают, что с того момента прошло всего 10 миллионов лет^[185]. Они ошибаются на целый порядок. То же самое происходит с оценкой многих других древних событий — образования Земли и Луны, появления рыб и деревьев, вымирания динозавров и мамонтов^[186].

Динозавры — особенно досадный пример. Они вымерли примерно 65 миллионов лет назад^[187]. До появления современного человека 200 тысяч лет назад должно было пройти 912 тысяч человеческих поколений, и тем не менее миллионы американцев верят, что люди и динозавры когда-то сосуществовали. Эту веру отчасти подпитывают популярные изображения жизни людей вместе с динозаврами в литературе («Затерянный мир», «Денни

и Динозавр»^[188]), мультфильмах («Флинстоуны», «Денвер — последний динозавр») и кинематографе («Миллион лет до нашей эры», «Хороший динозавр»). Люди и динозавры теоретически могут сосуществовать в будущем, если мы их клонируем, как в «Парке юрского периода». Однако в прошлом человечество никогда не жило на планете вместе с динозаврами.

Одни из самых стойких сторонников мифа о сосуществовании людей и динозавров — это креационисты, люди, верящие, что человек и все остальные организмы не возникли в ходе эволюции, а были созданы Богом в современной форме.

В Музее креационизма в Питерсбурге (штат Кентукки) есть даже макет трицератопса с седлом, и детям предлагают на нем покататься. Креационисты утверждают, что люди и динозавры сосуществовали, так как это позволяет им объяснить, откуда взялись ископаемые останки динозавров в мире, который люди непрерывно населяют с момента создания (точнее, с шестого дня Творения).

Религия накладывает на геологию много ограничений: о возрасте и происхождении Земли, о ее месте в космосе. Однако утверждение, что люди жили вместе с динозаврами, вероятно, самое странное. Проще было бы отрицать существование динозавров как таковых. Поначалу креационисты так и поступали, но в современном мире это было бы смертным приговором движению.



Рис. 7.4. Динозавры вымерли почти 65 миллионов лет до появления человека, и тем не менее популярная культура часто изображает их вместе с людьми

Динозавры и их ископаемые останки заняли слишком прочное место в популярной культуре, и даже самые религиозные люди не могут отрицать их реальности. С динозаврами приходится мириться, по-новому интерпретируя их. Одна из таких интерпретаций — страница из детской раскраски — вызвала волну оживления в интернете. На картинке изображен Иисус верхом на тираннозавре. Подпись гласит: «Известно, что динозавры пережили потоп на Ноевом ковчеге. Катался ли на них Иисус, мы не знаем. Но вполне может быть, что катался!» Мысль, что Иисус мог оседлать тираннозавра, нелепа, но не менее нелепа и мысль, что древние люди ездили на трицератопсах.

Осознавать Землю динамичной системой, меняющейся со временем (глубоким), крайне важно не только для понимания геологии и экологии, но и для понимания климата. Сейчас совершенно ясно, что климат на Земле меняется в результате деятельности человека и что механизмы этих изменений очень сложны и взаимосвязанны^[189]. В атмосферу выделяется углекислый газ и другие парниковые газы в беспрецедентном масштабе, так как люди сжигают богатое углеродом ископаемое топливо — уголь, нефть и природный газ. Углекислый газ улавливает инфракрасное излучение (низкоэнергетическую форму света) и замедляет охлаждение атмосферы, тем самым повышая температуру Земли.

Повышенная температура инициирует целый каскад метеорологических явлений. Полярные льды тают, поднимая уровень океана и меняя океанские течения. В свою очередь, последние определяют региональные погодные закономерности, из-за чего полярные области становятся еще холоднее, а экваториальные — жарче. Изменение погоды влияет на распределение дождей, приводя к засухам в одних регионах и наводнениям в других. Прибрежные регионы особенно уязвимы для затопления из-за повышения уровня океана вкупе с мощными тропическими штормами. Таким образом, изменения климата отражаются на множестве систем: океанах, ледниках, течениях, ветре, уровне моря, давлении воздуха, осадках.

С точки зрения обывателя, все проще. Климат считается синонимом погоды, а изменения климата — это просто более жаркая погода^[190]. Климат с погодой постоянно путал сенатор от республиканцев Джеймс Инхоф. Однажды он принес в Сенат снежок, чтобы доказать, что глобальное потепление — это вымысел. «Нам постоянно рассказывают, что 2014 год — самый теплый за всю историю измерений, — заявил он. — Знаете, что это такое? Это снежок с улицы. Там очень, очень холодно»^[191]. Этой выходкой он явно хотел доказать, что раз сегодня не необычно тепло, значит, и климат планеты не стал жарче.

Погоду смешивает с климатом не только Инхоф. Было доказано, что в жаркие дни с фактом изменения климата согласно большее число людей, чем в холодные. В одном из исследований людей спрашивали, насколько они уверены в существовании глобального потепления и насколько их лично беспокоит эта проблема. Затем результаты опроса

сопоставляли с погодой в день проведения и вычисляли отклонения между среднесуточной температурой и исторической средней. Оказалось, что люди, отвечавшие на вопросы в более теплые дни, были сильнее уверены в глобальном потеплении и сильнее беспокоились на этот счет. Участников исследования также просили пожертвовать какую-то сумму благотворительной организации, занимающейся борьбой с глобальным потеплением (Clean Air-Cool Planet), и размер этих взносов тоже зависел от погоды. Чем жарче день, тем больше денег участники были готовы дать.

То же самое наблюдается в гораздо большем масштабе^[192]. Американские агентства исследования общественного мнения, например Gallup, Harris, ABC/Woods Institute и Pew Center, измеряют согласие с фактом изменений климата почти 20 лет. В целом оно растет, но по-прежнему сильно колеблется от опроса к опросу. Эти колебания связаны с погодой. Если опрос проходит в необычно теплый год, люди более склонны отвечать, что климат меняется. Тот же фактор влияет на освещение изменений климата в СМИ. Если год выдался жарким, в редакторских статьях и мнениях на тему климата, публикуемых в крупных американских газетах, чувствуется большая озабоченность, чем когда погода прохладнее обычного. Колебания погоды слабо связаны с изменениями климата, и тем не менее они важная причина, по которой эти изменения вызывают беспокойство.

В каком-то смысле смещение погоды и климата не слишком важно, учитывая, что жарких дней все больше, чем холодных, а значит, обеспокоенность изменениями климата будет повсеместной. Плохо то, что наивные представления в этой области ведут к столь же наивным решениям. Прежде всего, многие люди просто не верят, что человек как-то влияет на климат, и поэтому отказываются что-то делать. Это заблуждение мы еще рассмотрим в данной главе. Другие признают, что изменения климата связаны с человеком, но не понимают — каким образом. Зачастую связь человека с окружающей средой представляется излишне упрощенно, как противопоставление «зеленой», «экологической» деятельности действиям, которые считаются вредными для среды. Мы часто слышим, что надо перерабатывать отходы, сажать деревья, выключать свет, подбирать мусор и ездить на работу на велосипеде, а водить машину, долго стоять

под душем, пользоваться пестицидами, сливать химикаты в океан и распылять аэрозоли — вредно для природы^[193].

Все, что каким-то образом влияет на окружающую среду, воспринимается как связанное с изменениями климата, хотя некоторые факторы, например мусор, пестициды и аэрозоли, не имеют к ним отношения, по крайней мере не связаны непосредственно. Кроме того, одни действия влияют на климат больше других, хотя нас не слишком заботит эта разница. В частности, транспорт, по некоторым оценкам, дает 14% выбросов углекислого газа, а отходы — всего 4%. При этом люди намного охотнее решают проблему отходов (меньше покупать и больше утилизировать), чем проблему транспорта (пользоваться общественным транспортом и меньше летать на самолетах), даже если признают, что решить последнюю важнее^[194].

Жертвовать привычкой к комфорту передвижения слишком неприятно, поэтому многие предпочитают заниматься самообманом и считать, что если не выбрасывать мусор в одно ведро, то можно спасти планету. Это не так. Точнее, этого мало. Поведенческие изменения, необходимые для уменьшения глобального потепления, изменят нашу жизнь не меньше, чем последствия бездействия. Подсознательно мы это понимаем, но не хотим признавать явно, предпочитая отрицать серьезность проблемы и даже ее существование.

* * *

Американское общество глубоко разделено по вопросу изменений климата^[195]. Примерно 16% американцев крайне обеспокоены проблемой глобального потепления, 29% озабочены ею, 25% считают, что нужно проявлять осторожность, 9% равнодушны к теме, у 13% проблема вызывает сомнения, а 8% ее отвергают полностью. Климатологическое сообщество называет эти группы «шестью Америками». Размеры этих групп почти неизменны с 2008 года по настоящее время, несмотря на резкое увеличение объема доказательств в пользу глобального потепления и активное обсуждение этой темы в обществе.

Шесть Америк отличаются друг от друга не только мнением о климатических изменениях, но и убеждениями в отношении климата в

целом. «Крайне обеспокоенный» конец спектра с большей вероятностью, чем «отрицающий», считает, что:

- 1) глобальное потепление имеет место,
- 2) с его существованием согласно большинство ученых,
- 3) оно вызвано деятельностью человека,
- 4) оно должно вызывать беспокойство,
- 5) оно вредно,
- 6) оно повлияет на будущие поколения,
- 7) его можно уменьшить, предприняв правильные действия.

С демографической точки зрения шесть Америк довольно похожи: эти группы мало отличаются по возрасту, доходам, половой и расовой принадлежности. Молодой, обеспеченный мужчина латиноамериканского происхождения может отрицать глобальное потепление с той же вероятностью, что и пожилая, небогатая белая женщина. Делит шесть Америк религия и политика. «Крайне обеспокоенные» люди более либеральны в своих религиозных и политических воззрениях, в то время как «отрицающие» более консервативны.

Очевидно, что на отрицание климатических изменений влияют глубоко укоренившиеся и комплексные социологические факторы^[196]. Но играет ли значимую роль восприятие? Понимают ли люди, что именно они отрицают? Судя по исследованиям, проведенным группой психолога Майкла Ренни, не понимают^[197]. Из сотен опрошенных американцев лишь немногие могли объяснить причины глобального потепления: парниковые газы упоминали всего 15%. Затем Ренни давал участникам краткое — длиной четыреста слов — описание химических и физических механизмов климатических изменений и оценивал, как полученная информация влияет на связанные с климатом убеждения. Сам Ренни так подытожил предложенную информацию: «Земля трансформирует энергию видимого солнечного света в энергию инфракрасного излучения, которое покидает планету медленно, потому что поглощается парниковыми газами. Поскольку люди производят парниковые газы, Земля отдает энергию еще медленнее, и ее температура растет».



Рис. 7.5. Механизмы глобального потепления знакомы лишь немногим. После обучения люди чаще соглашаются, что потепление — реальная проблема

Эта информация дала два результата. Во-первых, взгляды на природу глобального потепления становились точнее и эффект сохранялся как минимум несколько недель. Во-вторых, участники чаще соглашались с фактом глобального потепления независимо от своих политических взглядов. Даже консервативно настроенные люди были более склонны признать реальность этого явления, узнав о его причинах (хотя и незначительно — политические шоры держатся крепко).

Другой род информации, повышавший согласие с фактом глобального потепления и климатических изменений в целом, касался научного консенсуса по этим вопросам. Когда людей просили предположить, какая доля ученых разделяет мнение, что вызванное деятельностью человека выделение углекислого газа вызывает изменения климата, они обычно отвечали, что 60–70%. Это намного

меньше, чем на самом деле (97%). Если кому-то, не знающему о текущем научном консенсусе, прямо сказать, что почти все ученые согласны с этим тезисом, он с большой долей вероятности сразу пересмотрит свои взгляды и согласится с утверждением, что «выделение углекислого газа в результате деятельности человека вызывает изменения климата»^[198].

Информация о консенсусе мощно влияет на наши взгляды о климатических изменениях по той же причине, по которой наши предпочтения в отношении одежды и еды формируются тем, что носят и едят другие люди, — давлением коллектива. Люди — социальные существа. Нас глубоко заботит мнение окружающих, мы сверяем с ним собственные убеждения и взгляды. Особенно мы чувствительны к информации о консенсусе по эмпирическим вопросам, поскольку истолковываем его как критерий истины. Чем популярнее нам кажется убеждение, тем более мы склонны его разделять^[199].

Информация о консенсусе влияет не только на представления о климатических изменениях, но и на стремление изменить ситуацию. В одном из исследований участников спрашивали, кто должен заниматься вопросами глобального потепления: местное самоуправление, штаты, государство, корпорации, другие организации^[200]. Их также просили ответить, поддерживают ли они связанные с климатом инициативы, в том числе ограничение выбросов углекислого газа, требование использовать для производства электроэнергии обновляемые ресурсы, введение налоговых льгот для покупателей энергоэффективных транспортных средств и повышение налогов на бензин. Чем больше участники были убеждены, что глобальное потепление — бесспорный научный факт (так оно и есть), тем больше они считали, что общественные организации должны делать все возможное для изменения ситуации, а государство поощрять такие действия. Чем больше участников (правильно) соглашались с тем, что глобальное потепление — дело рук человека, тем чаще они считали его серьезной и неотложной проблемой, с которой люди могут справиться только сообща.

Таким образом, психологи выделяют два пути повышения осведомленности общества об изменениях климата: когнитивный — информировать о причинах, стоящих за этими процессами, и социальный — подчеркивать научный консенсус в этом отношении.

Оба пути эффективны, однако их не так часто используют для привлечения внимания к проблеме. Часто стратегии привлечения внимания направлены на то, чтобы вызвать чувство вины и перевести дискуссию в русло разговоров об ущербе и несправедливости. Землю представляют как жертву, которую нужно защитить от эксплуатации, а людей — как виновников, которым следует себя сдерживать. Пример такой риторики — обращение президента США Барака Обамы к народу по случаю Дня Земли в 2015 году: «В среду мы отмечаем День Земли. В этот день мы отдаем должное драгоценной планете, которую мы называем своим домом и которая нуждается в защите... У нас нет другой планеты. И спустя годы я хочу посмотреть в глаза детям и внукам и сказать, что мы сделали все, что могли, чтобы защитить ее»^[201].

Возможно, такая аргументация вызывает отклик на уровне эмоций, но вряд ли на уровне разума, потому что люди не воспринимают Землю как что-то уязвимое. Как можно повредить то, что кажется вечным? И почему из-за боязни испортить неуязвимое нужно вредить самим себе, отказываясь от удовлетворения потребностей и желаний, связанных с энергией? Эффективнее было бы — в дополнение к информированию о механизмах и консенсусе — принять восприятие Земли как вечного объекта и сделать акцент на том, что планете безразличны люди и что ее будущее от них не зависит. Геологические системы работали миллиарды лет до появления людей и продолжают работать в новых условиях, например при повышенном содержании углекислого газа в атмосфере и высоких глобальных температурах. Другой вопрос, как эти условия повлияют на наше собственное существование.

Этот реалистичный подход хорошо показан в мультфильме, который распространялся по интернету примерно тогда же, когда президент Обама выступал со своей речью. В нем люди извиняются перед Матерью Геей — олицетворением Земли — за свои разрушительные действия:

Человек: Мать Гея, я пришел, чтобы от имени всего человечества попросить прощения за уничтожение природы.

Гея: Ах, мои милые эгоцентричные люди. Природа приспособится. Что бы вы с ней ни делали, она просто

изменится и примет новые формы. Она и не такое выдерживала. Просто вы меняете ее настолько, что сами не сможете в ней жить. Вы убиваете не природу, а самих себя.

Человек: Что?!

Гейя: Вы сами себя изведете, и скучать по вам никто не будет.

* * *

Этой главой мы завершаем обсуждение интуитивных теорий физического мира. Следующие шесть глав будут посвящены миру биологии. Давайте кратко перечислим теории, которые мы рассмотрели:

1. Интуитивная теория материи, согласно которой материальные вещества целостные и дискретные, а не корпускулярные и делимые.

2. Интуитивная теория энергии, в которой тепло, свет и звук рассматриваются как вещества, а не как целостные (эмерджентные) свойства микроскопических элементов системы.

3. Интуитивная теория гравитации, в которой вес — неотъемлемое свойство предметов, а не соотношение между массой и гравитационным полем.

4. Интуитивная теория движения, гласящая, что сила передается предмету и приводит его в движение, а не является внешним фактором, меняющим движение тела.

5. Интуитивная теория Вселенной, согласно которой Земля — это недвижная плоскость, вокруг которой вращается Солнце, а не шар, вращающийся вокруг своей оси и вокруг Солнца.

6. Интуитивная теория строения Земли, по которой геологические структуры, например горы и континенты, вечны и неизменны, хотя в действительности они динамичны.

Мы формируем такие теории, потому что от рождения воспринимаем среду так, как это полезно для повседневной жизни. Но интуитивные теории не отражают истинных принципов функционирования мира. Мы воспринимаем материю с точки зрения тяжести и величины, а не веса и размеров. Мы воспринимаем тепловую энергию в категориях ощущения теплого и холодного, а не

собственно теплоты и температуры. Мы воспринимаем гравитацию как тянущую вниз, а не к центру Земли. Мы воспринимаем скорость как порождение силы, а не форму инерции. Мы воспринимаем Землю как плоскую поверхность, а не как гигантский шар, а геологические системы — с точки зрения дискретных событий, а не непрерывных процессов. Все такие искаженные представления ведут нас по ложному пути, когда мы строим теории о причинах природных явлений, они подталкивают проводить бессмысленные различия и не обращать внимания на эмпирически подтвержденные. Только научные теории раскрывают мир точно, вооружая нас верными, широко применимыми объяснениями и прогнозами.

Часть II. Интуитивные теории о биологическом мире

Глава 8. Жизнь

Что делает живое живым? Почему мы умираем?

Для ребенка смерть — это совсем не очевидное и неизбежное свойство жизни. Дети болеют, чувствуют боль, но не связывают это с физическим здоровьем. Для них это только психический дискомфорт. Непосредственный опыт мало говорит о лежащих в основе этих переживаний глубинных физиологических процессах. Дети живут в блаженном неведении, не подозревая ни о функциях организма, поддерживающих жизнедеятельность, ни о том, что эти функции когда-нибудь могут подвести. Они считают себя бессмертными.

Иллюзию бессмертия не способен разрушить один лишь самоанализ. Ребенок сначала должен осознать, что смертность — это черта внешней среды, что-то, касающееся других, и только после этого поймет, что смерть относится и к нему самому. Поэтесса Эдна Сент-Винсент Миллей описала это очень изящно: «...детство — это королевство, в котором никто не умирает».

Я довольно хорошо помню день, когда мой сын Тедди открыл для себя смерть. Ему было четыре с половиной года, и я повел его на выставку «Мумии мира» в Калифорнийском центре науки. На рекламных плакатах были изображены саркофаги и другие египетские древности, поэтому я решил, что экспозиция будет посвящена в основном египетским погребальным обрядам и мумии будут обернуты тканью.

Я ошибался. «Мумии мира» действительно были про мумий *мира*: про древних инков, оставленных в специальных пещерах, про древних кельтов, которых бросали в болота, про древних перуанцев, погребенных в песках, и древних венгров, нашедших покой в склепах. Мумии были показаны во всей своей иссушенной красе. Там были люди и животные (собаки и обезьяны), взрослые и дети. Были даже мумифицированные младенцы.

Увиденное явно смутило Тедди. Его представление о мумиях ограничивалось Хеллоуином и обернутой бинтами фигурой, которая гоняется за Скуби-Ду по заколдованному дому. Внутри нее явно

ощущался живой человек. Одна из первых мумий на выставке принадлежала ребенку. Тедди спросил, что это такое. Я объяснил, что это ребенок, который умер в сухом климате, благодаря чему сохранилась его кожа и волосы. Тедди, видимо, не понял, поэтому я сказал, что обычно люди после смерти превращаются в скелеты, но мумии на выставке умерли в особых условиях, и этого не произошло.

Когда Тедди переварил услышанное, его глаза широко раскрылись. «А я тоже умру и стану мумией?!» — воскликнул он. Я заверил его, что в мумию он не превратится, а потом повел к выходу мимо хихикающих посетителей — свидетелей детского откровения.

Следующие несколько месяцев Тедди регулярно поднимал тему смерти. Ему было интересно, почему человек умирает, можно ли как-то избежать смерти и куда попадают умершие люди. Спустя целых полтора года после встречи с мумией — Тедди тогда было уже шесть — у нас состоялся следующий разговор:

Тедди: Как выглядит бабушкина бабушка?

Я: Не знаю. Надо спросить у бабушки.

Тедди: А бабушкина бабушка умерла?

Я: Да.

Тедди: Ой, как жалко.

Я: Если бы она еще жила, ей бы сейчас было 130 лет. Все люди рано или поздно умирают.

Тедди: Все?! А почему?

Я: Такова жизнь.

Тедди: А люди умирают в Раю?

Я: Нет. Люди попадают в Рай уже после смерти. Во всяком случае, некоторые в это верят.

Тедди: А я тоже умру?

Я: [Пауза] Да... Но очень нескоро.

Мне, как родителю, очень хотелось сказать Тедди, что он никогда не умрет, что он особенный, что он отличается от всех остальных живых существ. Но как педагог я не хотел обманывать любознательного ребенка. Если бы Тедди спросил, движутся ли континенты и меняется ли климат Земли, я, безусловно, ответил бы утвердительно. Так почему я должен лгать о смерти?

В отличие от физических явлений биологические — смерть, старение, болезни, размножение, эволюция — несут эмоциональную нагрузку, которая вмешивается в процесс обучения. С одной стороны, родители и другие преподаватели рассказывают детям о биологии не так охотно, как о физике и других нейтральных темах. С другой стороны, сами дети более склонны искать ответы самостоятельно. В одном из исследований пятилетние малыши в два раза чаще спрашивали о биологических явлениях, чем о физических^[202].

Детям очень интересно, почему умерла бабушка и откуда взялась маленькая сестренка, и они требуют у родителей ответа. Если родители не идут навстречу, дети выдумывают собственные версии, основанные на психологии, знакомой им лучше всего^[203]. В конце концов, все биологические действия имеют и психологическую составляющую. Мы едим, чтобы дать организму топливо, но при этом едим, потому что голодны. Мы пьем не только для увлажнения организма, но и потому, что чувствуем жажду. Сон нужен для восполнения энергии, но засыпает человек, когда устает. Смерть — более трудный случай. Дети не имеют феноменологического опыта смерти, поэтому у них не получается привязать ее к чувствам и желаниям. Однако они знают два похожих на вид процесса: сон и путешествия.



Рис. 8.1. «Упокоился». Приукрашивание смерти — изображение ее в виде покоя и сна — утешает взрослых, но сбивает с толку детей, которые еще не поняли ее биологической сути

Сон, как и смерть, — это состояние, лишённое движений и чувств, а путешествие, как и смерть, убирает людей из нашей жизни. Более того, сами взрослые тоже говорят о смерти как о разновидности сна («вечный сон», «усопший», «навек закрыл глаза», «покойся с миром») или как о разновидности поездки («ушел из жизни», «покинул нас», «отправился на тот свет», «в мир иной»). Эти эвфемизмы прикрывают мрачную реальность. Можно ли винить ребенка, что ему сложно понять смерть, описываемую таким образом? Иногда нужно столкнуться с мумией, чтобы пробиться сквозь завесу слов и посмотреть смерти в лицо.

* * *

Чтобы понять смерть — прекращение жизни, — нужно сначала дать определение жизни. Что же такое жизнь? Биологи говорят, что это

по своей сути метаболическое состояние. Живые существа получают энергию из среды и используют ее для поддержания своего существования: движения, роста и размножения. Эти виды деятельности универсальны для всего живого и объединяют очень непохожих существ — водоросли, алоэ, крокодилов, антилоп — в единую категорию, делая их *живыми*.

При этом представители разных биологических царств выполняют одни и те же метаболические функции по-своему. Они по-разному черпают энергию из среды (путем фотосинтеза, поедания растений, поедания животных), по-разному растут (побегами, расширением, делением) и размножаются (распространяют семена, откладывают яйца, рожают детенышей). Из-за такого разнообразия ребенку сложно понять, что разные действия выполняют ту же роль в поддержании жизни. Именно поэтому дети сосредоточены на более поверхностном проявлении — самостоятельном движении. То, что движется само по себе, они считают живым, а то, что лишено этой способности, — лишенным жизни.

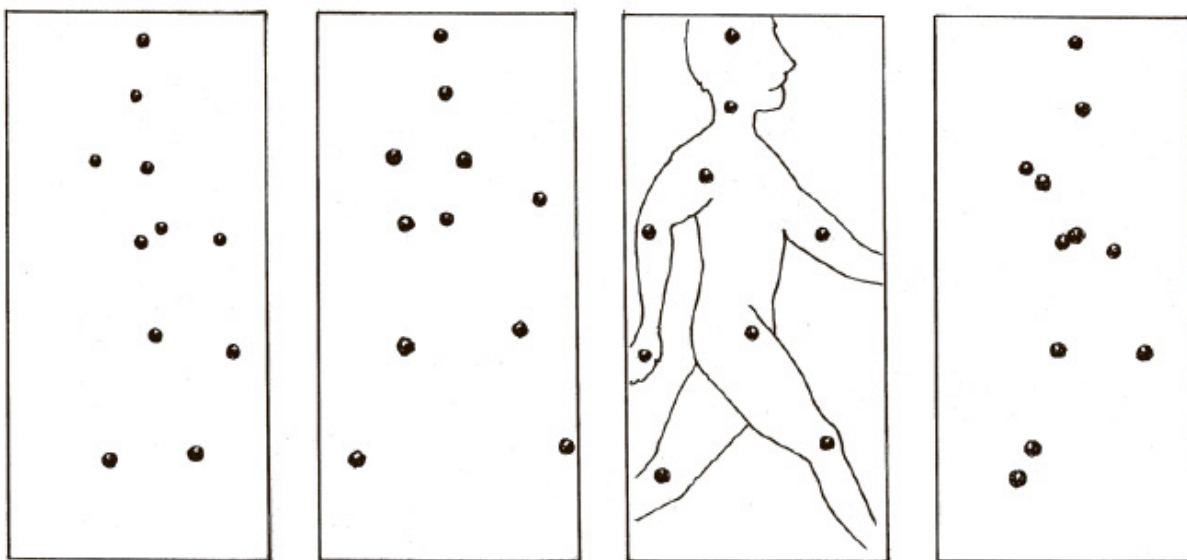


Рис. 8.2. Если показать младенцу движущиеся точки, он будет внимательнее смотреть на них в том случае, если их движения не случайны, а напоминают идущую фигуру

Внимание к самостоятельному движению проявляется уже в младенческом возрасте. Младенцы предпочитают не только

движущиеся предметы неподвижным, но и предметы, движущиеся органически (как животные), предметам, движущимся механически (как транспортные средства) и хаотично (как рой пчел). Эти предпочтения проявились в результатах экспериментов. Детям одновременно показывали два видеоролика движущихся предметов и следили за реакцией. В одном видео белые точки на черном фоне двигались так, как будто были прикреплены к суставам идущего человека. В другом видео то же самое скопление точек двигалось на том же фоне, но без какой-то определенной системы.

Оба видеоролика были сняты так, чтобы движения в физическом смысле было столько же^[204]. Тем не менее младенцы стабильно отдавали предпочтение точкам, которые ассоциировались с человеком. Это проявлялось даже через три дня после рождения, еще до того, как ребенок успел увидеть много ходящих людей, не говоря уже о том, чтобы начать ходить самому. Специфичная для живых существ схема движения притягивает их инстинктивно. Это имеет смысл с эволюционной точки зрения, поскольку объекты, которые умеют ходить (люди и животные), могут и взаимодействовать с нами: носить, кормить, мыть, кусать. Чем раньше мы обратим на них внимание, тем лучше.

Из-за врожденной чувствительности к биологическому движению маленькие дети считают жизнь синонимом способности самостоятельно передвигаться. Дошкольники полагают, что птицы, млекопитающие и рыбы живые, но не соглашаются, что живые цветы, кусты и деревья, ведь они не умеют двигаться. Иногда жизнь приписывают и неббиологическим по своей природе объектам, которые перемещаются сами по себе: тучам, рекам, пламени, Солнцу. Это было отмечено у детей в западных и восточных культурах, в индустриализированных и развивающихся странах^[205]. Во всем мире четырехлетние дети обычно считают, что Солнце живое, а подсолнечник нет.

В таком возрасте дети не уверены и в том, какие объекты выполняют биологические действия: едят, дышат, растут и размножаются. Дети знают, что это делают люди, но часто не приписывают эти свойства другим организмам. Проблема в том, что, как отмечалось выше, биологическая активность проявляется очень поразному. Но, кроме этого, дети не видят причин расширить эти

действия на другие живые существа: жизнь они воспринимают как способность самостоятельно передвигаться, а в основе биологических процессов, с их точки зрения, лежит психология.

Возьмем питание. Дети по своему опыту знают, что люди едят, и по наблюдениям — что едят некоторые животные. А как насчет животных, которые у них на глазах никогда не ели? Например, медуза? А бабочка? А червяк? Для ребенка вопрос о том, едят ли червяки, сводится не к потребности червяка в энергии, а к вопросу, чувствует ли он голод. Аналогично, чтобы ответить на вопрос о том, размножаются ли червяки, нужно задуматься не об их самовоспроизведении, а о том, есть ли в природе дети-червячки — маленькие, беспомощные, о которых заботятся мама с папой. Один четырехлетний ребенок на вопрос ученого о том, бывают ли у червяков дети, ответил отрицательно и настаивал, что «у червяков бывают *короткие* червяки»^[206]. А когда моей дочери Люси было три года, она утверждала, что у людей есть желудок, а у птиц — нет. Я спросил, куда же тогда у птиц попадает еда. Дочка задумалась, а потом и заявила, что «просто вниз».

То, что Люси не хотела наделять птиц желудком, очень характерно^[207]. Большинство дошкольников приписывает биологические черты нечеловеческим организмам только в том случае, если эти черты можно применить так же, как у людей. Чем больше организм похож на человека, тем выше вероятность, что ребенок согласится с наличием таких функций. Млекопитающие в этом смысле находятся в более выгодном положении, чем птицы и рыбы, птицы и рыбы — чем черви и насекомые, а черви и насекомые — чем цветы и деревья. Вирусы и бактерии вообще не рассматриваются в качестве кандидатов: к этому мы еще вернемся в одиннадцатой главе.

Эти ступеньки — от более похожих на людей существ к менее похожим — наблюдаются даже в том случае, если ребенка спрашивают о чертах, о которых он ничего не знает. Если сообщить дошкольнику, что в организме человека есть аппарат Гольджи, а потом поинтересоваться, у кого еще может быть такой аппарат, ребенок, скорее всего, согласится, что это самое «Гольджи» есть у собак, а не у червяков. (Аппарат Гольджи — это клеточная структура, участвующая в транспорте белков.)

Все меняется, если сказать, что новая черта есть у нечеловеческих организмов — например, что аппарат Гольджи есть в организме собак. Теперь дети уже не так склонны переносить эту особенность на другие организмы, в том числе на человека. Они отправляют информацию в карантин и считают, что она касается только собак. Другими словами, дети готовы обобщать биологическую информацию от человека к собаке, но не от собаки к человеку. Люди, таким образом, становятся «аристократией» биологического мира. Факты, которые дети узнают о людях, могут считаться верными и для других организмов, но не наоборот.

Такая асимметрия уменьшается по мере взросления, но даже в десятилетнем возрасте не все дети склонны переносить биологические черты от растений и на растения. Растения — это вообще камень преткновения при переходе от понимания жизни с точки зрения движения к ее метаболической трактовке. Самодвижущиеся, но при этом неживые сущности, например ветер и солнце, тоже загвоздка. Когда Тедди должно было исполниться семь лет, он удивил меня заявлением, что кактусы неживые. Я возразил, а затем устроил ему опрос на эту тему:

Я: Цветы живые?

Тедди: Да.

Я: Гриб живой?

Тедди: Да.

Я: Солнце живое?

Тедди: [Пауза] Нет. Правильно?

Я: Да, ты прав. А компьютер живой?

Тедди: Нет! Это ерунда.

Я: Робот живой?

Тедди: Да.

Я: Разве?

Тедди: Да, потому что он умеет ходить и разговаривать. И он может похитить твой мозг.

Я: А почему вообще что-то считается живым?

Тедди: Не знаю. Почему?

Я: Ну, живым существам нужна энергия и вода. А еще они производят отходы и размножаются.

Тедди: Что такое «размножаются»?

Я: Это значит, что у них бывают дети.

Тедди: А. [Пауза] Еще живые существа стареют.

Я: Правильно. Так ты по-прежнему думаешь, что робот живой?

Тедди: Нет, потому что роботы не стареют. У них нет легких и сердца. Да и двигаются они мало.

Обратите внимание, что Тедди, в ответ на мое описание действий, присущих живым существам, сам перечислил другие свойства: старение, наличие легких и сердца. А еще обратите внимание, что последняя мысль все равно была о движении, как будто то, что роботы не живые, означает, что они не могут самостоятельно двигаться.

Примерно в тот же период Тедди начал интересоваться загадками. Одной из его любимых была загадка, которую Голлум задал Бильбо Бэггинсу в «Хоббите»:

Без воздуха живет она
И, как могила, холодна,
В броню незвонкую одета,
Не пьет воды, но жажды нету.

Ответ — рыба. Эта загадка так захватила сына, потому что она совершенно противоречит интуиции. В рыбе свойства жизни проявляются совсем не так, как у человека. Кислород она получает из воды, а не из воздуха. Она не пьет, а получает влагу путем осмоса. Температура тела у нее колеблется. Загадка Голлума олицетворяла попытки Тедди разобраться в свойствах жизни. Если бы он столкнулся с ней раньше, сомневаюсь, что она нашла бы отклик в его душе. Он просто бы не увидел в ней смысла.

Переход от понимания жизни как движения к метаболическому определению дался Тедди непросто, как и другим детям. Дело в том, что для этого нужно сделать два взаимосвязанных открытия: во-первых, не все подвижные объекты живы, а во-вторых, не все живые существа движутся, по крайней мере так, чтобы это было видно невооруженным глазом. (Растения движутся самостоятельно, просто очень медленно.) Если бы Тедди контактировал с большим

количеством живых, но неподвижных на вид существ, ему, возможно, было бы легче отделить движение от жизни. Но сын, как и многие современные дети, был в значительной степени изолирован от мира природы. Он жил в городе, а городская жизнь не слишком способствует знакомству с биологией.



Рис. 8.3. Маленькие дети отождествляют жизнь со способностью к самостоятельному передвижению. Они правильно считают, что птицы живые, а горы неживые, но при этом ошибаются, полагая, что Луна живая, а деревья — нет

Понимание биологического мира действительно приходит к городским детям медленнее, чем к деревенским^[208]. Они дольше считают людей особыми с биологической точки зрения, обобщая информацию с человека на животных, но не в обратном направлении. Они более упрощенно рассуждают о биологических явлениях, утверждая, например, что болезни с большей долей вероятности распространяются между организмами одного семейства, живущими в разных средах (например, от белых медведей к пандам), чем между

разными семействами, живущими в одной среде (например, от белых медведей к песцам). Видимо, для здравых выводов на такие темы нужно изучать природу непосредственно.

Из этой закономерности есть примечательное исключение — городские дети, у которых есть домашние животные. Они чаще, чем не имеющие питомцев сверстники, наделяют биологическими чертами другие организмы и с большей долей вероятности считают людей заурядными в биологическом отношении, то есть видят у них ограничения, характерные и для других видов^[209]. Домашние животные помогают оторванным от природы детям сохранить связь с ней. Даже если к животному в семье относятся как к человеку — готовят для него вкусности и водят в салоны красоты, — оно все равно служит неоценимым напоминанием, что люди тоже животные.

* * *

Оттачивая определение жизни, дети уточняют и взгляды на то, что может умереть, а также на причины смерти. От восприятия смерти как разновидности поведения (сна или путешествия) они переходят к восприятию ее как прекращения биологического существования — конечной точке всех живых существ. Как метко выразился один мой друг, «лучшее, что можно услышать от врача, это что ты умрешь от чего-то другого»^[210].

Ученые несколько десятилетий изучали детские представления о смерти, оценивая понимание пяти биологических принципов^[211]:

- 1) смерть неизбежна,
- 2) смерть необратима,
- 3) смерть касается только живых существ,
- 4) смерть полностью прекращает биологическую активность,
- 5) смерть вызвана нарушением работы организма с последующей утратой жизненных функций.

Для проверки понимания первого принципа (неизбежность смерти) детей просили назвать живые существа и сказать, умрут они или нет. Интересно, что старшие дети обычно упоминали людей, а маленькие — нет. Знание второго принципа (необратимость смерти) оценивалось с помощью мысленного эксперимента: «Если человек

умер и его очень долго не хоронят, он может снова ожить?» Старшие дети утверждали, что не может, а маленькие иногда говорили, что может.

В третьем пункте (умирают только живые существа) детей просили сказать, что, по их мнению, *не* может умереть. Старшие упоминали только неживые предметы (мебель, одежду, инструменты), а младшие иногда включали в этот список и живое, и неживое. Четвертый принцип (прекращение биологической активности после смерти) оценивали вопросами, нужна ли умершим людям еда, вода и воздух, двигаются ли они, снятся ли им сны, ходят ли они в туалет. Старшие дети утверждали, что у мертвых всего этого нет, а маленькие иногда придерживались другого мнения.

Наконец, в пятом пункте (смерть вызвана утратой жизненных функций) нужно было перечислить причины, по которым человек умирает, и объяснить, почему это происходит. Маленькие дети обычно называли орудия убийства — ножи, пистолеты, яд, — но не могли сказать, почему все это вызывает смерть. Старшие дети давали объяснения («нож разрезает тело, и вытекает кровь») и включали в список ненасильственные причины, например рак и сердечные заболевания.

Понимание всех пяти принципов приходит не сразу. Сначала дети осознают, что смерть неизбежна (первый принцип) и необратима (второй). Через один-два года они начинают понимать, что смерть касается только живых существ (третий) и полностью прекращает биологическую активность (четвертый). Еще через несколько лет — что смерть вызвана утратой жизненных функций (пятый принцип).

Эта последовательность логична, если подумать, какую информацию детям нужно знать для усвоения каждого из принципов. В первом и втором пунктах достаточно понимать, что смерть — это навсегда и неизбежно, что-то вроде бесконечного сна или неизбежной поездки. При этом необязательно знать по-настоящему биологические факты о смерти. Следующие два принципа требуют более глубоких познаний в биологии. Дети должны уметь отличать живые существа от неживых и знать поддерживающие жизнь процессы, хотя знать об этих процессах что-то конкретное необязательно. Усвоить последний принцип сложнее всего, так как он требует подробностей. Ребенок должен понимать, какие виды процессов поддерживают жизнь, как

они связаны между собой, а также знать, как они воплощаются в настоящих телах из плоти и крови.

Большинство детей приходит к биологически зрелому пониманию смерти к десятилетнему возрасту, но все зависит от того, насколько часто окружающие взрослые поднимают эту тему. В современных индустриализированных обществах о смерти обычно разговаривают нечасто, и ребенок редко сталкивается со смертью не только людей, но и животных^[212]. В беседах, детских книгах и программах тоже стараются не затрагивать эти вопросы. Если тему все же упоминают, обычно обсуждается не умирание как таковое, а горе. Например, в книгах рассказывают о грусти, гневе, тоске по близкому человеку, но мало рассуждают о смерти как о биологическом процессе^[213].

Еще больше усложняет дело религия. Большинство взрослых по большому счету не верят, что человек после смерти прекращает существовать, так как, по их мнению, какой-то элемент человеческой личности переживает смерть физической оболочки. Разговаривая о смерти с детьми, взрослые обычно прикрывают свои рассуждения пеленой духовности и веры и утверждают, вопреки четвертому принципу, что смерть не кладет конец деятельности человека, а просто изменяет ее. Умершие в этих рассказах продолжают думать, чувствовать, двигаться, но в другой форме (например, в виде ангелов) и в другом месте (например, в Раю). Как говорится в одном популярном меме, «мы не люди с духовными переживаниями, а духовные существа, живущие в человеческом теле».

Исследования показывают, что такого рода описания определенно сбивают маленьких детей с толку. Если приучить их думать о смерти с религиозной точки зрения — например, рассказывать истории о священнослужителе, посещающем умирающего на смертном одре, — они значительно реже станут соглашаться, что биологическая активность после смерти прекращается, и считать, что глаза мертвого продолжают видеть, что его сердце все так же бьется^[214]. Религиозные свидетельства размывают грань между жизнью и смертью, для понимания которой ребенку и так приходится потрудиться^[215].

А ведь такого рода описания невероятно распространены. Большинство взрослых представителей самых разных культур считают смерть одновременно биологическим концом и духовным преобразованием и передают эту двойственность восприятия своим

детям. Чтобы понять такие представления, ребенку сначала нужно научиться различать материальную составляющую человеческого существования (тело) и нематериальную (душу).

Сделать это ребенку сложно, потому что он еще не усвоил, что такое организм. Он знает, что такое тело с физической точки зрения — хотя бы на собственном примере, — но при этом не осознаёт, что с биологической точки зрения это слаженно работающая машина, элементы которой согласованно поддерживают функционирование целого. Взрослые представляют себе душу как «духа в машине»^[216], а у детей нет представления о машине, и они не могут отличить ее от «духа».

* * *

Понятие организма — это клей между концепциями жизни и концепцией смерти. Организм есть у всех живых существ, и он всегда в конце концов приходит в негодность. Организмы бывают довольно простыми, например одиночная клетка, и сложными, состоящими из триллионов клеток, образующих ткани и органы. Однако у всех организмов есть общая черта: они имеют внутренние элементы, которые служат для функционирования целого.

Рассмотрение живых существ с точки зрения организма позволяет детям осмыслить биологические факты. В частности, это позволяет понять следующее:

1. Живо только то, что имеет организм (например, солнце и ветер не живые).

2. Все сущности, имеющие организм, живые (значит, цветы и деревья живые).

3. Внешние биологические функции подчинены внутренним биологическим функциям (мы едим, потому что организму нужна энергия, и дышим, потому что он нуждается в кислороде).

4. Смерть происходит в результате нарушения функционирования организма (значит, после смерти биологическая активность прекращается).

5. Нарушения функционирования бывают разные (а значит, существует возможность ненасильственной смерти).

6. Все организмы в конечном счете приходят в негодность (поэтому смерть неизбежна и необратима).

В пользу этого свидетельствует то, что дети, которые знают названия, функции и расположение внутренних органов человека, обычно знают целый ряд других биологических фактов. Они знают, что цветы и деревья живые, а ветер и Солнце — нет, что у биологической активности есть метаболические функции, что биологическая активность прекращается после смерти и что смерть вызвана потерей жизненных функций^[217]. Эти корреляции можно было бы объяснить общей эрудицией, то есть тем, что дети, много знающие об организме, имеют в целом более широкие знания, в том числе о жизни и смерти. Однако другие научные работы показали, что это не так.

В частности, об этом свидетельствуют результаты исследования, которое психолог Вирджиния Слотер и ее коллеги провели в детских садах^[218]. Сначала они оценивали понимание вопросов жизни, смерти и организма, а затем объясняли детям биологические факты об организме. Предполагалось, что чем больше дети знают о нем, тем лучше они будут понимать жизнь и смерть. В качестве пособия использовали «анатомический фартук» из ткани, на который прикрепляли модели различных органов. Детям предлагали снимать и присоединять органы и попутно узнавать, где они расположены, что делают и как связаны между собой.



Рис. 8.4. Обучение расположению и функциям внутренних органов помогает детям усвоить концепции более высокого уровня — понятия жизни и смерти

Перед обучением дети демонстрировали минимальное понимание смерти, что показывала беседа о пяти принципах, а также умеренное понимание жизни, которое оценивалось по способности объяснить, как ее поддерживают различные биологические действия (например, «мы дышим, потому что организму нужен кислород»). После обучения у детей складывалось значительно более емкое представление об этих вопросах. Во время беседы о смерти, в частности, они перешли от мнения, что мертвые продолжают есть и дышать, к утверждению, что после смерти вся биологическая активность прекращается. Они уже не считали, что смерть вызывают только яды и пистолеты, и говорили, что смерть наступает всегда, когда отказывает жизненно важный орган.

Дети делали успехи, хотя им не рассказывали о смерти конкретно: полученных знаний об организме было достаточно.

Вы можете спросить, как на исследование Слотер отреагировали родители: ребенок пошел в сад, чтобы узнать о человеческом организме, а вернулся с более глубоким пониманием того, что когда-нибудь умрет. Исследование чем-то напоминает выпуск сатирических новостей в программе Onion^[219]. Репортер посещает лабораторию, где пара приматологов учит гориллу Квигли концепции смертности:

Исследователь: Прежде всего, мы научили нашу гориллу последовательности «красный кубик — синий кубик — зеленый кубик», повторяя ее раз за разом. Потом мы перешли к последовательности «горилла родилась — горилла растет — горилла умирает».

Репортер: Ученые затем показывали Квигли фотографии мертвых и умирающих горилл, сопровождая их фразами «ты тоже» и «выбора нет».

Исследователь: Потребовались тысячи повторений, чтобы Квигли поняла связь между собой и разлагающейся кучей волос и мяса на фотографии.

Репортер: По словам исследователей, сначала Квигли выражала лишь элементарный страх перед собственной смертью, но вскоре перешла к более сложным эмоциям, например безразличию и ненависти к себе. Всего два дня назад они даже стали свидетелями поведения, которое считают приступом паники.

Исследователь: Она испуганно кричала и билась головой о стену. И я подумал: «Ура! У нас получилось!»

Усиливает ли знание о смерти страх ребенка перед смертью, как это произошло в случае Квигли? Группа Слотер разобралась и в этом вопросе^[220]. В последующем исследовании они беседовали о пяти принципах смерти с детьми в возрасте от четырех до восьми лет, измеряя, насколько сильно те боятся связанных со смертью слов, например «покойник», «умирающий», «похороны» и «гроб». Результаты беседы коррелировали со страхом, но не так, как может

показаться. Чем лучше дети понимали смерть, тем меньше они ее боялись.

Знания оказались не вредны, а полезны для эмоционального благополучия ребенка. Это давно известно и психологам, консультирующим детей, переживших утрату^[221]. Они почти всегда советуют родителям разговаривать с детьми о смерти без обиняков, прямыми и конкретными словами, а не ходить вокруг да около и затуманивать вопрос эвфемизмами. Биологическое объяснение смерти может вызвать замешательство, но это лучше, чем отсутствие объяснения.

Дети узнают о смерти задолго до того, как начинают ее понимать, и воспринимают смерть как измененную форму жизни. Как же страшно им должно быть при мысли, что можно закопать в землю человека, который по-прежнему нуждается в пище и воде, или что во время кремации человек по-прежнему думает и чувствует боль. И как грустно думать, что любимого человека больше нет дома, но он живет где-то в другом месте. Биологическое понимание смерти снимает эти необоснованные страхи, которых нет у гориллы, но которые, безусловно, есть у наших детей.

* * *

Возможно, мы, взрослые, понимаем смерть лучше, чем дети, но внутренний конфликт возникает и у нас. Отличный пример — решение Пентагона эксгумировать останки почти 400 моряков и морских пехотинцев, погибших во время налета японцев на Перл-Харбор более 70 лет назад^[222]. В рамках этой программы планируется идентифицировать по ДНК личность захороненных в нескольких братских могилах в Гонолулу. После этого останки будут переданы семьям, хотя, по оценке Пентагона, анализ даст результаты лишь в половине случаев.

Это будет очень дорогое мероприятие — десятки миллионов долларов, — и далеко не факт, что польза от него превысит затраты. Смысл в том, чтобы принести облегчение семьям погибших, но ведь нет никаких сомнений, что военнослужащие давно мертвы. Большинство ближайших родственников тоже уже нет на этом свете.

Как же в таком случае перенос останков из одной могилы в другую может повлиять на знания об умершем или на эмоциональную связь с ним?

На каком-то уровне мы признаём, что кости и есть кости. Однако при этом мы видим в них нечто большее — часть нас самих, которая переживает распад нашего тела. Большинство людей так и не могут до конца смириться с мыслью, что смерть означает полное прекращение всей человеческой деятельности, особенно психологической, хотя прямых доказательств обратного у нас нет^[223]. То, что мы отказываемся считать смерть концом биологического существования, связано, скорее всего, с эмоциональной реакцией на идею небытия. Однако некоторую роль может играть и недостаточное понимание самой природы жизни и смерти. Может быть, оно не проявляется так явно, как у детей, но в глубине души оно продолжает существовать.

Давайте посмотрим на понимание взрослыми факта, что растения — живые существа. Растения соответствуют самым строгим критериям жизни (в отличие, например, от вирусов и отдельных органов), и тем не менее рассуждают о них не так. В разговорах о растениях взрослые используют слова «жизнь» и «живой» в пять раз реже, чем в разговорах о животных, — не чаще, чем дети^[224]. О растениях мы знаем намного меньше. Люди способны перечислить сотни видов млекопитающих и при этом вспомнят совсем немного деревьев^[225]. А если прямо спросить о свойствах растений, люди обычно не считают, что те, например, чувствуют среду, общаются друг с другом или самостоятельно двигаются^[226].

Любимый пример скудости наших познаний о растительном мире я почерпнул из курса экологии в колледже. На первом занятии было проведено анкетирование, чтобы оценить исходные знания студентов о предмете. В первом вопросе надо было перечислить пять взаимодействий животных друг с другом, а во втором — пять взаимодействий растений. Первым пунктом один студент написал: «поедают друг друга», «дерутся», «общаются», «преследуют» и «спариваются». Во втором — он ответил: «они НЕ взаимодействуют».

Может быть, самым вопиющим образом интеллектуальное равнодушие к растениям проявилось в исследовании среди учителей биологии^[227]. Им показывали на экране компьютера слова и просили

как можно быстрее определить, обозначают ли они что-то живое. В списке были животные (попугай, морж), растения (петунья, ива), подвижные предметы (часы, ракета), неподвижные предметы (карандаш, чайная ложка), подвижные природные объекты (гейзер, цунами) и неподвижные природные объекты (галька, раковина).

Учителя биологии всю свою карьеру изучают свойства жизни, поэтому кто, как не они, должен уметь отличать живое от неживого? Тем не менее в условиях нехватки времени преподавателям было сложно отнести растения к живой природе, и они делали в этом случае больше ошибок, чем в отношении животных. Им было непросто правильно классифицировать и движущиеся природные объекты (например, гейзеры и цунами): ошибок было больше, чем в случае неподвижных (гальки и ракушки). Даже если ответ был правильный, классификация растений занимала значительно больше времени, чем животных, а подвижных объектов — больше, чем неподвижных.

Детские представления, связывающие жизнь с движением, явно сохраняются, когда человек начинает понимать биологический мир точнее и даже на профессиональном уровне. Эти представления скрыты, но не исчезают полностью, как не исчезают и детские представления о материи ([вторая глава](#)), тепле ([третья глава](#)) и форме Земли ([шестая глава](#)). В моменты нехватки времени и большой нагрузки они снова дадут о себе знать. Они проявляются и у людей с когнитивными нарушениями, например у пациентов с болезнью Альцгеймера, вызывающей ухудшение памяти и суждений.

Исследователи давно заметили, что при болезни Альцгеймера утрачиваются некоторые аспекты биологических знаний: названия распространенных животных, где эти животные живут и что делают. Раньше считалось, что этот процесс затрагивает исключительно фактическую информацию, но теперь известно, что страдает и *концептуальное* понимание биологии. Задачи на рассуждения, описанные в этой главе, такие пациенты выполняют на уровне дошкольника^[228].

Отвечая на вопрос, что такое быть живым, они редко называют метаболические функции (еду, дыхание, рост), но часто упоминают способность двигаться. Если попросить привести примеры живых существ, они почти всегда называют животных, но редко растения. Больные редко считают живыми цветы и деревья, но часто наделяют

жизнью дождь, ветер и огонь. Эти результаты нельзя списать на то, что болезнью Альцгеймера обычно страдают пожилые: взрослые того же возраста, не имеющие этого заболевания, дают биологически точные ответы.

Таким образом, болезнь Альцгеймера, видимо, уничтожает метаболическое понимание жизни, к которому человек приходит примерно в десятилетнем возрасте, и возвращает больного в то наивное состояние, с которого он когда-то начал исследовать биологический мир. Это вполне может иметь психологические последствия. Если заболевание нарушает биологическое осмысление смерти, непонимание ее может породить страх. Однако если знание о смерти исчезает окончательно, возможно, появляется утешение. Если природа милостива, больной присоединяется к маленьким детям «в королевстве, где никто не умирает».

[«SlivUp.me - Палим приватные темы»](#)

Приглашаем на форум по обмену приватной информацией и схемами заработка

Свежие и актуальные материалы в ежедневном режиме!

• Схемы заработка • Онлайн- и Офлайн-бизнес • Инфобизнес • Базы • SMM • Инвестиции • Сайтостроение • Администрирование • Психология • Спорт • Здоровье • Пикап • Эзотерика • и многое другое...

Глава 9. Рост

Почему мы растем? Почему мы становимся старше?

День рождения — значимое и большое событие для маленьких детей. Уже за много недель они начинают обсуждать, где его проведут, кого пригласят, что будут делать. На то есть веские причины. В день рождения в жизни ребенка происходит много важных событий. Это возможность получить признание и уважение общества, съесть что-то особенное (торт!) и получить материальное поощрение (подарки!). В день рождения меняется статус среди сверстников. И конечно, меняется возраст.

Последнее — самое загадочное. Дни рождения отмечают в память о появлении человека на свет, но дети не помнят этого события и не понимают смысл рождения как биологического начала. В своем сознании они всегда были отдельной личностью, и у них нет представления, что возраст обозначает число лет, прошедших с того момента, когда они не существовали в таком качестве.

Дети понимают, что в четыре года человек выше, умнее и может больше, чем в три, а трехлетние больше, умнее и способнее двухлетних. Однако значение числовых ярлыков от них ускользает. Для ребенка возраст — это просто социальный идентификатор, как имя или адрес. Когда моему Тедди исполнилось четыре года, он пару месяцев не мог запомнить, что ему больше не три. Когда его спрашивали, сколько ему лет, он отвечал «три», а я напоминал, что теперь ему четыре. Однажды, когда ему задали этот вопрос, он повернулся ко мне и спросил: «Пап, я забыл. Каким числом меня зовут?»

Возраст по своей сути — биологическая концепция, числовое обозначение взросления, и чтобы понять, почему люди становятся старше, дети сначала должны разобраться, как и почему люди растут. На дне рождения эти отголоски изменения возраста вызывают у дошколят большое любопытство. Процесс взросления часто ассоциируется у них с самим мероприятием: дети думают, что, если его пропустить, потеряешь возможность стать старше.

Ученые изучили эту тему при помощи психологического эксперимента: «Представь, что у одного мальчика заболела мама и из-за этого не получилось устроить ему день рождения. На следующий год она решила сделать ему день рождения не один раз, как у всех, а несколько, пока он не станет старше, чем все остальные. Один день рождения для пяти лет, как у его друзей, вскоре еще один для шести лет, через несколько дней — для семи. Как ты думаешь, получится?» Этот эксперимент предлагали детям от четырех до семи лет^[229]. Старшие в основном сомневались, что принцип сработает, но почти все младшие дети считали, что все так и будет.

Детям, соглашающимся, что пропуск дня рождения задерживает взросление, а лишний день рождения — ускоряет, не хватает того, что психологи называют *виталистической* теорией биологии. Витализм — это представление, что живые существа обладают внутренней энергией, жизненной силой, которая позволяет им двигаться и расти. Повседневная деятельность истощает эту энергию, но ее можно восполнять с помощью еды, питья и сна.

С научной точки зрения витализм — это не более чем оболочка для работы метаболизма (жизненная сила — это биохимическая выработка энергии), не требующая понимания тканей и органов, воплощающих метаболические функции. В истории биологии витализм возник за тысячи лет до материалистических (механистических) представлений о жизни^[230]. В разных культурах жизненную силу называли разными именами (*spiritus animus*, чакра, ци, душа, гумор), но она всегда была призвана объяснить необъяснимые на вид процессы: здоровье, движение, заживление, восприятие, рост и развитие.

Витализм в его крайней форме несовместим с биохимическим взглядом на жизнь, так как подразумевает, что жизнь не сводится к одной лишь материи. Однако в более мягких формулировках он означает только то, что внешняя деятельность зависит от какой-то внутренней энергии, и поэтому вполне совместим с биохимией. Витализм дает общее представление о работе живых систем, а наука добавляет необходимые подробности.

В ходе человеческого развития витализм является ступенькой к более сложным представлениям о жизни. Виталистические объяснения биологических явлений появляются на много лет раньше

механистических^[231], которые обсуждались в [восьмой главе](#). Если предложить дошкольникам и младшеклассникам выбор между виталистическим объяснением питания («мы едим, потому что желудок получает энергию из пищи») и механистическим («мы едим, потому что организм усваивает пищу после того, как ее преобразует желудок»), они предпочтут первое.

То же самое касается и других функций организма. Если спросить маленького ребенка, зачем человеку сердце, он обратится к витализму («потому что сердце переносит энергию с кровью»), а не к механистическим толкованиям («потому что сердце — насос, который перекачивает кровь по телу»). То же самое с вопросом, почему мы дышим воздухом: виталистическое «потому что грудь получает энергию из воздуха» побеждает материалистическое «потому что легкие принимают кислород из воздуха и отдают углекислый газ из крови». Старшим детям и взрослым механистические объяснения кажутся правдоподобнее, а витализм они считают недостаточно глубоким.

Есть и другой признак того, что виталистические представления о жизни вырабатываются раньше: представления о жизненных функциях не совпадают с представлениями о том, что живое, а что нет. Подумайте о следующих сущностях: люди, медведи, белки, птицы, рыбы, жуки, черви, деревья, кусты, одуванчики, камни, вода, ветер, Солнце, велосипеды, ножницы и карандаши. Что из перечисленного может расти? А что живое? Для взрослых оба вопроса равнозначны: мы знаем, что все, что может расти, — живое, а все живое растет. Но для дошкольников и младшеклассников ответы различаются^[232]. Они считают, что первые десять сущностей (от людей до одуванчиков) растут, а последние семь (от камней до карандашей) нет, но при этом думают, что деревья, кусты и одуванчики не живые, а ветер и Солнце — живые. Лишь к девяти годам дети начинают признавать, что жизнь и рост тесно связаны.



Рис. 9.1. Древнекитайская медицина основывалась на представлении, что все функции организма проистекают из внутренней жизненной силы — энергии ци

То же самое касается потребности в воде и питательных веществах и болезней. Дети наделяют растения этими чертами за несколько лет до того, как начинают считать их живыми [\[233\]](#). Для определения жизни необходимы механистические представления, в то время как для признания, что существо ест, пьет, растет и болеет, достаточно только виталистических. Ребенок признаёт, что у растений есть жизненная сила, задолго до того, как узнает, где и как эти силы физически воплощены.

Различие между виталистическими (основанными на энергии) и механистическими (основанными на строении организма)

представлениями о жизни важно для усвоения детьми биологических понятий. Например, во многих детских садах специально выращивают растения, однако это едва ли убеждает детей в том, что растения живые^[234]. К такому возрасту дети уже знают, что растения растут, развиваются и, подобно животным, нуждаются в воде и питательных веществах. Однако непосредственное наблюдение за этими процессами не помогает ребенку понять, что растения на фундаментальном уровне похожи на животных тем, что их жизненные силы воплощены в тканях и органах. На этом этапе жизненные силы не являются для детей однозначно биологическими.

Подумайте о концепции роста еще раз. Маленькие дети понимают, что он влечет за собой изменение формы и размеров, но не понимают, что рост означает: объект живой. Для них рост похож на увеличение кристалла или тучи. И то и другое действительно растет — в буквальном, а не переносном смысле, — но это является побочным продуктом небιологических процессов и имеет другие последствия. Кристаллы и тучи становятся больше, но не усложняются и не начинают по-другому функционировать. Когда дети говорят, что растения растут, они просто имеют в виду, что растения увеличиваются в размерах.

Витализм может создать предпосылки для того, чтобы ребенок связал процесс роста с жизнью, однако рост не будет рассматриваться как следствие жизни, пока сама жизнь не станет восприниматься как следствие внутреннего функционирования организма. Рост можно наблюдать и при этом не интерпретировать. Дети должны понять еще один скрытый слой реальности — организм и его внутренние органы.

* * *

Лакмусовая бумажка наличия у детей виталистической теории жизни, кроме их представлений о растениях, — это то, понимают ли они питательную ценность пищевых продуктов. Питание — не только неотъемлемая часть роста и здоровья, но и важнейший элемент социальных обычаев и норм.

То, что человек ест, определяется социальными факторами не меньше, чем биологическими. Это и повседневная рутина (сухие

завтраки едят утром, а не вечером, а гамбургеры — вечером, а не утром), культурными табу (американцы едят свернувшееся молоко в виде сыра, но не едят квашеную капусту, а корейцы едят квашеную капусту кимчи и не едят свернувшееся молоко), религиозными табу (мусульмане едят говядину, но не едят свинину, а индусы наоборот), а также диетологическими ограничениями (вегетарианцы едят молочное, но не мясное, а люди с непереносимостью лактозы — мясное, но не молочное).

На эти социальные соображения наслаиваются модные термины, связанные с пищей: «углеводы», «глутен», «антиоксиданты», «добавки», «консерванты», «переработанные продукты», «пробиотики», «органические продукты», «свободный выпас», «цельнозерновые». У этих слов есть строгие определения, но они приобрели и моральный оттенок, стали синонимами «хорошего» и «плохого». В этой трясине социальной и оценочной информации детям сложно понять, зачем нужна пища, не говоря уже о том, что есть надо, а что не следует.

Когда моей дочке Люси было четыре с половиной года, она очень озаботилась одним свойством пищи — содержанием белков. Эта фиксация проявлялась у нее неожиданным образом, например в следующем разговоре о плохом сне:

Люси: Мне приснился кошмар. За мной гнались пираты.

Я: Попробуй подумать о чем-нибудь другом, веселом.

Люси: Я хотела подумать о хорошем, например русалках и дельфинах, но мозг мне не дал.

Я: Ты сама управляешь мозгом. Прикажи ему думать о дельфинах и русалках.

Люси: Не получается. Я съела мало белка.

Люси стала считать белок таким важным для работы организма, потому что воспитательница посоветовала ей есть за обедом сначала белковые продукты (например, курицу), а потом остальные (например, крендельки). В четырехлетнем возрасте Люси часто объясняла нам, что в ее тарелке содержится белок, а что — нет, и в большинстве случаев ошибалась. Ее анализ зависел от того, что ей хотелось есть («в пончиках есть белок»), а что не хотелось («в яйцах белка нет»).

В целом дети в четыре года на удивление плохо определяют пищевую ценность продуктов. Им еще предстоит отграничить биологическое измерение еды (что нужно есть) от социального (что едят другие) и психологического (что хочется есть). В одном из исследований ученые спрашивали четырехлетних малышей, полезны или нет следующие продукты: бекон, фасоль, брокколи, пирожное, морковь, сельдерей, чипсы Cheetos, кукуруза, пончики, помадка, картофель фри и красный перец^[235]. Половину списка составляли овощи, а половину — так называемые мусорные продукты. Дети в основном не видели разницы. Овощи они относили к полезным всего в 70% случаев, а «мусорную» еду — в 47%. Очевидно, что многие из них полагали, что бекон и картошка фри не менее полезны, чем сельдерей и красный перец.

Однажды я столкнулся со схожим заблуждением у собственных детей: сыну тогда было семь лет, а дочери — три. Мы пришли на профилактику к педиатру, и тот спросил дочку, какой ее любимый овощ. «Арбуз!» — закричала она. «Это не овощ, а ягода», — поправил ее врач. Затем он повернулся к сыну и задал тот же вопрос. «Макароны», — заявил тот. «Господи! — воскликнул педиатр. — Это плохо говорит о твоих родителях».

К счастью для нас, представления детей о пище можно скорректировать. Продолжая описанное выше исследование, ученые давали четырехлетним детям один из двух вариантов руководства по здоровому питанию: предписывающий или виталистический. В первом случае детям рассказывали, что они должны и не должны есть: «Полезные продукты дают организму то, что ему нужно. Существует множество полезных продуктов, которые лучше есть в больших количествах. Например, овощи — фасоль, сельдерей, морковь, брокколи и кукурузу — надо есть каждый день»^[236].

Второе руководство облекало ту же информацию в рамки витализма (исследователи отметили такие вставки курсивом): «Полезные продукты дают организму то, что нужно, *потому что внутри них много витаминов. Витамины дают энергию и помогают расти и не болеть.* Существует много видов полезной еды, которую лучше есть в больших количествах. Например, овощи — фасоль, сельдерей, морковь, брокколи и кукуруза — *полезные, потому что в них много витаминов. Они дадут много энергии и помогут вырасти и*

не заболеть. Надо есть их каждый день». Вредные продукты тоже были затронуты либо в предписывающем контексте («очень жирные продукты нельзя есть каждый день»), либо в виталистическом («в очень жирных продуктах нет нужных для роста витаминов»).

Обучение в обоих случаях имело одинаковую продолжительность и давало детям основу, чтобы отличать полезные продукты от вредных. Однако эффективным оказалось только виталистическое руководство. Дети в этой группе значимо лучше оценивали пользу пищи, причем как непосредственно после обучения, так и спустя пять месяцев. Подчеркивание виталистических характеристик продуктов позволило им переосмыслить еду и увидеть в ней не только источник наслаждения или недовольства, но и источник питательных веществ (или определить их отсутствие).

Пищевая промышленность, видимо, тоже осознала эффективность виталистических аргументов, и реклама полезных продуктов для взрослых все больше акцентирует пищевую информацию. Теоретически взрослые должны понимать, что овощи полезнее «мусорной» пищи, однако Whole Foods, Trader Joe's и другие компании считают полезным и выгодным напомнить о влиянии своей продукции на здоровье. Из-за этого капуста кале, водоросли и асаи из скромных растений поднялись до ранга «суперпищи», а Twinkies, бигмаки и апельсиновая газировка превратились из вкусных лакомств в «молчаливых убийц».

Еще более сильный показатель наличия у детей виталистической теории жизни — это то, признают ли они, что пища в биологическом мире может иметь разные формы и что несъедобные для человека вещества могут иметь пищевую ценность для других организмов. В конце концов, люди употребляют в пищу лишь малую долю органического мира. Они не приспособлены, например, есть древесину (ей питаются, например, термиты и жуки), планктон (его едят киты, медузы и другие животные) и навоз (пища для мух, грибов и не только).

Мысль, что что-то несъедобное для человека может оказаться съедобным для других существ, имеет смысл, только если воспринимать продукты как источник питательных веществ. Когда Тедди было три с половиной года, он еще этого не понимал. Это проявилось в таком разговоре о комарах:

Тедди: Как выглядит комариный укус?

Я: Он круглый, красный и чешется.

Тедди: А у комаров большие зубы?

Я: Нет. Вместо зубов у них длинный маленький хоботок, через который они сосут кровь.

Тедди: А зачем они сосут мою кровь?

Я: Потому что они ей питаются.

Тедди: Но ведь кровь несъедобная! Вот курицу можно есть.

Я: Ты ешь курицу, а комары — кровь.

Тедди: А комар укусит моего трансформера?

Я: Не укусит, потому что у трансформеров нет крови.

Определение еды у Тедди было основано на вкусе, а не на питательной ценности. Впоследствии это изменилось, но сначала ему пришлось научиться рассуждать о биологических процессах в виталистических рамках.

Такие рамки формируются не у всех. Иногда они отсутствуют, например у умственно отсталых людей. Это показали исследования одной из форм задержки интеллектуального развития — синдрома Вильямса^[237]. Это редкое генетическое заболевание приводит к снижению умственных способностей, но не влияет на языковые навыки. Взрослым больным не хватает большинства знаний, которые человек обычно приобретает в детстве, но их речь не нарушена, и поэтому, в отличие от людей с другими когнитивными нарушениями, они свободно разговаривают о своих знаниях.

Психолог Сьюзан Джонсон, заинтригованная этим необычным сочетанием способностей, попыталась определить, складывается ли у больных синдромом Вильямса виталистическая концепция живого мира. Она и ее сотрудники побеседовали с такими пациентами об их понимании ряда биологических понятий, в том числе о жизни, смерти, росте, метаболизме, размножении и наследственности.

В процессе бесед ученые узнали, что одну из участниц — девушку в возрасте 21 года с IQ ниже среднего, но средними вербальными способностями — захватывали легенды о вампирах. Она прочла несколько романов на эту тему и с радостью делилась полученными знаниями с Джонсон и ее сотрудниками. Те в свою очередь охотно ее

слушали, так как вампиры противоречат именно тем биологическим принципам, которым было посвящено собеседование.

«Что конкретно означает слово “вампир”?» — спросили ее.

«О! Вампир — это такой человек, который посреди ночи забирается к женщинам в спальню и кусает их за шею».

Когда исследователи спросили, зачем вампиры это делают, собеседницу это очень озадачило.

«Никогда об этом не думала», — призналась она. После долгой паузы она предложила свою версию: «Наверное, вампирам просто нравятся шеи и они не могут себя сдержат».

Несмотря на давний интерес к теме вампиров, у девушки не сформировалась виталистическая интерпретация их главной черты — сосать кровь. Она не могла сформулировать ее даже тогда, когда ее к этому подталкивали. Вместо этого она рассмотрела это действие с точки зрения психологии и предположила, что вампиры пьют кровь потому, что им *хочется*, а не потому, что *нуждаются* в ней.

В целом Джонсон пришла к выводу, что взрослые с синдромом Вильямса редко имеют виталистическую интерпретацию биологических феноменов — любых, а не только связанных с вампирами. Они знают десятки животных, знают, что эти животные делают, но плохо понимают цель этих действий: зачем они едят, растут, умирают. Осознание этих тем находится на уровне скорее четырехлетнего ребенка, чем девятилетнего, не говоря уже о взрослых.

Само знание множества биологических фактов не гарантирует ни виталистического, ни более подробного механистического их понимания. Оба подхода нужно активно формировать, и взрослым с синдромом Вильямса, видимо, просто не хватает для этого когнитивных способностей.

* * *

Как было показано выше, биологические теории формируют наши взгляды на то, что является пищей, почему мы ее едим и как она способствует росту и здоровью. Кроме того, эти теории уже в детстве влияют на выбор пищи: что можно есть, а чего лучше избегать. Дети исключительно привередливы в этом отношении. Они воротят нос от

богатых витаминами и микроэлементами овощей и налегают на продукты, насыщенные углеводами (хлеб) и жирами (молочное). Заставить детей есть овощи — вечная проблема. Но если показать ребенку виталистическое обоснование этого действия, можно убедить его есть овощи по собственному желанию^[238].

Психолог Сара Грипшовер и ее коллеги пришли к такому выводу благодаря сопоставлению выбора продуктов дошкольниками и их понимания пищевой ценности. Детей, участвовавших в исследовании, познакомили с пятью виталистическими принципами:

- 1) людям нужна разнообразная пища, а не какой-то один ее вид;
- 2) пища одного типа может принимать разные формы;
- 3) пища содержит микроскопические элементы, называемые питательными веществами;
- 4) питательные вещества извлекаются из пищи в кишечнике, а затем кровь переносит их в другие части тела;
- 5) питательные вещества нужны для всех видов биологической активности — от энергичных (например, бега и скалолазания) до спокойных (например, способности думать и писать).

Усвоив эти принципы, дети меняли свои пищевые привычки. Во время перекуса они добровольно брали целых девять кусочков овощей — в два раза больше, чем те, кто не прошел обучение витализму. Более того, результат был лучше, чем после обучения по программе, разработанной Министерством сельского хозяйства США. В отличие от руководства Грипшовер, ведомство акцентировало внимание не на биологических преимуществах здорового питания, а на удовольствии от такого питания. Оказывается, дети на это не клюют.

Связь между выбором полезных продуктов и убеждениями, связанными с питанием, была обнаружена и у взрослых^[239]. Взрослые жалуются, что дети предпочитают овощам жирное и сладкое, но сами в большинстве своем тоже любят злоупотреблять такими лакомствами. Сейчас взрослые американцы весят больше, чем когда бы то ни было. Десятилетиями мы получаем больше калорий, чем нужно (переедаем), а сжигаем меньше (недостаточная физическая активность). И то и другое способствует набору веса. Но спросите себя: в чем главная причина?

Врачи уверены, что важнее переедание^[240]. Физическая активность сама по себе — если одновременно не корректировать

диету — оказывает на массу тела лишь незначительное воздействие. Тем не менее многие люди полагают иначе, и это сильно отражается на их здоровье. У тех, кто считает недостаток активности главной причиной прибавки в весе, индекс массы тела (ИМТ) на 9% выше.

Этот результат был получен в нескольких странах — в Соединенных Штатах, Франции, Китае, Южной Корее — и не зависит от других факторов, которые влияют на ИМТ, в том числе пола, образования, количества сна, хронического стресса, заболеваний, социально-экономического положения в детстве и в настоящее время, беременности, характера работы, оценки своего здоровья, интереса к вопросам питания, табакокурения и самооценки. Даже с учетом всего этого люди, считающие нагрузку более значимой по сравнению с диетой, имеют более высокий ИМТ, чем те, кто придерживается другого мнения.

Ученые выявили пагубное влияние теории физической нагрузки на массу тела из первых рук. Участников исследования просили заполнить анкету об убеждениях и поведении, связанных с весом, и попутно предлагали перекусить: ставили вазу шоколадок в обертке^[241]. Те, кто, по результатам опроса, переоценивал значение физической нагрузки, ели больше шоколада. Другими словами, взрослые с лишним весом, заполняя анкету о прибавке в весе, делали именно то, что ведет к прибавке в весе. Связь очевидна.

* * *

До сих пор мы обсуждали представления о том, что способствует росту и здоровью в целом. Однако интуитивные теории роста имеют и второе измерение: они объясняют, как именно меняется организм в процессе. Эти убеждения произрастают не из витализма, а из другого когнитивного искажения — *эссенциализма*.

Эссенциализм — это представление, что внешний вид и поведение организма определяются их внутренней природой, «сущностью». Когда организм растет, его вид и поведение может измениться, но сущность остается прежней. Более того, именно она служит причиной изменений. Согласно этим воззрениям, организм наследует свою сущность от родителей, тем самым получая потенциал

развить типичные видовые черты. Считается, например, что коровы и свиньи от рождения получают фундаментально иную сущность. Из-за этого у коровы появляются рога, вымя и вкус к траве, а свинья приобретает розовую кожу, хвост крючком и начинает любить помои.

В повседневной жизни слово «сущность» используют редко, но сама эта идея буквально пронизывает наши представления о росте и развитии. Подумайте об историях, в которых истинная природа героя оказалась скрыта из-за несчастливого или необычного оборота событий, но в конце засияла всем своим блеском: «Гадкий утенок», «Царевна-лягушка», «Лис и пес», «Золушка», «Аленький цветочек», «Меч в камне», «Принцесса на горошине». Хотя в большинстве случаев в них действуют не животные, а люди, сюжет все равно эссенциалистский. Главные герои по своей сути не такие, какими воспринимают их окружающие, но бросают вызов этому восприятию. Некоторым утятам суждено стать лебедями, а некоторым крестьянкам — принцессами.

Поскольку такого рода сказки нравятся и детям, и взрослым, вполне вероятно, что эссенциализм развивается сам собой, без какого-то специального опыта или обучения. Психологи заинтересовались этой темой, и их исследования подтверждают данную гипотезу. Дети становятся эссенциалистами в тот момент, когда впервые задумываются, как и почему организмы меняются по мере роста.

Пионером исследований в этой области стала Сьюзан Гельман. Ее группа оценивала интуитивный эссенциализм у маленьких детей несколькими способами. Самый прямой подход — это психологические эксперименты, похожие на сказку о Гадком утенке. «Жила-была корова по имени Эдита. Когда Эдита появилась на свет и была совсем маленьким теленком, ее взяли на ферму, где жили свиньи. Много свиней. Свиньи заботились об Эдите. Она выросла среди них и никогда не видела других коров. Когда Эдита повзрослеет, какой у нее будет хвост? Прямой или завитком? А как она будет говорить? Мычать или хрюкать?»^[242]

Этот мысленный эксперимент противопоставляет разные причины появления специфичных видовых черт: воспитание и происхождение. Дети обычно выбирают происхождение. К четырем годам они утверждают, что у Эдиты будет прямой хвост и она будет говорить «му». А если историю вывернуть наизнанку — сказать, что

Эдита от рождения свинья, но воспитывали ее коровы, — дети будут считать, что хвост должен быть завитком и она будет хрюкать.

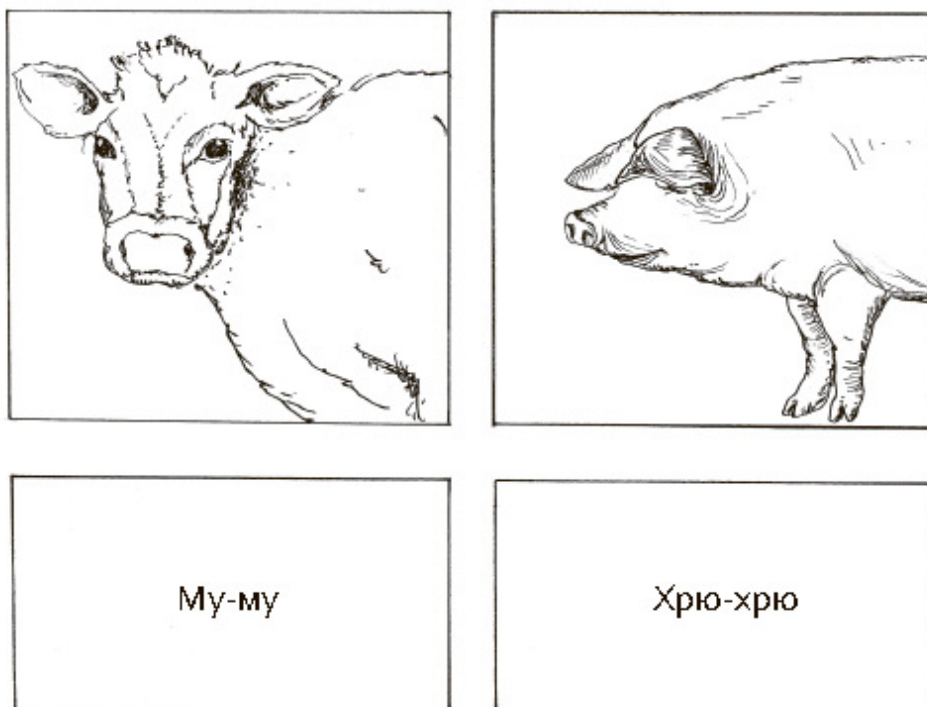


Рис. 9.2. Если ребенку рассказать, что животное родилось коровой, но воспитывали его свиньи, он предскажет, что по мере роста появятся черты, характерные для коровы, а не для свиньи. Это касается и анатомии (белый, а не розовый), и поведения (мычание, а не хрюканье)

Конкретные животные и характеристики, включенные в историю, не имеют значения. Четырехлетние дети считают, что кенгуру, воспитанное среди коз, будет хорошо прыгать, а не лазать по горам, воспитанный лошадьми тигр будет полосатым, а не одноцветным, а кролик, которого вырастили обезьяны, будет любить морковь, а не бананы. Четырехлетние дети даже признают, что из лимонного семечка, посаженного в апельсиновом саду, вырастет лимон, а не апельсин. Это впечатляет, учитывая, что дети в этом возрасте даже не считают растения живыми.

Исследователи проводили^[243] такие эксперименты с бразильскими, израильскими детьми, с детьми майя в Мексике, народности везо на Мадагаскаре и меномини в штате Висконсин. Все дети считали, что «усыновленные» животные, когда повзрослеют,

будут иметь черты биологических, а не приемных родителей. Эссенциалистские убеждения о росте, таким образом, представляются универсальными. Эти взгляды настолько повсеместны, что появляются даже там, где эссенциалистский анализ явно неуместен.

Один из таких контекстов — социология^[244]. Такие категории, как раса, национальность, профессия, религия и социально-экономическое положение, мало связаны с биологией или вообще с ней не связаны. Тем не менее многие применяют эссенциализм и здесь, рассматривая эти черты как стабильные, дискретные, единые и дающие информацию о психологии. Этой ошибке подвержены и дети. Они считают, что представители разных социальных категорий отличаются друг от друга не меньше, чем представители разных видов.

Если семилетнего ребенка попросить оценить сходство между членами разных общественных групп — например, арабами и евреями или богатыми и бедными, — они видят между ними лишь немного большее сходство, чем между разными животными. Они утверждают, в частности, что богатые отличаются от бедных предпочтениями, внешним видом, поведением и физиологией так же, как по тем же характеристикам слоны отличаются от львов. Это значит, что дети относятся к социальным категориям так же, как к биологическим, и наделяют их членов разным врожденным потенциалом.

Другой контекст, в котором эссенциалистские представления о росте применяются неуместно, это пересадка органов. Как и целым организмам, органам приписывают сущность — сущность донора^[245]. В качестве иллюстрации представьте себе следующий сценарий. Врач обнаружил у вас порок сердца и пришел к выводу, что без пересадки неизбежны тяжелые последствия для здоровья. К сожалению, список доноров невелик и доступно только сердце серийного убийцы. Вы примете сердце убийцы? А как насчет сердца шизофреника? А сердца свиньи?

Большинство людей не горят желанием принимать сердце любого из этих доноров, поскольку наделяют орган сущностью прежнего хозяина. Если попросить представить, как после операции изменится личность и поведение реципиента, большинство скажут, что их черты претерпят значительные изменения и станут похожи на соответствующие черты донора. Такое восприятие не ограничивается трансплантацией сердца. Переливание крови и генная терапия тоже

воспринимаются как вмешательства, способные изменить поведение. Женщина средних лет, получившая сердце и легкие от восемнадцатилетнего юноши, любившего пиво и мотоциклы, даже написала мемуары о том, как ее личность и интересы постепенно начали совпадать с его. Она назвала книгу довольно метко: «Перемена чувств»^[246].

С научной точки зрения представления о переносе сущности от человека к человеку и от вида к виду просто нелепы. Но эссенциализм — это не наука, а донаучное представление о наследственности, так же как витализм — донаучное представление о метаболизме. Он вносит беспорядок не только в представления о росте и развитии, но и в другие области биологии, которые мы рассмотрим в следующих главах: генетику ([десятая глава](#)), эволюционную адаптацию ([двенадцатая глава](#)) и происхождение видов ([тринадцатая глава](#)).

* * *

При всех своих недостатках эссенциализм позволяет увидеть развитие организма от одного физического состояния к другому: от теленка к корове, от поросенка к свинье, от гусенка к гусю. Можно нанести на карту даже совершенно непохожие стадии: от гусеницы к куколке и бабочке, от икринки к головастiku и лягушке, от семечка к ростку и дереву. Эссенциализм признаёт не только то, что организм сохраняет видовую идентичность по мере роста, но и то, что идентичность раскрывается со временем, влияя на внешний вид и поведение.

Как ни странно, проследить развитие личности, в том числе собственной, человеку намного сложнее. С точки зрения дошкольников, люди не меняются — по крайней мере не слишком. Им кажется, что некоторые оказались на земле как дети, а другие — как взрослые. Мысль, что дети вырастают, не так очевидна, как может показаться. Посмотрите, например, следующий разговор психолога Сьюзан Кэри с ее дочерью Элизой, которой тогда было три с половиной года:

Дочь: Когда я вырасту, больше не будет маленькой девочки по имени Элиза.

Мама: Да, так и есть.

Дочь: И тогда ты пойдешь и купишь другую?

Мама: Нет. Мы любим ту Элизу, которая у нас есть, и другая нам не нужна. А как ты думаешь, что с тобой случится, когда ты вырастешь?

Дочь: Я стану учительницей.

Мама: А как тебя будут звать?

Дочь: Сату [имя ее любимой воспитательницы]^[247].

Они несколько недель разговаривали на эту тему: дочь пыталась осмыслить, как можно превратиться из ребенка во взрослого и остаться при этом тем же человеком. Кэри поняла, что загадка разгадана, когда дочь наконец спросила: «Мам, когда ты была маленькая, тебя тоже звали Сьюзан?»

Я помню такой же случай с моим Тедди. Все началось, когда ему было четыре с половиной года. Мы играли в игру, смысл которой был в том, чтобы разложить в хронологическом порядке карточки, образуя причинно-следственную цепочку. На карточках был изображен яблочный пирог, яблоки на дереве, нарезанные яблоки и яблоки в корзине, нужно было догадаться, что все это шаги к яблочному пирогу, и правильно их расположить (яблоки на дереве — в корзине — нарезанные — пирог).

Для взрослого игра банальна, но для дошкольника она сложная. Один набор карточек вызвал у Тедди особенные затруднения: младенец, ребенок, юноша, старик. Он никак не мог догадаться, что причинная связь здесь — это рост. Когда я сложил последовательность за него, он очень удивился. «А почему так правильно?» — спросил он, а потом внимательно посмотрел на карточки и выпалил: «Я что, стану стариком?!»

В следующие несколько месяцев Тедди несколько раз спрашивал о росте и старении. Однажды, когда он ложился спать, я понял причину страха:

Я: Иди спать. Тебе надо как следует выспаться, чтобы расти.

Тедди: Я буду все больше и больше, а потом... я вырасту и стану старым?

Я: Это будет очень, очень не скоро. Тебе сначала надо вырасти в большого мальчика, потом в подростка, потом ты станешь молодым мужчиной, потом папой.

Тедди: А когда я состарюсь, как мне вернуться в настоящего себя?

Я: В настоящего себя?

Тедди: Как мне вернуть свои руки? И ноги?

Тедди не мог понять, как его тело может стать таким, как у старика. Куда денется то тело, которое у него уже есть? Постепенность и непрерывность процесса старения от него ускользала, так как за свою короткую жизнь он мало с ним сталкивался: пожилые люди вокруг всегда были такие. Какая жестокая шутка природы может состарить молодого человека?

У моей дочки Люси в пятилетнем возрасте проявилось другое, но не менее любопытное заблуждение. В музее естествознания ей предложили нарисовать себя в будущем. Она нарисовала целых три картинки: «Я богатая», «Я богатая и старая» и «Я умерла». Каждый раз она рисовала всю семью — на картинке «Я умерла» мы все были в гробах. При этом себя она всегда изображала в половину роста родителей — ребенком. Она уже знала, что когда-нибудь состарится и умрет, но еще не разобралась, что это значит с точки зрения биологии. Еще она не осознавала, что родители, скорее всего, умрут задолго до нее.

Смущение, которое вызывает у детей взросление, связано с непониманием биологических процессов в целом: им еще только предстоит связать взросление и рост. Эта связь становится очевидной в раннем школьном возрасте, но бывает, что осознание ее последствий в полной мере так и не приходит. Даже будучи взрослыми, нам сложно принять неизбежные возрастные изменения, как физические (седина, обвисшая кожа, раздавшаяся талия), так и психические (новые взгляды, ценности, интересы)^[248]. Психологи пришли к выводу, что психологического развития люди практически не осознают.



Рис. 9.3. Старение непрерывно, но мы воспринимаем его как поэтапный процесс. Детям, в частности, сложно уловить непрерывность перехода к текущей стадии жизни от предыдущей (младенчества) и от текущей стадии к будущей (взрослому возрасту)

Если спросить двадцатилетнего, насколько изменились его предпочтения — любимая музыка, еда, увлечения и друзья — за последнее десятилетие, он, скорее всего, ответит, что довольно существенно (в среднем 40%). Если затем поинтересоваться, насколько, по его мнению, его текущие предпочтения изменятся в следующее десятилетие, он скажет, что еще меньше (в среднем 25%). Другими словами, люди в этом возрасте соглашались, что не всегда предпочитали Тейлор Свифт другим музыкантам, суши — другим видам пищи, а йогу — другим хобби, но думают при этом, что все эти предпочтения сохранятся следующие десять лет.

Может быть, их размышления о том, что вкусы становятся все стабильнее, верны: в конце концов, подростковый возраст — это время быстрого развития, и взгляды, сформировавшиеся к концу этого периода, могут быть стабильнее, чем были до этого. Проблема в том, что тридцатилетние точно так же считают, что их предпочтения в

следующее десятилетие изменятся намного меньше, чем за прошедшие десять лет. То же самое наблюдается в 40 и 50 лет.

Оказывается, люди всех возрастов считают текущие предпочтения более стабильными, чем предыдущие. Мы убеждены, что последнее десятилетие жизни сформировало нашу личность в большей степени, и обобщаем это представление на разные сферы, в том числе на черты характера (например, открытость, добросовестность, экстравертность, покладистость и нервность) и ключевые ценности (например, важность достижений, наслаждений, независимости, доброжелательности, соблюдения традиций, соответствия окружению, безопасности, власти).

Таким образом, даже взрослые имеют неправильное представление о том, в какой степени меняется со временем человеческая личность. Мы, взрослые, много раз видели такое развитие своими глазами и все равно хронически недооцениваем перемены, которые ждут нас в будущем. В любой момент времени нам кажется, что достигнута конечная стадия формирования идентичности, кульминация развития нашего характера. Вероятно, мы лучше детей осознаём вероятность физических возрастных изменений, но гораздо хуже — психологических изменений с возрастом. Наше текущее «я» всегда кажется «настоящим», единственным и неизменным.

Глава 10. Наследственность

Почему мы похожи на родителей? Откуда мы получили эти черты?

Если поискать в интернете картинки по запросу «клон», вашим глазам предстанут всевозможные ужасы: двухголовые коровы, шестиногие собаки, одноглазые котята, люди-киборги и младенцы в колбах. Запрос «генная инженерия» откроет другие кошмары: светящихся в темноте котов, оскаленную клубнику, кровавые яблоки и помеси бурундуков с тарантулами. Такие картинки, вообще говоря, не имеют ничего общего ни с клонированием, ни с генной инженерией. Это либо фотомонтаж (например, клубника с клыками), либо естественные уродства (например, двухголовая корова).

В воображении людей клонирование и генная инженерия намного страшнее, чем в реальности. Клоны — это всего лишь генетически идентичные организмы. Они существуют с тех пор, как организмы начали размножаться. Все мраморные раки — это клоны своих матерей, равно как и браминские слепуны, пенангские чешуепалые гекконы и ящерицы-бегуны. Эти виды размножаются бесполо, то есть без участия генетического материала второго родителя. Их представители — клоны своих предков. Кроме того, однойцевые близнецы тоже клоны, будь то коровы, котята или (о ужас!) люди.

Генной инженерией человечество занимается тысячелетиями. Технологии, позволяющие непосредственно переносить гены из одного генома (скажем, от рыбы) в другой (например, помидору), появились недавно, но с геномами других видов мы химичим испокон веков. Кукуруза не существовала бы, если бы люди не выращивали отобранные дикие травы, получая всё более налитые, питательные зерна. То же самое верно для яблок, апельсинов, клубники, миндаля, свиней, кур, лошадей и собак. Большинство организмов, которые мы выращиваем ради пищи, труда и в качестве компаньонов, подвергалось генной инженерии в форме селекционного разведения. Никто не приручал пуделей, бродящих по диким местам в поисках хозяина: эта порода была выведена из волков путем генной инженерии.

На генетике основаны технологии, которые в современном обществе вызывают самые противоречивые эмоции: клонирование, трудоустройство по генетическим признакам, генетический скрининг эмбрионов, генетическое исследование родословной, генетическая модификация бактерий для использования в промышленности, генная модификация злаков и скота, продажа генетически модифицированных продуктов питания. Большинство людей как в Соединенных Штатах, так и в других странах всего этого опасаются. При этом лишь немногие по-настоящему понимают, что такое гены и какую функцию они выполняют^[249].

В недавно проведенном исследовании 82% американцев поддержали обязательную маркировку продуктов, полученных с использованием генной инженерии^[250]. Однако примерно столько же (80%) поддержали и обязательную маркировку «продуктов, содержащих ДНК». Если 80% общества не знают, что практически все продукты животного и растительного происхождения содержат ДНК, разве можно доверять их мнению в отношении генетически модифицированной пищи?

Откровенно говоря, генетика — сложная тема, и многих взрослых не учили ей в школе в достаточном объеме. Для проверки знаний в этой области попробуйте определить, истинны или ложны следующие утверждения:

1. Однояйцевые близнецы при рождении имеют одинаковые гены.
2. У человека в среднем половина генов такая же, как у его братьев и сестер.
3. Два представителя одной расы генетически более схожи друг с другом, чем два представителя разных рас.
4. Две женщины всегда генетически больше похожи друг на друга, чем мужчина и женщина.
5. В разных частях организма разные гены.
6. Отдельные гены прямо контролируют определенные виды поведения.



Рис. 10.1. Практика маркировки продуктов, не полученных из живых организмов (например, соли, пищевой соды и воды), как «не содержащих генетически модифицированные организмы (ГМО)» — это признак повсеместной генетической безграмотности

Большинство людей считают, что все шесть пунктов верны^[251]. В реальности верны лишь первые два, а остальные ложны.

Связь между генами и физическими чертами намного сложнее, чем может показаться. У человека приблизительно 20 тысяч генов, и их экспрессия происходит благодаря каскаду взаимозависимых биохимических реакций. Нет какого-то одного гена, который определяет расу и даже половую принадлежность, а генов, общих у двух людей одной расы и пола, исчезающе мало по сравнению с тысячами разных^[252]. Вообще, генетическое разнообразие в рамках

одной расы обычно не меньше, чем между расами, поэтому большинство ученых считают расу социальным конструктом^[253].

Отчасти людям не хватает знаний о генетике из-за плохого образования, но есть и другая причина — склонность человека к эссенциализму^[254]. Как уже отмечалось в предыдущей главе, эссенциализм — это представление о том, что наблюдаемые черты организма определяются его внутренней ненаблюдаемой «сущностью». Сущности считаются неизменными (тигр всегда останется тигром), однозначными (тигры в своей основе одинаковые), дискретными (тигры фундаментально отличаются от других животных) и врожденными («тигриная сущность» приобретается при рождении).

Дети верят, что рост и развитие организма определены его сущностью, но не знают, где именно она расположена — просто «что-то внутри»^[255]. У взрослых же сущность ассоциируется с генами. Раз черты организма определяются генами, значит, гены — этоместилище его сущности. Однако подобная ассоциация порождает проблемы, поскольку большинство наших убеждений о сущностях к генам не применимо.

Гены не остаются неизменными: они мутируют под действием канцерогенов и из-за ошибок при копировании. Гены не однозначны: они участвуют в экспрессии множества потенциально различных черт. Гены не дискретны: они работают сообща с рядом других генов. И гены, хотя и передаются по наследству, меняются на протяжении жизни организма путем химической модификации (метиляции), из-за чего меняется их экспрессия.

Привязывание сущностей к генам порождает целый ряд неправильных представлений о поведении^[256]. Мы переоцениваем роль генов в формировании свойств, которые кажутся наследственными (ум, импульсивность, психические заболевания), и полагаем эти черты жесткими и запрограммированными. Мы слишком акцентируем непохожесть представителей разных социальных категорий, если считается, что эти категории заданы генетически (раса, половая идентификация, половая ориентация). Мы недооцениваем моральную ответственность преступников, если их поступки кажутся связанными с генетикой (наркомания, домашнее насилие, изнасилования). А еще нам не нравится пища, созданная

путем трансгенной модификации — переноса генов от одного вида другому, — хотя доказано, что такие продукты безопасны^[257].

Эссенциалистские трактовки генетической информации не только неточны и непродуктивны, но и сильно мешают правильной интерпретации. При этом эссенциализм — универсальная отправная точка для рассуждений о наследственности. Даже генетики когда-то были дошкольниками и видели в биологическом мире дискретные, неизменные сущности.

* * *

Эссенциализм совсем не так плох. Как уже отмечалось в девятой главе, он позволяет отслеживать идентичность организма в процессе изменений внешнего вида и среды, а также делать предсказания о появлении специфичных видовых черт. Но эта теория никак не объясняет передачу этих черт из поколения в поколение. Дети знают, что у родителей появляется потомство того же вида, наделенное специфичными для этого вида особенностями, но не знают, почему так происходит^[258]. Им непонятно, откуда у одних организмов берется врожденный потенциал, чтобы стать уткой, а у других — чтобы стать лебедем.

Иначе говоря, эссенциализм снабжает детей интуитивной теорией роста, но не теорией наследственности. Из-за этого пробела у них появляется несколько заблуждений, в том числе:

1) убеждение, что психические черты такие же наследуемые, как и физические;

2) убеждение, что сходство распространяется на социальные отношения, а не на репродуктивные;

3) убеждение, что организм может изменить видовую принадлежность, если достаточно сильно изменить его физиологию.

Начнем с первого пункта. Вспомните, что, по мнению дошкольников, у детенышей будут развиваться черты биологических родителей, даже если они выращены животными другого вида. Если сказать, что поросенок вырос в окружении коров, дети выразят уверенность, что хвост у него будет крючком и он будет хрюкать. Выращенный свиньями теленок, соответственно, должен мычать, и

хвост у него должен быть прямым. В четыре года дети во всем мире отдают предпочтение биологическим, а не приемным родителям, но при этом не понимают, почему биологические родители так важны. Они не догадываются, что черты биологических родителей физически запрограммированы и эта программа передается потомству благодаря механизмам, которые действуют до рождения.

Непосредственно проверить, насколько дошкольники понимают процесс передачи черт, довольно сложно, но можно действовать косвенно, предлагая эксперименты о чертах, которые *не* запрограммированы в организме и поэтому *не* передаются от родителя ребенку до рождения. Психические качества хорошо подходят под это описание. Они передаются по наследству — дети обычно разделяют взгляды, ценности и обычаи своих родителей, — но это достигается путем обучения, а не передачей генетического материала при зачатии. Физические же черты есть уже при рождении, а психические — формируются воспитанием.

Психолог Грег Соломон и его коллеги рассмотрели эту возможность^[259]. Они предлагали детям от четырех до семи лет сценарии усыновления, аналогичные историям коров и свиней, но главными героями на этот раз были люди. Вот пример: «Жил-был король. У него не было детей, но ему очень хотелось иметь наследника. Поэтому он стал путешествовать по своему королевству и однажды встретил пастуха, у которого детей было много. Король решил усыновить маленького ребенка и вырастить его как собственного сына. Пастух согласился, и король взял мальчика к себе. Король любил приемного сына, а тот любил короля. Ребенок вырос во дворце и стал принцем».

Рассказав эту историю, Соломон спрашивал, на кого будет внешне и психически похож принц — на короля или на пастуха. Детям говорили, например, что у короля зеленые глаза, а у пастуха — карие, и интересовались, какие глаза будут у принца, когда он вырастет. Еще были вопросы про волосы (курчавые или прямые), голос (высокий или низкий), рост (высокий или низкий), а также психические черты.

Дети старше семи лет различали эти характеристики и считали, что физически принц будет похож на пастуха (своего биологического отца), но психические черты получит от короля (приемного родителя). Дети в возрасте до семи лет склонялись в некоторых случаях к

родному отцу, а в некоторых — к приемному, то есть их суждения были смешанными. При этом не наблюдалось последовательного соотнесения биологического отца с физическими чертами, а приемного — с психическими.

Таким образом, дети до семи лет не проявляют понимания, почему потомство похоже на родителей. Убеждения в существовании врожденного потенциала в этой ситуации было мало, так как и биологический, и приемный родитель принадлежали к одному виду, а физические и психические черты специфичны для вида.

В последующем исследовании Соломон привел еще более веские доказательства того, что первые ожидания детей в отношении наследственности не являются четко биологическими^[260]. В данном случае ученый сопоставлял физические черты не с психическими, а с совершенно произвольной чертой — цветом рубашки. Сценарий усыновления был следующий: «У этой пары — мистера и миссис Смит — есть маленькая дочка. Она родилась из живота миссис Смит. После появления на свет она стала жить вот с этими людьми, мистером и миссис Джонс. Девочка постоянно жила с ними. Они заботились о ней: кормили, покупали ей одежду, обнимали и целовали ее, когда ей было грустно. Они очень ее любили, а она любила их. Они называли ее “дочка”, а она их — “мама” и “папа”. Теперь она подросла. Вот две фотографии девочек. Можешь сказать, на какой из них она?»



Рис. 10.2. Маленькие дети смотрят на наследование примерно так, как показано на этой иллюстрации. Они не различают черт, передаваемых физически и передаваемых социально

В одном из вариантов у Смитов была светлая кожа, а Джонсов — темная, и детям предлагали решить, какого цвета кожа будет у девочки, родившейся у Смитов и воспитанной четой Джонс. В другом варианте цвет кожи был одинаковый, но при этом Смиты носили красные рубашки, а Джонсы — синие. В данном случае детям надо было определить, какую рубашку будет носить девочка — красную или синюю. Формально на второй вопрос нельзя ответить однозначно, однако дошкольники в исследовании Соломона так не считали. Они

всегда вставали на сторону биологических родителей (Смитов), полагая, видимо, что цвет рубашки наследуется так же, как цвет кожи.

Учитывая детскую убежденность в том, что цвет рубашки передается по наследству, было бы неуместно приписывать им биологическое понимание наследования цвета кожи и вообще любой физической черты. Они не видят различий между чертами, приобретаемыми биологически и социально.

Это верно независимо от того, как ребенок контактирует со свойствами, приобретаемыми социально. Например, дети, которые очень рано начали учить иностранный язык из-за переезда в другую страну или на занятиях с погружением, на своем опыте испытали передачу характеристики (язык) посредством общения и могли бы уяснить разницу, но этого не происходит^[261].

Последовательно двуязычные дети (выучившие сначала один язык, а затем другой) проваливают задачи на усыновление точно так же, как их одноязычные сверстники, но проявляют при этом уникальную особенность. Вместо того чтобы в обоих случаях вставать на сторону биологических родителей или непоследовательно колебаться, они в основном выбирают приемных родителей. Понимание социального происхождения языка явно подталкивает их к убеждению, что *все* черты, в том числе цвет глаз и характер волос, передаются социально. Культурный релятивизм у них доходит до крайности.

* * *

Другой контекст, в котором у маленьких детей проявляется отсутствие биологической теории наследственности, — это родство. Родственные отношения — врожденные, как физические черты. «Титул» сына положен от рождения, его нельзя получить со временем. Мужчина становится сыном в момент появления на свет и тогда же может приобрести другие «звания», например родного брата, двоюродного брата, племянника.

Эти титулы по своей сути биологические и размечают отношения между членами одной семьи: кто у кого родился, кто чей потомок, у кого с кем общие предки. Однако дети изначально понимают термины

родства совсем не так и интерпретируют их только с точки зрения социальных отношений.

Конечно, социальные аспекты родства более заметны, чем биологические. Дети очень редко своими глазами наблюдают рождение младших братьев, сестер и кузенов, во всяком случае в обществах, где роды проходят в больнице. Ни один ребенок не видел рождения старших братьев и сестер — родных или двоюродных, не говоря уже о появлении на свет родителей, дедушек и бабушек. Дети, таким образом, окружены людьми, обозначенными как «брат», «дядя» или «двоюродный брат», и придумывают собственные социальные объяснения этих ярлыков. Дядя становится другом мужского пола примерно в возрасте родителей, а брат — другом мужского пола приблизительно схожего возраста. Подразумевается, что два брата живут в одном доме, а дядя — в другом. С братом должны быть общие интересы, а с дядей — нет. И так далее.

Когда Тедди только исполнилось четыре года, мы заметили, что он начал называть самых близких друзей «братьями». В то время у него еще не было братьев и сестер, но ему отчаянно хотелось их иметь, особенно братика, и он не хотел ждать, пока родители его «найдут». Особенно охотно он считал своими братьями двоюродных братьев. Их было трое: Мэтт и Чарли на несколько лет старше него и Кевин на несколько лет младше. Я обратил внимание, что Тедди называет братьями только Мэтта и Чарли, и спросил почему.

Я: У тебя есть братья?

Тедди: Да! Мэтт и Чарли.

Я: А разве они не двоюродные братья?

Тедди: Нет, просто братья.

Я: А Кевин?

Тедди: Кевин ребенок!

Я: То есть маленькие дети не могут быть братьями?

Тедди: Нет, не могут.

Я: А почему?

Тедди: Потому что они только пьют из бутылочки и играют в свои игрушки.

Я: Раз Кевин не твой брат, то кто он тогда?

Тедди: [Пауза] Он мой двоюродный брат!

Примерно в тот период, когда Тедди решил, что «брат» — это «мальчик — близкий друг», он услышал разговор, который поставил под сомнение такое определение. У нас было семейное торжество, и один из двоюродных дедушек Тедди назвал другого двоюродного дедушку братом. Тедди удивился и решил разобраться:

Тедди: КТО твой брат?

Двоюродный дедушка: Дэн. И твой дедушка Стив тоже мой брат. Мы все братья.

Тедди: [Широко раскрыв глаза] А как вы об этом узнали?!

Согласно определению Тедди, трое взрослых мужчин не могли быть братьями, потому что они не подходят по возрасту. Значит, они как-то разгадали тайную связь между ними, которая, по ощущению Тедди, объединяла их между собой так же, как его с собственными братьями (которые, вообще говоря, были двоюродными).

Конечно, термины, обозначающие родство, не всегда используются в биологическом смысле. Взрослые часто обозначают ими и социальные отношения: братья по оружию, студенческое братство, сестры милосердия, святой отец, Дед Мороз, дядя Сэм, чужой дядя. Но взрослые, в отличие от детей, прекрасно понимают, что это просто метафора.

Это хорошо показало одно из исследований^[262]. Детей в возрасте от пяти до десяти лет просили представить себе «нестандартного» родственника, например дядю, которому всего два года, или сестру-близняшку, которая живет в другой семье. Им рассказывали о двух ситуациях: в одной были воплощены социальные, но не биологические черты родственной роли, а в другой — биологические, но не социальные. Вопрос заключался в том, могут ли эти люди быть родственниками. Например, ребенку говорили о гипотетическом дяде: «Этот мужчина по возрасту примерно как твой папа. Он любит тебя и твоих родителей, приходит в гости и дарит подарки, но не родственник твоим родителям. Он не брат твоей мамы или папы, ничего такого. Он может быть дядей? Теперь представь, что у твоей мамы много разных братьев: некоторые очень старые, а некоторые совсем молодые. Одному из них всего два годика. Он может быть твоим дядей?»

Маленькие дети категорически отрицают, что малыш может быть дядей, но соглашаются, что дядей может быть неродственный друг семьи. Вообще говоря, даже девятилетние дети более склонны считать дядей близкого друга семьи, чем маленького брата матери. Рассуждения, подталкивающие к такому выводу, явно небιологические:

Ученый: Может этот малыш быть дядей?

Ребенок: Нет... Он маленький, ему всего два года.

Ученый: А сколько лет должно быть дяде?

Ребенок: Примерно двадцать четыре, двадцать пять.

Ученый: А если ему два года, он может быть дядей?

Ребенок: Нет. Он может быть двоюродным братом.

Двоюродных родственников дети явно считают универсальной категорией. Если член семьи не вписывается в социальные критерии дяди или брата, значит, он двоюродный брат. Вообще, в этом убеждении есть доля истины. С биологической точки зрения все мы дальние родственники. Если углубиться в прошлое, наши генеалогические древа сходятся, и, если проследить достаточно поколений, всегда можно найти общего предка с совершенно чужим на вид человеком. Даже мы с тобой, дорогой читатель, родственники. Может быть, я и тридцатиколенный, да еще в другом поколении, но все равно родственник. Этот факт часто не замечают даже взрослые со зрелыми, биологически обоснованными теориями родства.

* * *

Третий контекст, в котором проявляется отсутствие у маленьких детей биологической теории наследственности, как будто сошел со страниц романа Герберта Уэллса «Остров доктора Моро»^[263]. Это межвидовое преобразование. В книге ученый пытается превратить животных в людей, хирургически меняя их анатомию и физиологию: сбрасывает им шерсть, удаляет хвосты и когти, меняет форму морды и лап, обучает новым жестам и инстинктам.

Но все попытки в конце концов терпят поражение. Изменение внешних черт не способно изменить внутреннюю природу зверей — их сущность. Человек, приехавший на остров доктора Моро, наблюдает результаты его экспериментов и описывает их следующим образом: «Несмотря на свою человеческую внешность, лохмотья одежды и все их грубое человекоподобие, каждый из них имел на всем своем существе печать чего-то животного, проявлявшегося в движениях, в манере держаться, в каком-то смутном сходстве со свиньей, в безусловной печати звероподобия».

Своей антиутопией Уэллс хотел показать, что животная природа очень жесткая и стойкая. Это звучит правдоподобно для взрослого, но не для ребенка. Дети полагают, что свойства вида наследуются, но при этом их можно изменить. С их точки зрения, детеныш свиньи приобретет все характерные особенности свиньи. Даже если поросенка воспитывали коровы, этого недостаточно, чтобы его изменить (этот вопрос был рассмотрен выше). Но хирургия на такое способна.

Дети никогда не видели, чтобы кто-то хирургически превращал животных из одного вида в другой, но интуиция подсказывает им, что произойдет в таком случае. Мы знаем это из работ психолога Франка Кейла. Ученый просил детей в возрасте от пяти до десяти лет представить себе эксперимент в стиле доктора Моро. Вот пример: «Допустим, врачи взяли енота, сбрили с него шерсть, покрасили в черный цвет, а вдоль спины провели белую полосу. После этого они сделали операцию и встроили ему мешочек с вонючей жидкостью, как у скунса. Теперь это животное — скунс или енот?»^[264]

Дети младше семи лет обычно считают, что животное стало скунсом. Некоторые убеждены в этом довольно твердо:

Ребенок: Из него сделали скунса.

Ученый: А почему ты думаешь, что это скунс?

Ребенок: Потому что он выглядит как скунс, пахнет как скунс, ведет себя как скунс и издает звуки скунса. [ОБ ЭТОМ РЕБЕНКУ НЕ ГОВОРИЛИ.]

Ученый: То есть он стал скунсом, хотя его мама и папа были енотами?

Ребенок: Да.

Ученый: А он может быть скунсом, если его дети — еноты?

Ребенок: Да, может.

Дети руководствовались теми же предположениями не только в случае енотов, напоминающих скунсов, но и в случае «превращения» зебр в лошадей, львов в тигров, коз в овец, мышей в белок и кур в индюшек. При достаточно сильном изменении черт дети признают, что видовая принадлежность животного тоже изменилась.

Не все вмешательства считаются равноценными. Хирургия и индуцированные внутренне изменения, например уколы и таблетки, с точки зрения ребенка, способны изменить вид, а переодевание — нет. Если спросить ребенка о еноте в костюме скунса, он не согласится, что енот превратился в скунса, даже если им показать картинку, на которой животное выглядит в точности как скунс. Дети не привязаны к одному лишь внешнему виду: предыстория имеет для них большее значение. Внешние изменения считаются имеющими отношение к видовой принадлежности, только если они отражают более глубокие внутренние изменения.

Когда эссенциалистские рассуждения ребенка о видовой принадлежности встраиваются во взрослую теорию наследственности, он начинает отвергать возможность межвидовых превращений, так как теперь понимает биологические причины, из-за которых это не может произойти.

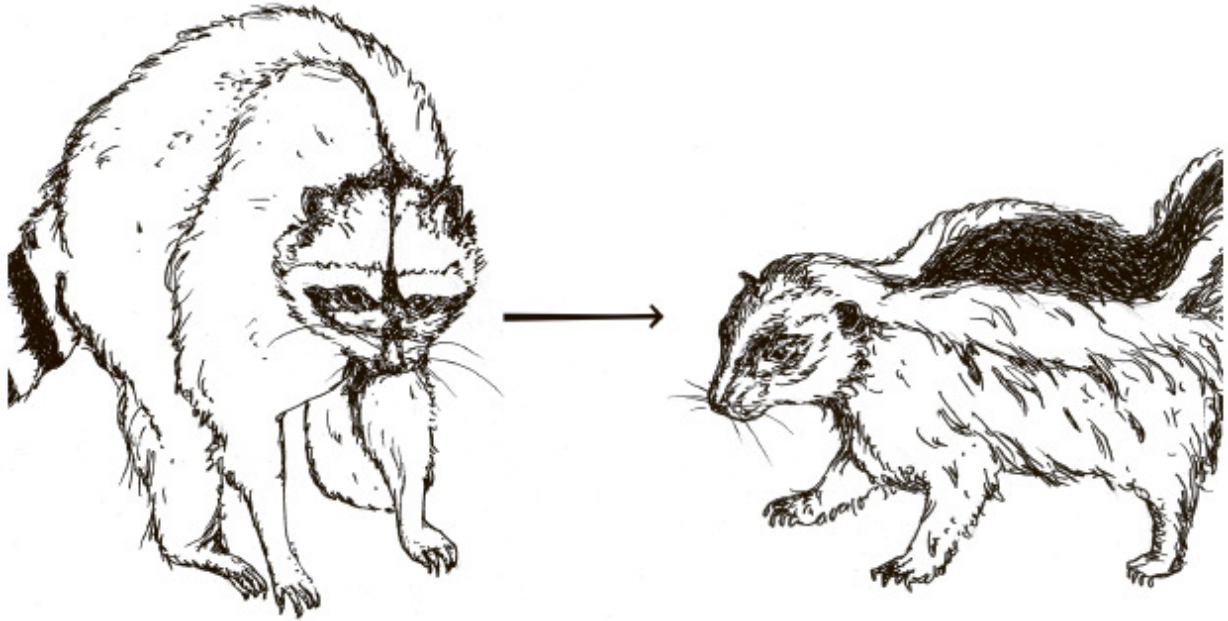


Рис. 10.3. Маленькие дети полагают, что енот останется енотом, даже если переодеть его в скунса. Однако если применить хирургию, енот, по их мнению, должен стать скунсом

Ниже приводится беседа между ученым и девятилетним школьником о возможности превращения козы в овцу:

Ребенок: Они все перемешали, поэтому... это будет отчасти овца, а отчасти коза.

Ученый: Допустим. Но объясни подробнее: почему ты думаешь, что это будет частично овца и частично коза?

Ребенок: Ну, потому что она родилась козой, а потом ей вкололи витамины, и это могло... не знаю... изменить ее внутри.

Ученый: А если тебе надо определить, она больше овца или больше коза, что бы ты придумал?

Ребенок: Я бы посмотрел, какие у нее родятся дети^[265].

Этот ребенок связывал видовую принадлежность с наследственностью и считал ее врожденной. Вопрос, может ли коза превратиться в овцу, перестал для него сводиться к беспочвенным рассуждениям. Он стал *эмпирической* проблемой, которую можно разрешить путем разведения.

Может показаться странным, что маленьким детям предлагали эксперименты, взятые из мрачного романа. Однако на самом деле вдохновением для психолога были не произведения Уэллса, а труды Жана Пиаже. Как вы помните из второй главы, Пиаже придумал не слишком удачную задачу на сохранение, в ходе которой детям показывали физические преобразования, меняющие внешний вид вещества, но не его массу (например, раздавить глиняный шарик в лепешку). Задача Кейла на преобразование видов — это биологическая задача на сохранение. Чтобы правильно решить ее, нужно понимать, что вид животного сохраняется при изменениях его внешности, но не при изменении внутреннего строения (ДНК).

И хотя дети всех возрастов могут решить задачу, если изменение поверхностное, с более тонкими случаями они начинают справляться только с девяти лет — позже, чем в случае стандартных задач на сохранение материи. Сохранение видов явно дается сложнее, чем сохранение массы. «Градиент» способностей был обнаружен не только у детей, но и у взрослых с болезнью Альцгеймера^[266]. Когда из-за деменции больные начинают терять концептуальные знания, они утрачивают понимание сохранения видовой принадлежности раньше, чем понимание сохранения материи. То есть они сначала соглашались, что бритье, окрашивание и хирургические изменения енота перемещают его в другой вид, и только после этого — что переливание воды из низкого широкого цилиндра в высокий и тонкий меняет ее объем. Идеи, появившиеся в процессе развития последними, часто отбрасываются первыми.

* * *

Заблуждения маленьких детей относительно передачи психических черт, значения родственных связей и определения видовой принадлежности указывают на то, что начальные представления о наследственности не являются строго биологическими. У детей есть мнение по этим вопросам: они не просто пожимают плечами, когда им предлагают мысленные эксперименты. Просто эти идеи основаны не на биологии, а на эссенциализме. Каким же образом в таком случае дети усваивают

истинно биологическую теорию? Оказывается, для этого нужно просто узнать, как происходит размножение. Пикантных подробностей не требуется: достаточно информации, что дети развиваются из яйцеклетки в утробе матери.

Когда моей дочке Люси было четыре с половиной года, у нее были любопытные идеи о том, откуда берутся дети. Она знала, что они выходят из «маминоного животика», но еще не разобралась, что это значит. Основной ассоциацией с животом была еда, поэтому она предполагала, что мама должна съесть ребенка, чтобы он попал в нужное место. Однажды она объяснила это моей жене следующим образом: «Сначала я была живая, а потом умерла, и ты меня съела. Я была у тебя в животе, а потом ты меня отрыгнула».

Мы пытались объяснить Люси, что ее никто не ел и она образовалась из яйцеклетки внутри организма матери, но эта информация не удерживалась. Через несколько недель после рассказа о поедании детей у нас состоялся следующий разговор:

Люси: А можно мне посмотреть на картинку яйца, из которого я вылупилась?

Я: Люси, ты не вылупилась из яйца. Ты появилась из маминоного живота.

Люси: Я знаю! Я была в яйце ВНУТРИ маминоного живота. Мама ела много яиц, и в одном из них была я. А потом я вышла, вылупилась.

Дети обычно узнают биологические подробности размножения к девяти-десяти годам и к тому времени уже способны понять, почему одни аспекты идентичности организма — физические черты, родственные роли и видовая принадлежность — зафиксированы от рождения, а другие — нет. Исследования изменения представлений о наследственности после того, как ребенок узнал о «жизненных фактах», выявили далеко идущие последствия этой информации. Например, психолог Кен Спрингер рассказывал детям в возрасте от четырех до семи лет три ключевых факта:

1. Зачатие ребенка происходит внутри организма.
2. В начале жизни ребенок — это эмбрион.

3. Дети превращаются из эмбриона в младенца в утробе матери^[267].

Перед тем как узнать обо всем этом, дети придерживались ошибочных представлений о наследственности. Они думали, например, что у похожих на вид незнакомцев почти столько же общих черт, что и у непохожих родственников; что приобретенные черты (например, окрашенные волосы) наследуются как врожденные (например, курчавые волосы); что вредные для адаптации черты (например, слабое сердце) наследуются в меньшей степени, чем полезные (сильное сердце); и что родители могут решить, какие черты передать детям. Узнав три факта о зачатии и внутриутробном развитии, дети пересматривали свои убеждения. Они признавали, что непохоже выглядящие родственники имеют больше общего друг с другом, что приобретенные черты не наследуются, а вредные черты могут наследоваться так же, как и полезные. Более того, они начинали понимать, что родители передают черты своим детям физически — с помощью «крошечных частиц», которые переходят от матери ребенку еще до родов.

Этот набор идей представляет собой первую настоящую теорию наследственности. Следующий шаг ребенок делает, когда узнаёт о генах. В средней школе дети обычно уже знакомы со словами «гены», «генетический», «ДНК» и связывают их с наследованием признаков. Однако им еще не известна конкретная роль генов в этом процессе, не говоря уже об их физическом воплощении в организме^[268].

Одни ученики полагают, что гены циркулируют в крови, подобно гормонам. Другие думают, что гены поступают с пищей, как питательные вещества. Некоторым кажется, что в разных частях тела разные гены — как разные клетки. Что касается функции генов, большинство детей в средних классах уверены, что они кодируют не белки, а черты. Связь между генами и чертами им кажется прямой: каждый ген содержит инструкции для отдельной, дискретной черты. Большинство взрослых тоже в это верят^[269]. Хотя черты определяются множеством генов, ложное представление о прямом соответствии между генами и чертами не оставляет места для мультигенных взаимодействий. Без белков нет механизма, соединяющего гены друг с другом в процессе роста и развития.

Таким образом, освоение теории наследственности — это двухэтапный процесс. Сначала эссенциалистские представления о врожденном потенциале должны уступить представлениям о переносе информации в виде черт, а те, в свою очередь, должны смениться молекулярным представлением об экспрессии и регуляции генов. Первый шаг происходит в раннем детстве, когда ребенок узнаёт основные факты о зачатии и беременности. Время второго шага не зафиксировано. Чтобы его сделать, требуется подробная информация о клеточных процессах, а большинство взрослых ее не получают.

А нужно ли среднестатистическому взрослому подробно понимать биохимические механизмы наследственности? Может быть, хватит и упрощенного представления, основанного на передаче черт? Оказывается, чтобы понять популярные описания генетических исследований, которых в наш век геномики публикуется все больше и больше, нужен достаточно высокий уровень знаний^[270]. С 2010 по 2011 год в *New York Times* вышло более 200 статей, связанных с генами, генетикой и ДНК. Исследователь образования Николь Ши проанализировала их с точки зрения необходимого багажа знаний и обнаружила, что читателям необходимо понимание следующих фактов из биохимии:

1. Ген — это инструкция для синтеза белка. Молекулярный язык этих инструкций един для всех живых организмов.

2. Белки выполняют в клетке определенные функции, например переносят другие молекулы и регулируют химические реакции. Функция белка зависит от его структуры.

3. Многие последовательности ДНК отличаются у разных видов (и у разных людей). Это объясняет, почему генетические различия приводят к различиям в морфологии.

4. Факторы воздействия среды могут вызывать мутации в генах или изменять их экспрессию.

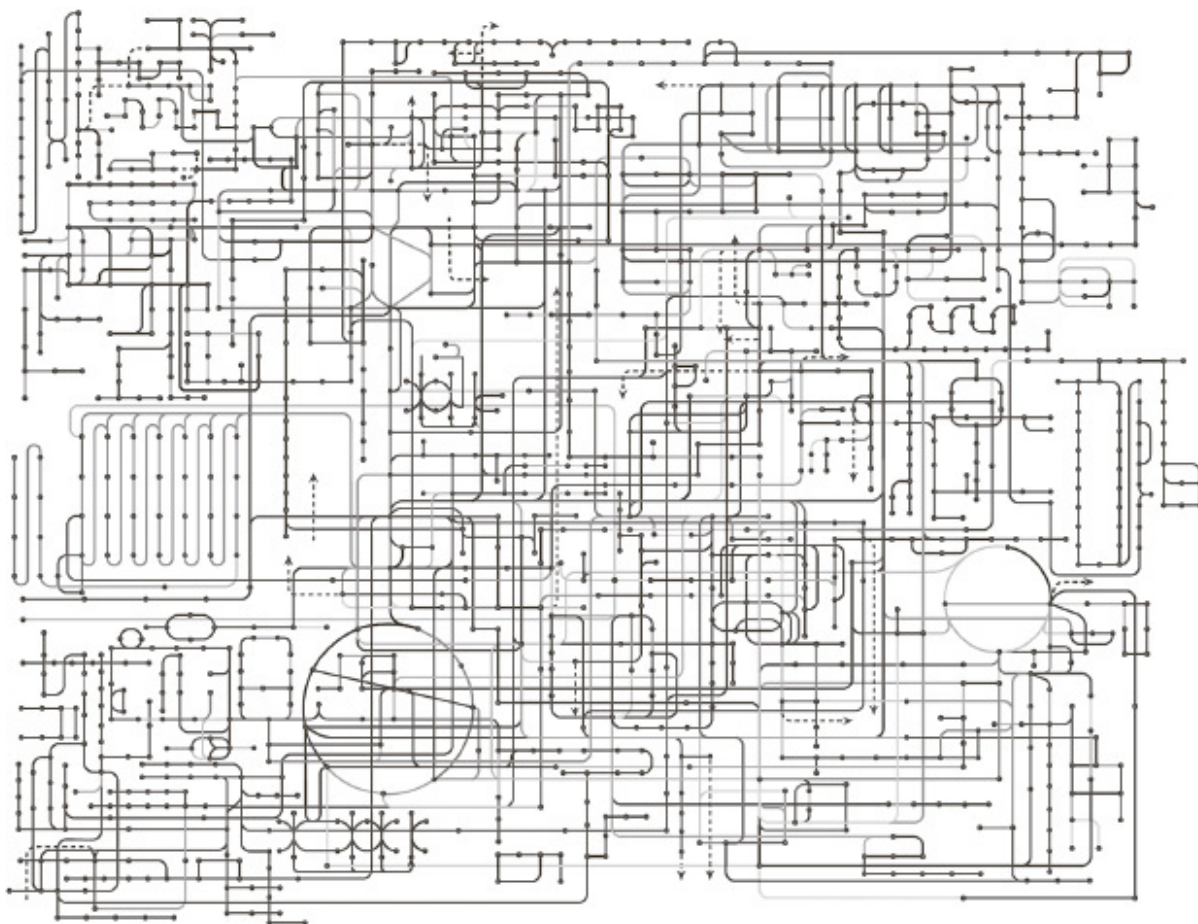


Рис. 10.4. Это художественное изображение трех метаболических путей — цикла Кребса, цикла мочевины и цикла бета-окисления жирных кислот — дает представление о том, насколько сложны биохимические процессы. Эту сложность нужно осознавать, чтобы понять взаимодействия между генами и белками

Взрослые, считающие, что нужно обязательно маркировать продукты, содержащие ДНК, явно не понимают генетику и не могут принимать грамотные потребительские решения по связанным с генетикой вопросам, в том числе какие продукты есть, какие анализы делать и какие лекарства принимать. Это не единственная причина, по которой нужно быть грамотным в этой области. Понимание генетических принципов влияет и на то, как мы реагируем на информацию о связях между генами и поведением.

На каком-то уровне гены действительно влияют на все виды поведения, и ученые начинают уточнять связи между конкретными генами и действиями. Когда люди узнают о существовании таких

связей, они обычно придают им непропорционально большое значение. Например, люди, которые верят в генетические объяснения ожирения, уверены, что меньше влияют на свой вес по сравнению с теми, у кого такие объяснения вызывают сомнения. Даже обычная статья в газете, связывающая ожирение с генами, подталкивает человека потреблять больше «мусорной» пищи, чем обычно^[271]. Существуют и другие проблемы. Женщины проходят стандартные тесты по математике гораздо хуже, если до этого прочли генетическое обоснование того факта, что мужчины лучше представлены в профессиях, связанных с математикой и точными науками^[272].

Представления о генах отражаются на поведении сильнее, чем сами гены. Доказательства большей врожденной предрасположенности мужчин к математике слабые, в то время как социальные причины гендерных различий в этой области обоснованы значительно лучше^[273]. Забавно, что чем сильнее ученые уточняют границы влияния генов на поведение, тем больше информация о существовании хоть какого-то влияния делает людей фаталистами. Гены не определяют судьбу. Убеждения в отношении генов — могут, если им это позволить.

Глава 11. Болезни

Почему мы бодем? Как распространяются болезни?

Если бы эволюция могла выбирать, врожденными знаниями о каких явлениях наделить человека, то таким явлением, безусловно, были бы болезни. Умение избегать заболеваний дает преимущество с эволюционной точки зрения, так как патогены и паразиты могут положить конец нашей родословной. И такое знание у нас действительно есть. Люди по всему миру испытывают отвращение к тому, что может содержать патогены и паразиты: продуктам жизнедеятельности (рвота, кал), жидкостям организма (плевки и пот), нарушениям целостности тела (увечьям, запекшейся крови), видимым признакам инфекции (опухолям, изменениям цвета кожи), паразитам (клещам, личинкам) и разлагающимся органическим веществам (гниющему мясу, испорченному молоку).

Когда человек сталкивается с такого рода вещами, у него на лице рефлекторно появляется *выражение отвращения*: нос морщится, а язык выдвигается вперед. И то и другое имеет практическое значение. Сморщенный нос препятствует попаданию в организм зараженного воздуха, а язык выталкивает изо рта опасные вещества.

За отвращение к вредоносным веществам отвечает древняя (с эволюционной точки зрения) область головного мозга — островковая доля. Она есть у всех млекопитающих и входит в состав части нервной системы, ответственной за связь висцеральных ощущений с сознанием. Любопытно, что островковая доля активизируется не только когда мы испытываем отвращение, но и когда видим его у других — когда другие морщат нос и высовывают язык^[274]. Таким образом, нервная система реагирует не только на непосредственное выявление чего-то вредного, но и на косвенное. Мозг исходит из предположения, что все, что вызывает отвращение у вас, должно вызывать его и у меня. Это вполне разумно, учитывая, что мы, скорее всего, подвержены тем же самым заболеваниям. Отвращение, замеченное у другого человека, усиливает даже реакцию иммунной системы. Предчувствуя контакт с

зараженным объектом, организм начинает вырабатывать больше белков для борьбы с инфекцией^[275].

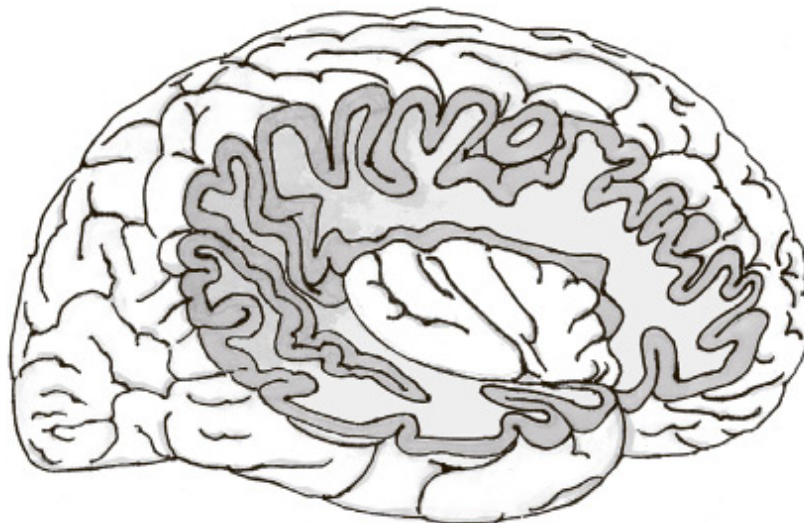


Рис. 11.1. Островковая доля (выделена белым), расположенная в центральной части головного мозга, активна и когда мы испытываем отвращение сами, и когда замечаем его у других

Действительно, прежде всего болезнетворные объекты возбуждают отвращение. Их считают неприятными во всем мире. Ученые провели масштабное исследование на эту тему, в ходе которого опросили более 40 тысяч взрослых во всех частях света^[276]. Участников исследования просили оценить, насколько отталкивающими им кажутся такие предметы: покрытая слизью тарелка, испачканное гноем полотенце, лицо с признаками лихорадки, переполненный вагон метро, клубок червей-паразитов и вошь. Всё это повсеместно считали более неприятным, чем похожие объекты без признаков инфекции: тарелка с желе, полотенце, испачканное чернилами, здоровое лицо, пустой вагон метро, скопление гусениц и оса. В среднем у женщин потенциально болезнетворные объекты вызывали большую неприязнь, чем у мужчин, а у молодежи — большую, чем у пожилых. Однако все считали их хотя бы в некоторой степени неприятными и отталкивающими.

Эволюционная логика, стоящая за чувством отвращения, кажется очевидной, но у нее есть и странности^[277]. Посмотрите на следующие ситуации:

1. Выпить стакан прокисшего молока.
2. Наступить в лужу рвоты.
3. На вас кто-то чихнул.
4. В пальце застрял рыболовный крючок.
5. Дотронуться до пепла от кремированного трупа.
6. Надуть ртом новый презерватив без смазки.
7. Съесть суп, который размешали продезинфицированной мухобойкой.
8. Съесть помадку в форме собачьего кала.

Все эти ситуации обычно вызывают определенное отвращение, однако первые четыре из них в корне отличаются от последних четырех. Первая группа несет настоящий риск заражения. Вторая же четверка неприятна исключительно из-за ассоциации с болезнетворным объектом: перцептивной (помадка), функциональной (новый презерватив, стерилизованная мухобойка) или исторической (пепел кремированного тела). Границы отвращения легко расширяются и охватывают вещества, не представляющие истинной опасности. Ведь в конечном счете лучше избежать какого-то нейтрального вещества, чем дотронуться или пролотить опасное. Избегать нейтральных объектов нелогично с точки зрения эволюции, однако контакт с зараженным предметом может стать фатальным.

Повышенная чувствительность к угрозе заражения проявляется не только в рассуждениях о гипотетических ситуациях, но и в поведении^[278]. Взрослые, которых угощали помадкой в форме собачьих экскрементов, обычно от нее отказывались, хотя прекрасно знали, что она безвредна. Сок с плавающим в нем стерилизованным тараканом они обычно тоже не хотели пить, несмотря на заведомое отсутствие заразы. Большинство взрослых не станет держать в зубах пластмассовую модель рвотной массы, есть суп из новой больничной утки или сахар из емкости с надписью «цианид», даже если эту этикетку прилепили сами.

Наверное, наименее рационально то, что большинство взрослых отказываются есть суп из тарелки, в которую сами плюнули, и пить воду из стакана в аналогичной ситуации, зная при этом, что каждая ложка супа и поток воды все равно смешается со слюной, как только коснется языка. Ни одно из этих действий не несет физического вреда, и тем не менее неприятно психологически.

Склонность переносить отвращение по ассоциации можно считать не более чем странной особенностью человеческого сознания. Однако у нас не вызывают отвращения многие вещи, которые *должны* его вызвать. Много веков опаснейшие инфекционные заболевания распространялись как лесной пожар, потому что у людей не вызывала негативных эмоций зараженная холерой вода и зараженные оспой одеяла. Эти объекты не имели признаков смертоносности, однако распространяли болезнь эффективнее, чем простой межчеловеческий контакт. Даже сегодня инфекционные заболевания — такие, как хламидиоз и СПИД — остаются бичом человечества. Их легко избежать, но действия, посредством которых они передаются, ассоциируются с удовольствием, а не с чем-то неприятным.

Таким образом, отвращение — сложившаяся в ходе эволюции способность избегать патогенов и паразитов — часто не срабатывает. С одной стороны, оно включается при картинах и звуках, которые всего лишь ассоциируются с болезнью, а с другой — не реагирует на обыденные предметы, кишасшие патогенами и паразитами. То, что вызывает у нас отвращение, не всегда опасно, а то, что опасно, не всегда вызывает отвращение.

* * *

Дети считают неприятными многие предметы, которые вызывают отвращение у взрослых. Это не удивительно, учитывая эволюционное происхождение этого чувства. Детям не нравится гнилой запах и прикосновение к грязным носкам^[279]. Они не любят держать стеклянный глаз, который при них вынули из глазницы. Однако во многих отношениях реакции ребенка и взрослого расходятся.

Прежде всего, вплоть до семи лет дети не испытывают отвращения к объектам, не имеющим внешних признаков болезнетворности: тараканам, мусору, мертвым животным. Еще детям сложно уловить у окружающих признаки отвращения — сморщенный нос и высунутый язык. Даже в восьмилетнем возрасте они путают это выражение с гневом^[280]. Проблема не в том, что они не понимают значения слова «отвращение» (они усваивают его к пяти годам), и не в том, что они не умеют делать такое выражение лица (эта способность

есть даже у младенцев). Скорее, дело в том, что у гнева и отвращения много общего: оба чувства несут в себе негативный заряд, физиологически возбуждают и ассоциируются с отталкиванием и избеганием. Дети, таким образом, считают отвращение просто разновидностью гнева.

Вероятно, главная разница между детьми и взрослыми в том, что у детей не вызывают отвращения предметы, загрязненные внешними источниками инфекции. Это подтвердит любой, кто приучал ребенка к горшку или учил его пользоваться общественным туалетом. Когда мой сын Тедди достаточно подрос и начал пользоваться писсуаром, он постоянно отвлекался на ярко-розовый освежитель и пытался его взять. Когда у меня получилось его от этого отучить, пришлось бороться с привычкой хвататься руками за стенки писсуара и спускать штаны до такой степени, чтобы они начинали впитывать скопившуюся под писсуаром жидкость.

Знакомая мама рассказала мне о еще более неприятном случае. Ее четырехлетний сын очень хотел сам ходить в общественные уборные. Однажды они были в магазине, где в туалете была всего одна кабинка. Женщина убедилась, что внутри никого нет, и разрешила мальчику туда зайти. Через несколько минут он вышел с гордой улыбкой на лице. Все шло хорошо до тех пор, пока она не заметила, что он что-то жует. Оказалось, это была жвачка, которую кто-то прилепил к стене туалета.

Изучением детского отвращения и его отсутствия систематически занимался психолог Пол Розин. В одном из исследований детей от четырех до двенадцати лет просили провести следующий мысленный эксперимент: «Кузнечик искупался в озере, а потом поскакал к тебе домой. Тем временем мама достала из холодильника молоко и налила его в стакан. Насколько тебе хочется выпить это молоко?»^[281] Ребенку показывали шкалу со смайликами — от нахмуренного до нейтрального и улыбающегося, — а потом просили выбрать тот, который лучше всего отражает отношение к такому предложению.

Затем мысленный эксперимент продолжался: «Кузнечик проскакал рядом со стаканом. Насколько теперь тебе хочется пить молоко? Кузнечик запрыгнул на край стакана, упал внутрь и утонул. Ты готов выпить такое молоко? Мама вынула кузнечика. А теперь ты хочешь пить молоко из этого стакана? Мама вылила молоко и налила в тот же стакан другую порцию. Насколько тебе хочется его пить? Мама

три раза вымыла стакан водой с моющим средством и налила в него новое молоко. Насколько тебе хочется его пить?»

В начале эксперимента все дети выбирали лицо с улыбкой: это отражало их отношение к чистому молоку из стакана. После того как кузнечик падал в стакан, большинство начинало выбирать нахмуренный смайлик. После этого ответы значительно отличались в зависимости от возраста. Дети старше семи лет не проявляли желания пить молоко до тех пор, пока стакан не вымоют. Дети младше шести с удовольствием выпили бы молоко, как только из него выловили кузнечика.

Тот же результат будет, если кузнечика заменить на «собачью кашку». Старшие дети отказываются пить молоко до тех пор, пока стакан как следует не вымоют, а молоко не заменят. Маленьким достаточно просто убрать загрязнение. Взрослые, проходившие этот тест, обычно были недовольны даже крайней степенью очистки (вымыть стакан и заменить молоко).

Розин и его коллеги беспокоились, что маленькие дети реагируют так не потому, что у них менее чувствительна реакция отвращения, а из-за менее развитого воображения. Чтобы устранить возможную ошибку, они провели еще один эксперимент, заменив гипотетические ситуации реальными физическими объектами^[282]. Детям предлагали продукты, которые казались загрязненными: сок, который размешали расческой, сок сдохлым кузнечиком и печенье, посыпанное «перемолотыми высушенными кузнечиками».

На самом деле никакого загрязнения не было: расческа и кузнечик были продезинфицированы, а порошок представлял собой посыпку зеленого цвета. Однако дети об этом не знали и, как и в предыдущем исследовании, в старшем возрасте (начиная с семи лет) отказывались есть все предлагаемые варианты, а в младшем (до шести) часто соглашались. Целых 77% маленьких детей пили сок, который размешали расческой, 63% пили сок с плавающим внутри мертвым кузнечиком, а 45% угощались печеньем, посыпанным кузнечиковым порошком.

Почему маленькие дети не испытывают отвращения к случайному заражению? Может быть, потому, что это роскошь, которую могут позволить себе только члены современных индустриализированных обществ. На протяжении большей части истории те, кто не желал есть

пищу, приготовленную нестерильными инструментами, и пить идеально чистую, не имеющую запаха воду, умерли бы от голода и жажды. В такой же ситуации продолжают находиться сегодня большинство жителей развивающихся стран. Распространенное убеждение, что продукты становятся несъедобными, как только коснутся земли, — это действительно роскошь, доступная только тем, у кого еды в избытке. Пище — как и всему остальному — при контакте с другой поверхностью передаются бактерии^[283]. Их количество зависит от типа продукта, типа и чистоты поверхности и продолжительности контакта. Если съесть что-то с пола, риск заражения в большинстве ситуаций минимален. Тем не менее многие из нас относятся к таким продуктам как к смертельной опасности, которую нужно срочно выбросить в мусорное ведро.

Еще одна причина, по которой чувство отвращения вырабатывается у детей не сразу, заключается в том, что эта реакция должна быть приспособлена к местным условиям. Она призвана прежде всего защищать организм от опасных веществ и поэтому всегда сильно связана с пищей. Человек отправляет еду внутрь тела, а именно туда хотят попасть патогены и паразиты. Отвращение, таким образом, действует как привратник, помогающий отличить безопасную пищу от той, которую лучше не брать в рот.

У отдельных видов животных эволюция четко предопределила виды пищи, вызывающие отвращение, так как предки регулярно с ними контактировали. Вороны, например, от рождения не любят пчел (если их съесть, они могут укусить) и бабочек-монархов (они вызывают тошноту)^[284]. Благодаря автоматической защите им не надо методом проб и ошибок узнавать, что пчелы жалят, а от монархов тошнит.



Рис. 11.2. Кузнечики вызывают отвращение в западной культуре, хотя в некоторых других считаются деликатесом

Люди жили и продолжают жить в очень разных местах, и их рацион из-за этого сильно варьируется. Эволюция не предусмотрела механизмов защиты от такого широкого спектра потенциальных опасностей, поэтому людям приходится самостоятельно узнавать, что вокруг съедобно, а чего лучше избегать. Видимо, эволюционное правило сформулировано таким образом, что продукты, которые человеку давали в детстве, воспринимаются как безопасные, а те, с которыми он не контактировал, — нет [\[285\]](#). Из-за этого дети, выросшие на побережье Северной Америки, начинают любить морских ракообразных, но не любят термитов, которых им не дают, а дети из Центральной Африки с аппетитом едят термитов и воротят нос от омаров.

И термиты, и лангусты — это членистоногие. Они схожи с пищевой точки зрения. Тем не менее в качестве еды они вызывают разные эмоции. Если какой-то продукт в детстве был недоступен, он будет казаться не просто невкусным, но и неприятным, выпадет из диапазона допустимого. Потенциально съедобных объектов, которые считаются отвратительными во всех культурах, совсем немного.

Странно, что западные ученые, интересовавшиеся формированием чувства отвращения, использовали в качестве стимула именно кузнечиков, которые считаются деликатесом в Китае, Индонезии, Таиланде, Японии, Мексике и Уганде. Желание маленьких детей съесть печенье с кузнечиками и выпить напиток, в который попало это насекомое, противоречит интуиции только с англо-европейской точки зрения.

* * *

Может быть, отвращение — сильная защита от бактерий, вирусов, грибов и паразитов. Однако люди болеют не только инфекционными заболеваниями, и поэтому у нашего представления о болезнях есть и другие грани. Причиной бывает недостаток питательных веществ (например, рахит, цинга) или генетические патологии (например, болезнь Гентингтона, муковисцидоз). Иногда организм поражает сочетание генетических и средовых факторов (например, диабет, болезни сердца, рак). Медицина лишь недавно классифицировала причины большинства человеческих заболеваний. До этого главным объяснением всех болезней — микробных, пищевых и генетических — считали дисбаланс внутренних жидкостей, «гуморов»^[286].

Начиная с Гиппократов, врачи рассматривали болезни с точки зрения четырех основных гуморов (соков): сангвинического (кровь), флегматического (слизь), холерического (желтая желчь) и меланхолического (черная желчь). Каждый гумор связывали с определенным органом (кровь — с сердцем, слизь — с мозгом, желтую желчь — с печенью, черную — с селезенкой), временем года (кровь — весна, слизь — зима, желтая желчь — лето, черная желчь — осень) и элементом сотворения мира (кровь — воздух, слизь — вода, желтая желчь — огонь, черная желчь — земля).

Болезни объяснялись с точки зрения гуморального дисбаланса. Считалось, что из-за избытка крови появляются головные боли, избыток слизи приводит к эпилепсии, желтой желчи — к лихорадке, а черной желчи — к депрессии. Лечение должно было избавить тело от лишних гуморов и заключалось в том, чтобы вызвать рвоту, дефекацию или кровотечение. Последнее средство из этого арсенала —

кровопускание — особенно странное с современной точки зрения^[287]. Оно встречается во всем мире, хотя неизменно наносит больному больше вреда, чем пользы. Именно от кровопускания умер Джордж Вашингтон: из его тела выпустили почти половину всей крови, пытаясь вылечить заболевание дыхательной системы. Сегодня врачи иногда применяют гирудотерапию — лечение пиявками, но польза этой методики заключается в антикоагулирующих свойствах слюны этих животных, а не в кровопускании как таковом.

Многие практиковали кровопускание, пытаясь восстановить баланс гуморов. Считалось, что гармония может нарушиться по целому ряду причин: из-за наследственности, неправильной диеты, неосмотрительного поведения, перемен погоды, переезда на новое место и дурного воздуха. Дурной воздух — «миазмы» — был самым популярным объяснением инфекционных заболеваний, например чумы и холеры. В головах первых врачей заразную природу этих заболеваний заслонял связанный с ними плохой запах (умирающие действительно пахнут не слишком приятно). Конечно, на самом деле не миазмы были причиной смерти, а смерть была причиной миазмов. На воздух столь же поверхностно списывали и малярию — само это слово по-итальянски буквально означает «дурной воздух». Считалось, что заболеть ей можно из-за болотных испарений, хотя проблема была в обитавших на болотах комарах, которые переносили инфекцию^[288].

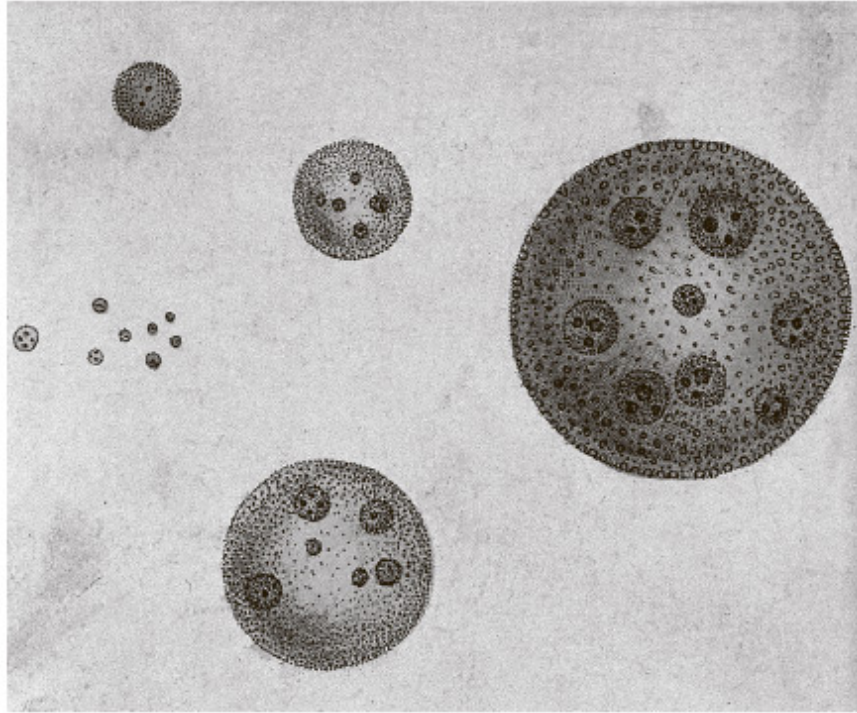


Рис. 11.3. На этом рисунке XVII века изображены «анималькули» — крохотные животные, заметные только под микроскопом

Несмотря на все свои недостатки, гуморальная теория оставалась популярной со времен Античности до середины XIX века. Ей на смену пришла микробная теория^[289]. Еще в 1546 году итальянский врач Джироламо Фракасторо написал трактат, в котором утверждал, что даже при правильном балансе гуморов можно заболеть из-за передачи невидимых частиц — «семян». Эта мысль была шагом вперед, так как подчеркивала роль заражения. Тем не менее Фракасторо не считал «семена» биологическими сущностями.

Более чем век спустя, в 1676 году, голландский ученый Антони ван Левенгук впервые увидел под микроскопом бактерии — в соскобе с собственных зубов. Левенгук назвал их «анималькули» — крохотные животные, — но не догадался, что анималькули связаны с болезнями. Первым человеком, который провел эту связь, стал французский ученый Луи Пастер. Произошло это почти два столетия спустя, в 1857 году.

Изучая роль дрожжей в ферментации пива и вина, Пастер пришел к выводу, что дрожжи — это живые микроорганизмы, которые превращают зерна крахмала в спирт. Затем он предположил, что роль

дрожжей в ферментации аналогична роли микробов в заболеваниях. Немецкий ученый Роберт Кох развил идеи Пастера и сделал ряд эмпирических прогнозов, которые вместе с Пастером сумел подтвердить с помощью экспериментов над сибирской язвой и бешенством. Результатом их работы стала не просто новая — микробная — теория заболеваний, но и новая область биологии, микробиология.



Рис. 11.4. Маленькие дети спокойно принимают еду, на которую кто-то чихнул. У них нет предпочтения к чистой тарелке справа по сравнению с загрязненной слева

Сегодня представление о микробах пронизывает общественное сознание и общественный дискурс. Даже самым маленьким детям постоянно о них твердят: «Этого не ешь, там микробы», «Мой руки с мылом, чтобы убить микробов», «Прикрывай рот, когда чихаешь, чтобы не разносить микробов». Все эти разговоры влияют на представления маленьких детей о болезнях^[290]. Дошкольники знают, что в гниющей пище есть микробы и если ее съесть — заболеешь. Они знают, что микробы есть у больных людей и от них можно заразиться. Они знают, что микробы могут передаваться от зараженных предметов (например, дохлого жука) незараженным (например, молоку в стакане). И они знают, что микробы очень малы и невидимы и поэтому могут незаметно переходить от одного объекта к другому.

Но несмотря на все эти познания, дети по-прежнему охотно трогают зараженные микробами предметы и едят зараженные

продукты. Ученые получили шокирующее доказательство того, что, как и отмечено выше, дети совершенно не думают об инфекции [\[291\]](#). Дошкольникам предлагали две тарелки с завтраком — чистую и в которую как будто кто-то чихнул. Дошкольники ели из второй тарелки с таким же удовольствием, как и из первой, и еду из обеих считали одинаково привлекательной. Знания о микробах явно не помогают.

Конечно, было бы слишком самонадеянно полагать, что дошкольники усвоят микробную теорию из бытовых разговоров, раз ученым потребовались сотни лет, чтобы ее открыть. Само заражение, может быть, представить несложно. Однако микроб — другое дело. Для детей это просто обозначение чего-то, от чего можно заболеть. Они не понимают, что микробы отличаются от других вредных веществ — пестицидов, дезинфицирующих средств, ядовитого дыма, тяжелых металлов, загрязнений, — не говоря уже о том, что микробы живые.

Это ярко продемонстрировало сравнение детского понимания микробов и ядов [\[292\]](#). В первой части исследования детям в возрасте от четырех до десяти лет задавали вопросы такого рода: «Девочка по имени Сюзан случайно вдохнула микробов и заболела, у нее появился насморк. Если подруга придет ее навестить, как ты думаешь, она может заразиться насморком? Мальчик по имени Сид вдохнул яд, у него быстро появился сильный кашель. Если к нему придет друг, он может заразиться кашлем?» Во второй части детей расспрашивали о том, едят ли микробы, размножаются ли они и движутся ли они самостоятельно. Потом те же вопросы задавали о ядах.

В обеих частях исследования дети младше десяти лет не видели различий между микробами и ядами. С одной стороны, они утверждали, что болезни, вызванные ядами, не менее заразны, чем вызванные микробами, и что ни яд, ни микробы не имеют никаких биологических свойств. С другой стороны, десятилетние дети правильно полагали, что микробные заболевания заразнее вызванных ядом, и правильно приписывали биологические свойства микробам, но не ядам. При этом общая доля биологических свойств, приписываемых микробам, была невелика — примерно половина. Такое же количество приписывали растениям, и это согласуется с закономерностями развития, которые были рассмотрены в [восьмой главе](#).

Другое исследование на эту тему было посвящено пониманию разницы между инфекционными и наследственными заболеваниями^[293]. Детей в этом исследовании просили рассмотреть сценарий усыновления, схожий с описанным в [девятой главе](#) («Рост») и [десятой главе](#) («Наследственность»): «У мистера и миссис Робинсон есть маленькая дочка: она родилась из живота миссис Робинсон. Сразу после рождения она стала жить с мистером и миссис Джонс. Они назвали ее Элизабет, заботились о ней, кормили, покупали ей одежду, обнимали ее и целовали, когда ей было грустно. Мистер и миссис Робинсон не различали некоторые цвета: они не видели желтый. А у мистера и миссис Джонс с этим проблем не было, и они различали желтый цвет. Как ты думаешь, что будет, когда Элизабет вырастет? Она будет видеть желтый цвет, как мистер и миссис Джонс, или *не сможет* его различать, как мистер и миссис Робинсон?»

В одних вариантах были описаны генетические заболевания, например цветовая слепота; в других — инфекционные, например грипп. Дети младше десяти лет не умели четко разделять эти причины и связывали все болезни с *биологическими* родителями. По их мнению, Элизабет не только с большой долей вероятности будет страдать цветовой слепотой, как ее биологические родители, но и будет болеть гриппом, если у тех была эта болезнь. Если бы дети понимали, что инфекционные заболевания передаются при контакте, то есть путем физического переноса микробов, они должны были бы наделять ими Элизабет только в случае, если больны приемные родители. Однако приемных родителей дети редко считали определяющим фактором здоровья Элизабет. Видимо, они думали, что инфекционные заболевания, как и генетические, наследуются при рождении. Связь между микробами и болезнями в детской голове явно размыта.

* * *

Связь между болезнями и микробами нечеткая и в голове взрослых. Подумайте о распространенном убеждении, что можно простудиться из-за того, что холодно. И в восточных, и в западных культурах советуют надевать теплое пальто, толстые шарфы и сухие носки, чтобы отпугнуть болезнь. Однако низкая температура сама по

себе не повышает вероятности заразиться простудой. За сотню лет иммунологи не обнаружили корреляции между холодом и болезнью^[294]. Представление, что от холода простудишься и умрешь, — это бабушкины сказки, или, как выражаются психологи, «народное поверье».

Поверья такого рода весьма привлекательны, потому что рекомендуют меры профилактики, не требуя фоновых знаний о передаче заболеваний. Любой может послушаться совета и держаться в тепле и сухости независимо от того, считает ли он причиной болезни микробы или гуморы. Тем не менее народные поверья часто ошибочны и вызывают поведение, мешающее адаптации. Единственно верное средство сохранить здоровье — это знать истинные причины болезни.

Психолог Терри Кит Фонг Ау и ее коллеги хорошо показали это в своих исследованиях санитарного просвещения. Опираясь на описанные выше результаты, они разработали программу обучения причинам простуды и гриппа, направленную на профилактику этих заболеваний. Они назвали ее «Подумай о биологии»^[295]. В отличие от традиционных программ, сосредоточенных на поведении (что надо и не надо делать, чтобы не заболеть), новая программа делала акцент на знаниях (почему и как нужно предотвращать простуду и грипп). Ученые прежде всего хотели объяснить ученикам, что микробы — это живые, размножающиеся биологические организмы, а не инертные вещества вроде ядов. В ходе обучения подчеркивались четыре ключевых принципа:

1. Вирусы — это крохотные живые существа, невидимые невооруженным глазом.

2. Вирусы простуды и гриппа способны выдержать несколько часов в холодном влажном воздухе, но быстро погибают под действием тепла и дезинфицирующих средств.

3. Только живые вирусы могут вызвать простуду и грипп.

4. Вирусы простуды и гриппа попадают в организм через глаза, нос и рот.

Эффективность своей программы Ау проверила на группе гонконгских третьеклассников. Она сравнила их успехи с результатами сверстников, прошедших более традиционные программы санитарного просвещения, в которых биологические основы простуды и гриппа как инфекций не рассматривались вообще, а вместо этого обсуждались

симптомы, методы лечения, осложнения, профилактическое поведение («что делать») и рискованное поведение («чего не делать»).

До и после каждой из двух программ ученые оценивали понимание детьми инфекций с помощью трех заданий. В первом надо было назвать виды поведения, приводящие к заражению простудой и гриппом, и объяснить, почему это происходит. Во втором задании ученикам показывали видеоролики с бытовыми ситуациями и просили определить, где появляется риск заболеть простудой и гриппом: например, тереть глаза, грызть ногти, передавать ластик, перед этим чихнув на него. Третье задание было не таким прямолинейным. В нем детей приглашали в отдельную комнату и просили помочь разложить крекеры в пластиковые пакеты для обедов. На столе рядом с крекерами и пакетами стояла бутылка жидкости для обеззараживания рук. Ученых интересовало, будут ли дети без подсказок мыть руки, прежде чем дотронуться до крекеров.

Оказалось, что после обеих программ дети лучше объясняли болезни с точки зрения передачи микробов. Однако только программа «Подумай о биологии» помогала им понять, почему передача микробов вредна (а именно потому что микробы начинают размножаться внутри своего нового хозяина). И только после этой программы дети реже упоминали холодную и влажную погоду в качестве причины простуды и гриппа. Если говорить о выявлении рискованного поведения, дети в традиционной программе начинали узнавать факторы риска, которые изучали непосредственно (например, чихнуть), но не умели определить не рассмотренные ситуации (например, поделиться напитком). В то же время участники программы «Подумай о биологии» выявляли опасность и в первом, и во втором случаях. Но самое главное, что после новой программы дети чаще пользовались средством для мытья рук перед тем, как прикоснуться к пище. Этот показатель вырос более чем вдвое — с 15% до обучения до 41% после.

Группа Ау достигла успеха и в просвещении подростков о биологических основах заболеваний, передаваемых половым путем^[296]. Преимущество таких программ заключается не только в том, что после них участники точнее понимают природу инфекций, но и в том, что их мышление становится гибче. Никакой курс не способен охватить все виды действий, которые могут привести к передаче

конкретной болезни. Но даже если бы это было возможно, учащиеся, скорее всего, не запомнили бы этот перечень. Эффективная программа должна давать студентам концептуальные инструменты, с помощью которых они смогут оценить риск в момент появления новой ситуации, потенциально связанной с болезнью.

Именно такой случай — примечательное изменение поведения учеников — Ау и ее коллеги наблюдали в гонконгских школах, где проходила проверка программа по простуде и гриппу. Дети прилежно мыли руки перед обедом, но уже через несколько минут после этого снова заражали их, потому что прикасались к маскам, которые носили для профилактики атипичной пневмонии — в 2003 году была вспышка этого заболевания. Маски были самым заразным предметом в их окружении, так как были покрыты микробами, отфильтрованными из воздуха в течение всего дня.

Правила «Не трогай маску» не было в традиционной программе профилактики простуды и гриппа, однако его можно было вывести из общих принципов, излагаемых в программе «Подумай о биологии». И действительно, в заключительном задании на определение факторов риска многие дети сами пришли к выводу, что дотрагиваться до маски опасно.

* * *

В исследованиях Ау дети, узнав о микробном происхождении простуды и гриппа, переставали списывать их на холодную и влажную погоду. Однако другие народные поверья о причинах инфекционных заболеваний не так легко поколебать. Это относится к убеждениям, имеющим привкус сверхъестественного. Страх перед болезнью простирается далеко за пределы светских тем и выходит в царство богов, ангелов, предков и духов.

Для христиан и иудеев исцеление — одна из самых частых молитвенных просьб^[297]. Божественной помощи ищут даже в случае инфекционных заболеваний, например гепатита и пневмонии. Дело не в том, что люди не понимают причины — заражения микробами. Они просто считают, что Бог и микробы не исключают друг друга. Первый отвечает за здоровье человека издалека, а вторые — вблизи. Иначе

говоря, Бог — это ответ на вопрос, «почему» человек заболел, а микробы — на вопрос, «как» он заболел.

Для представителя западной цивилизации молитвы о выздоровлении — совершенно безобидное действие. Однако мы менее снисходительны к вере в сверхъестественное, которая наблюдается в других культурах, как, например, к креольскому верованию, что туберкулез вызван колдовством, или к поверью хмонгов, что эпилепсия вызвана одержимостью духами, или африканскому поверью, что ведьмы могут наслать СПИД. Все это многим западным людям кажется глупостью, однако психологи пришли к выводу, что форма и функция таких верований такая же, что и убеждение иудеев и христиан в причастности Бога к здоровью человека.

Давайте рассмотрим веру в то, что СПИД вызван действием колдунов^[298]. Медицинские работники потратили много сил, пытаясь разубедить в этом африканцев, полагая, что именно религия мешает им воспринимать научную информацию о СПИДе и ВИЧ — вирусе, вызывающем эту болезнь. Однако большинство взрослых африканцев и даже многие дети знают основные факты о вирусе иммунодефицита. Они знают, что он передается половым путем или через контакт с кровью и *не передается* при контакте кожи с кожей, что у носителя ВИЧ не обязательно проявляются симптомы СПИДа, а также о том, что из-за СПИДа человек становится худым и слабым, но худоба и слабость не вызывают СПИД. При этом они все равно продолжают считать, что СПИД вызван колдовством и его могут наслать завистливые соседи и недовольные предки.

НЕ ДАЙ СЕБЯ ОБМАНУТЬ!
СПИД — НЕ КОЛДОВСТВО,
А РЕАЛЬНОСТЬ



Рис. 11.5. В ряде африканских стран санитарное просвещение было нацелено на борьбу с поверьем, что СПИД вызван колдовством. Это видно на плакате, выпущенном организацией The Kenya AIDS NGOs Consortium в Найроби

Когда взрослых африканцев просили объяснить, каким образом СПИД вызывают и вирус, и колдовство одновременно, они строили сложные причинно-следственные связи, например такие:

- Колдовством можно обмануть человека и заставить его переспать с носителем вируса.
- Если ведьма ослабит презерватив, он порвется.
- Люди, которые ее ненавидели, заплатили ведьмам, а те поставили на ее пути вирус.
- Он был заколдован и спал с зараженными людьми.

— Ведьмы могут убить чем угодно: и черной магией, и ВИЧ.

Вера в колдовство и вирусы переплетается в головах многих африканцев. Более того, она, видимо, развивается параллельно. Убеждения о сверхъестественных причинах заражения ВИЧ появляются уже после того, как дети получили биологические знания на эту тему. Ведьм винят в СПИДе не наивные дети, а взрослые.

Аналогичная схема наблюдается в Индии и Вьетнаме^[299]. Многие взрослые там исповедуют смесь биологических и сверхъестественных объяснений болезней, хотя дети в этих регионах усваивают биологические объяснения раньше, чем сверхъестественные. Даже в Соединенных Штатах дети реже, чем взрослые, ссылаются на сверхъестественные причины заболеваний, в особенности на то, что они могут быть вызваны аморальным поведением.

Болезни не подчиняются законам морали и праведников поражают не реже, чем грешников. Тем не менее многие взрослые, даже люди с высшим образованием, считают иначе. Посмотрите на следующую сценку из исследования представлений детей и взрослых о моральных предпосылках болезней: «Питер и Марк разговаривают о человеке, недавно умершем от загадочной болезни. Он вел здоровый образ жизни, и не было явных причин заразиться. “Я знаю, что неприятности бывают и у хороших, и у плохих людей, — сказал Питер, — но, по моему, чаще все-таки у плохих. Он не был достойным человеком. Он обманывал, лгал, многих ограбил. Что посеешь, то и пожнешь”. “Я не согласен, — возразил Марк. — Плохие люди страдают от тяжелых заболеваний не чаще, чем хорошие. Эта поговорка здесь не работает”»^[300].

Когда двенадцатилетних детей спрашивали, с кем они согласны — с Марком, считающим болезнь случайностью, или с Питером, думающим, что болезнь можно заслужить, — 80% вставали на сторону Марка, а 20% — на сторону Питера. Когда то же самое слышали взрослые, с Марком соглашались 60%, а с Питером — 40%. Другими словами, взрослые в два раза чаще, чем дети, были склонны обвинять плохого человека в его недугах. В этих результатах отразилось, в частности, популярное среди взрослых мнение, что люди, умершие от рака, сами виноваты. В воображении американцев онкологические заболевания занимают такое же важное место, как и ВИЧ у

африканцев, и ни в одной связанной с медициной теме, кроме вакцинации, нет такого разгула антиинтеллектуализма^[301]. Шарлатаны в изобилии представлены в интернете, в книгах по самопомощи, в телевизионных шоу. Они сеют мифы и о причинах рака (сахар, цитрусовые, грибы, современный стиль жизни, негативное мышление), и о способах его лечения (пищевая сода, имбирь, медитация, клизмы кофе).

Может быть, взрослые знают о болезнях и их передаче больше, чем дети, но понимание механизмов не объясняет причин этого явления, а вопрос «почему?» беспокоит очень многих. Он преследует нас, когда мы сталкиваемся с собственной болезнью или болезнью близких, он заставляет повернуться от науки к миру сверхъестественного. Представители разных культур, независимо от своих биологических познаний, чувствуют потребность в объяснении, выходящем за пределы простой случайности. Иногда проще списать болезнь на завистливую ведьму или мстительного бога, чем не иметь вообще виноватых.

Глава 12. Адаптация

Почему есть столько форм жизни? Как они меняются со временем?

Когда в детстве я узнал, что Исаак Ньютон «открыл гравитацию», я подумал: «Господи, ну и легкая тогда была наука!» Кажется, не надо быть гением, чтобы понять, что предметы без опоры падают. Но, разумеется, Ньютон не просто обнаружил факт гравитации, но и нашел ему объяснение — понял, что она тянет друг к другу два тела с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

То же самое верно для Чарльза Дарвина. Дарвин не просто «открыл» факт эволюции: над ее теоретической возможностью размышляли еще в древности, а как биологическую реальность ее изучали десятки лет до того, как Дарвин появился на свет^[302]. Дарвин прославился именно объяснением процесса эволюции — выборочного выживания и размножения наиболее приспособленных представителей вида на протяжении многих поколений.

Открытие Дарвином механизма эволюции — естественного отбора — повлекло за собой цепочку новых идей^[303]. Первой из них было то, что популяции организмов обладают потенциалом к экспоненциальному росту численности. Эта истина одновременно и математическая, и биологическая. Если каждый организм в популяции оставит после себя двух потомков, то с каждым следующим поколением размер популяции будет удваиваться и возрастет с двух особей в первом поколении до 32 в пятом и 1024 в десятом.

Сам Дарвин проиллюстрировал эту мысль в своем главном труде — «О происхождении видов» — на примере пары слонов, которая всего за 750 лет породила бы более 19 миллионов потомков^[304]. Но поскольку очевидно, что популяции не увеличиваются до таких размеров, планету не заполнили ни слоны, ни любой другой вид организмов: большинство особей не оставляют после себя потомства. Это вторая важная идея Дарвина: рост популяции сдерживается

ограниченными ресурсами. В окружающей среде не так много пищи, безопасных мест и половых партнеров, поэтому организмам приходится конкурировать за эти ресурсы даже в рамках своего вида. Все формы жизни вовлечены в борьбу за существование, и лишь малая доля выживает, достигает зрелости и размножается.

Кто побеждает в борьбе? Те, кто родился с признаками, которые помогают добыть ресурсы и не попасться хищникам. В этом заключалась третья идея Дарвина. Борьба за существование неравная. Некоторые организмы появляются на свет с чертами, повышающими вероятность выживания и рождения следующего поколения. Их потомки, в свою очередь, с большой долей вероятности унаследуют признаки, благодаря которым выжили и размножились их родители. Тот факт, что черты наследуются, был четвертым озарением Дарвина. Генетические победители передают свои победы потомкам.

Дарвин понял и то, что этот процесс постоянно повторяется. Все организмы с полезными чертами выживают чаще и размножаются лучше, чем те, кому достались менее полезные черты, поэтому доля особей с полезными чертами растет и эти признаки становятся характерными для популяции в целом. Случайная особенность одного организма — чуть более длинный хобот, твердый панцирь, острый коготь — становится стандартом, если она продолжает быть полезной в бесконечной борьбе за существование.

Подытоживая, ключевые идеи Дарвина заключались в следующем:

- 1) организмы оставляют больше потомства, чем способна выдержать среда;
- 2) организмы обречены на борьбу за существование;
- 3) одни организмы справляются в борьбе лучше других благодаря врожденным особенностям;
- 4) полезные признаки наследуются;
- 5) эти признаки со временем становятся более выраженными, так как организмы, родившиеся с менее полезными чертами, вымирают (генетические проигравшие), а с более полезными начинают доминировать в популяции (генетические победители).

Идеи Дарвина привели к качественно иному взгляду на эволюцию, делающему акцент на выбывании неприспособившихся форм, а не на появлении приспособившихся, а также на изменениях популяций, а не отдельных особей. Дарвин не был первым биологом, задумавшимся о

причинах адаптации видов к среде: его предшественники и современники выдвинули целый ряд других теорий. Однако эти теории делили биологический мир неправильно. Виды они рассматривали как целостные сущности, а не как совокупность разнообразных особей, а к эволюции относились как к единой адаптации, а не дифференцированному выживанию^[305].

Самой знаменитой альтернативой дарвинизму была теория, предложенная французским биологом Жаном-Батистом Ламарком. Он утверждал, что организмы в течение жизни приобретают адаптивные признаки, так как используют или не используют уже имеющиеся черты, а потом передают свои признаки потомству. Например, жираф мог получить такую длинную шею благодаря тому, что много лет тянулся за высокими листьями, а орел стал лучше видеть, потому что фокусировал зрение на отдаленной добыче. Эти изменения передавались потомству, и следующее поколение жирафов рождалось с чуть более длинными шеями, а следующее поколение орлов — с несколько улучшенным зрением.

Ламарк ошибался: потомство не наследует приобретенные родителями особенности. Но теория Ламарка качественно отличается от взглядов Дарвина не этим. Проблема в том, что, если верить ей, все представители вида эволюционируют коллективно: все жирафы стремятся к длинным шеям, а все орлы — к лучшему зрению. В результате следующее поколение любого вида рождается чуть более приспособленным к среде, чем предыдущее.

Однако в реальности не существует биологического механизма, благодаря которому все следующее поколение рождалось бы более адаптированным. Одни организмы оказываются приспособлены лучше, другие хуже. Последние просто удаляются из пула генов, так как умирают, не оставив потомства. Дарвин, в отличие от Ламарка, понял, что биологическая адаптация — не один процесс, а два: изменчивость и отбор. Изменчивость слепа: потомки отличаются от родителей (и друг от друга) непредсказуемым образом. А отбор разборчив. Он «выпалывает» мутации, мешающие приспособлению, меняя общий ландшафт жизнеспособных изменений. В результате получается не популяция более адаптированных особей, а популяция, в которой адаптированных особей больше.

Научному сообществу потребовалось несколько десятилетий, чтобы признать гениальность теории Дарвина. Даже спустя 50 лет после того, как он ее предложил, многие биологи все еще отдавали предпочтение альтернативным теориям, в том числе теории ортогенеза Теодора Эймера, считавшего эволюцию побочным продуктом законов органической материи, или теории ускоренного роста Эдварда Копа, согласно которой эволюция — форма ускоренного эмбрионального развития, и даже теории Ламарка о наследовании приобретенных признаков^[306]. Окончательно убедило биологов в правоте Дарвина то, что его принципы сочетаются с генетическим пониманием наследственности, которое сложилось через много лет после смерти ученого. Гены показывают причину разнообразия признаков, которое постулировал, но не мог объяснить Дарвин. Сегодня биологи не только считают естественный отбор причиной эволюции, но и убеждены, что эволюция на базе естественного отбора — это основа, объединяющая биологические науки. Как выразился один современный биолог, «в биологии все имеет смысл исключительно в свете эволюции»^[307].

* * *

История повторяется. Биологи начала XX века, не оценившие важности естественного отбора, давно умерли, но школьники, изучающие сегодня биологию, по-прежнему не видят его значения. Многие вообще не верят в существование эволюции и придерживаются креационистских толкований биологической адаптации, к которым мы еще вернемся в последней главе книги. Но даже среди тех, кто принимает эволюцию, далеко не все понимают ее механизмы.

Взгляните на следующую задачу. Допустим, ученые открыли на острове новый изолированный вид дятлов. Клюв у них в среднем два с половиной сантиметра в длину, а единственный источник пищи — один из видов насекомых, живущих в среднем на глубине почти четырех сантиметров под корой деревьев. Если два дятла спарятся, какой вид клюва, скорее всего, будет у потомства?

1. Длиннее, чем у родителей.
2. Короче, чем у родителей.
3. Либо короче, либо длиннее с одинаковой вероятностью.

Правильный ответ третий, потому что птенцы будут отличаться от родителей случайным образом. В ходе отбора могут оставаться длинные, а не короткие клювы, но источники отличий между поколениями — мутации и генетическая рекомбинация — слепы к потребностям птиц. Большинство людей выбирают не третий вариант, а первый, предполагая, что эволюция гарантирует лучшую адаптацию потомства к среде по сравнению с родителями. Обычно это обосновывают фразами вроде «Им нужен более длинный клюв, чтобы достать до еды», «Это требуется для выживания», «Они адаптируются к своей среде» или просто «Такова эволюция».

Это был один из нескольких вопросов в тесте, который мы с коллегами составили для определения, понимают ли учащиеся роль естественного отбора^[308]. Из всех интуитивных теорий, рассмотренных в этой книге, представления об эволюции я знаю лучше всего, так как более десяти лет изучал их содержание, структуру и происхождение. Меня не перестает удивлять, насколько они похожи на теории эволюции, бытовавшие до Дарвина. Задумываясь на эту тему, большинство людей следует по стопам Ламарка, как будто никакого Дарвина не было и концепцию естественного отбора еще не открыли. Люди верят, что организмы наследуют те признаки, которые им нужно унаследовать для процветания в текущей среде, и что этот процесс происходит единообразно во всем виде. Изменчивость и отбор не играют никакой роли в массовом понимании эволюции.

Вот еще один вопрос, на который большинство людей отвечают неправильно: «На протяжении XIX века один вид бабочек в Англии — березовая пяденица (*Biston betularia*) — эволюционировал и приобрел более темную окраску, чтобы адаптироваться к загрязнению среды в ходе промышленной революции. Представьте себе, что биологи случайным образом собирали коллекцию березовых пядениц каждые 25 лет с 1800 по 1900 год. Какой спектр окраски вы ожидаете увидеть в каждый момент времени?» Участникам давали таблицу с очертаниями бабочек: пять рядов и пять столбиков. Ряды были обозначены годами: 1800, 1825, 1850, 1875 и 1900. Задачей участника было раскрасить насекомых так, чтобы изобразить случайную выборку, собранную в каждый период.

Правильный ответ, который давали далеко не все участники, — это закрашивать все больше бабочек в ряду, чтобы изобразить постепенное

распространение в популяции случайной мутации — более темного цвета. В первом ряду может быть всего одна серая бабочка и четыре белых, во втором — три белых и две серых, в третьем — две белых и три серых и так далее. Неправильный, но самый популярный ответ — это единообразно окрашивать насекомых в более темный цвет от ряда к ряду: например, в первом ряду оставить всех бабочек белыми, во втором — закрасить всех светло-серым, в третьем — темно-серым, и так далее.

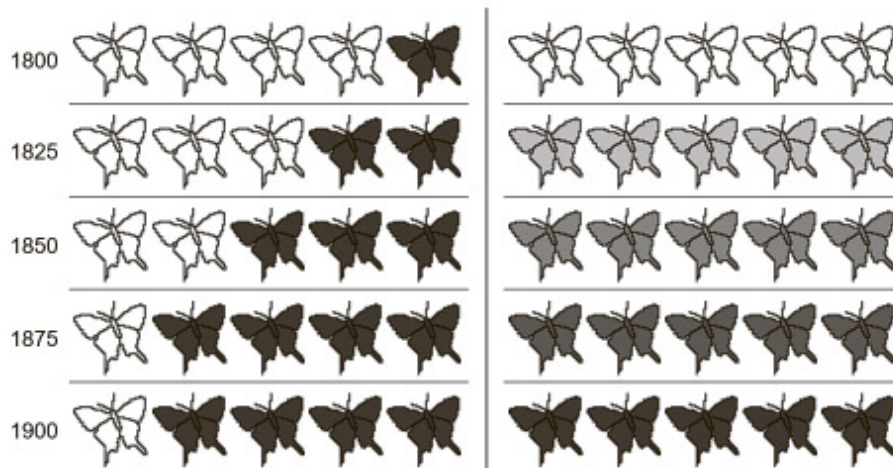


Рис. 12.1. Эволюцию часто ошибочно представляют не как селективное выживание и размножение некоторой подгруппы вида (таблица слева), а как преобразование всего вида (таблица справа)

Ключевое различие между этими подходами заключается в учете вариабельности (цвета) в рамках одного поколения. В первом случае отличия отражены как внутри, так и между поколениями. Во втором — изменения заметны только между поколениями: все бабочки приобретают более темный оттенок синхронно.

Придумав эту задачу, я быстро понял, что она будет успешно отсеивать людей, которые правильно понимают эволюцию (процесс, приводимый в движение отбором). Это сработало у одной из первых участниц эксперимента. Она закрасила один столбик бабочек от светлого к темному, а потом остановилась. «Мне продолжать?» — спросила она. «Да, конечно», — ответил я, не сообразив, почему она решила, что можно остановиться. Она продолжила и закрасила бабочек в четырех оставшихся столбиках точно так же, как в первом

столбце: от белого к светло-серому, потом темнее, еще темнее и черным. Она явно показала эту закономерность в одном столбце. Зачем раскрашивать дальше?

Задача на раскрашивание бабочек проверяет понимание, что внутривидовые вариации — это необходимое условие адаптации. Это один из десятков тестов, которые мы с коллегами придумали, чтобы отличить людей, понимающих эволюцию, от тех, кто ее не понимает. Другие задачи оценивали разные грани эволюции: наследственность, популяционные изменения, одомашнивание, видообразование и вымирание. Оказалось, что участники, придерживавшиеся недарвиновских взглядов в одной теме, обычно заблуждались и почти во всех остальных. В частности, те, кто выбирал в описанном выше вопросе про дятла первый вариант, то есть проявлял веру в направленную изменчивость, обычно раскрашивали бабочек без каких-либо отличий внутри поколения.

Вымирание и видообразование — особенно интересные случаи. С постдарвиновской точки зрения вымирание — это отбор в большом масштабе: когда смертность превышает рождаемость, вид вымирает. Видообразование же с этой точки зрения является отбором, действующим на географически изолированные популяции. Когда части популяций одного вида в разных средах подвергаются разному давлению отбора, из них возникают новые виды. Тем не менее люди, как правило, не рассматривают вымирание и видообразование с таких позиций. Они считают вымирание редким событием, в ходе которого вид стирается с лица планеты каким-то катаклизмом (например, кометой или наводнением), а видообразование — редким событием, в ходе которого эволюция превращает одну популяцию в другую (например, обычных обезьян в человекообразных).

До Дарвина биологи тоже придерживались таких взглядов. Для них вымирание и видообразование было не повседневным действием естественного отбора, а редкостью, возникающей при необычных обстоятельствах. Тенденция наших современников, изучающих эволюцию, разделять их мнение указывает на то, что такие заблуждения — не изолированные ошибки, прививаемые плохими учителями или непонятными текстами, а, скорее, глубоко укоренившееся непонимание, вытекающее из теории эволюции,

которой не хватает постдарвиновских концепций изменчивости и отбора.

Это подтверждается стойкостью и огромной популярностью неправильного понимания эволюции [309]. Подобные заблуждения были отмечены как у учащихся, которых еще не познакомили с эволюцией, так и у тех, кто изучал эту тему несколько лет. Они есть в младших, средних и старших классах, а также у взрослых с высшим образованием. Они бытуют даже в группах, которые, вообще говоря, должны разбираться в предмете: среди старшекурсников, специализирующихся в биологии, студентов-медиков, среди магистрантов-биологов и даже у учителей биологии.



Рис. 12.2. На выставках собак ярко проявляется эссенциалистское мышление. Конкурсантов сравнивают с неким идеальным образцом и отклонения считают не естественными и ожидаемыми, а аномальными и проблемными

Эволюционные заблуждения явно сложно поколебать. Дело даже не в вере в наследование приобретенных черт (теория Ламарка) или в то, что эволюция приводится в движение ускоренным эмбриональным развитием (теория Копа). Проблема в том, что учащиеся убеждены в единообразной адаптации всех представителей вида в соответствии с текущими потребностями [310]. Это додарвиновский взгляд на эволюцию по существу и духу, а не в деталях.

Физики говорят, что природа не терпит пустоты^[311]. Биологи — что природа не терпит категорий. Жизнь на Земле слишком разнообразна, чтобы вписываться в строгие рамки. Дарвин осознавал это лучше, чем любой биолог до него. Путешествие на Галапагосские острова — ему тогда было чуть больше 20 лет — и наблюдения за несколькими видами обитавших там выюрок впечатлили его тем, насколько непохожими могут быть представители одного вида (или рода)^[312].

Однако такое глубокое понимание variability было исключением не только в биологии того времени, но и для человечества в целом. Большинство считают разнообразие не более чем ошибкой, отклонением от какой-то «истинной» формы. Собаководство — образец такого подхода. Судьи и участники выставок ломают голову, пытаясь определить, какая собака — лучшая в своей породе. Вариации, например чуть более короткая морда или нетипично длинные ноги, рассматриваются как недостатки, хотя в реальности являются достоинством. Без разнообразия не было бы никаких такс и далматинцев, ретриверов и ротвейлеров, не говоря уже о том, что собаки не отличались бы от волков.

Биолог Стивен Джей Гулд много писал о том, что мы неправильно интерпретируем разнообразие, присущее биологическим системам. Люди обращают внимание на усредненные значения, например среднюю длину морды сеттера или среднюю длину ног таксы, и игнорируют и отвергают отклонения. По мнению Гулда, неправильная интерпретация разнообразия восходит к Платону, утверждавшему, что наше восприятие мира лишь иллюзия, за которой скрывается более глубокая, истинная реальность, как тени на стене пещеры — это лишь иллюзии тех предметов, которые их отбрасывают. «Платоновское наследие, — пишет Гулд, — подталкивает нас видеть в средних величинах и медианах^[313] жесткие “реальности”, а диапазон значений, по которым их вычисляют, считать преходящими, несовершенными измерениями этой скрытой сущности... Однако любой биолог-эволюционист скажет, что разнообразие как таковое — единственная неустранимая сущность природы. Это жесткая реальность, а не набор

несовершенных измерений центральной тенденции. Абстрактны как раз средние и медианы».

Хотя Гулд винит Платона в том, что мы предполагаем существование «скрытых сущностей», эссенциализм — как мы уже видели в [девятой главе](#) и [десятой главе](#) — является важнейшей чертой человеческого познания. Мы были бы эссенциалистами, даже если бы Платона не существовало. Вспомните сказку Ганса Христиана Андерсена о гадком утенке^[314]. В ней птенец лебедя попадает в утиное гнездо. Над маленьким лебеденком смеются, потому что его внешность и поведение не похожи на утиные. Потом он вырастает и начинает выплядывать и вести себя как прекрасный лебедь. Эта сказка понятна читателям всех возрастов — даже совсем маленьким, — потому что мы инстинктивно знаем, что, как выразился Андерсен, «не беда появиться на свет в утином гнезде, если вылупился из лебединого яйца».

Мы знаем, что причины, по которым из гадкого утенка вырос прекрасный лебедь, никак не связаны с тем, что он ел, где жил и к чему стремился. Он просто родился лебедем. А его рождение лебедем не зависело от того, что ели его родители, где они жили и чего хотели. Родители тоже родились лебедями. Подобное рождает подобное. Это допущение полезно, когда мы рассуждаем об особенностях отдельных организмов, потому что вид хорошо предсказывает его черты. Зная, что организм — это лебедь, можно точно представить себе, как он должен выплядывать (коричневый в детстве, белый во взрослом возрасте), где он должен жить (у воды), чем питаться (растениями) и как размножаться (откладывать яйца).

Тем не менее, несмотря на преимущества, которые дает эссенциализм при рассуждениях об особях, он становится вреден, когда речь заходит о популяциях. Потомство напоминает своих родителей, но не является их точной копией. Каждый организм уникален, а популяции очень разнообразны, однако эссенциализм заставляет игнорировать эти различия или относиться к ним как к отклонениям. Лебедь — это и есть лебедь.

Склонность приписывать биологическим видам сущности заложена не только в культуре, например на выставках собак и цветов, но и в языке. Мы называем организмы одним словом — «утка» или «лебедь», — и эти ярлыки подталкивают расширять то, что уже

известно об одном представителе вида, на весь вид в целом^[315]. Если кто-то скажет, что лебеди с момента рождения умеют плавать (это правда), вы поймете это не в том смысле, что *большинство* лебедей умеет плавать с рождения. Будет понятно, что имеется в виду умение *всех* лебедей: если организм — лебедь, это наделяет его врожденной, сущностной способностью плавать.

В нашей лаборатории мы изучали этот феномен, прося людей оценить вариабельность признаков у разных организмов. Например, мы предлагали взрослым и детям от четырех до девяти лет шесть видов животных — жирафов, кенгуру, панд, кузнечиков, муравьев и пчел — и просили оценить, отличаются ли их представители по своим признакам^[316]. Конкретно нас интересовали поведенческие признаки и два вида анатомических — внешние и внутренние.

Мы спрашивали участников исследования, отличаются ли жирафы своим поведением (спят стоя), внешним видом (пятнистая шкура) и внутренним строением (дополнительный шейный сустав). Все это настоящие признаки жирафов. Те же самые вопросы мы задавали в отношении муравьев: отличаются ли они по поведенческим (живут в муравейниках), внешним (усики на голове) и внутренним (трубчатое сердце) признакам.

Опрос проходил в два этапа. Сначала мы интересовались, все ли животные данного вида имеют эти черты или только большинство («У всех жирафов пятнистая шкура или только у большинства из них?»), а затем — может ли родиться представитель вида с другим вариантом этого признака («Может ли появиться жираф с другим рисунком шкуры?»). Первый вопрос был направлен на оценку представлений о *фактическом* разнообразии признака в текущей популяции, а второй — о *потенциальном* разнообразии признака в некоторой популяции в будущем.

О каком бы виде животного и признаке мы ни спрашивали, дети в основном отрицали, что животные различаются между собой, но не были уверены, появятся ли отличия в будущем. Чаще всего они признавали вариативность поведения — возможно, потому, что считали, что животные могут контролировать (и тем самым менять) свое поведение. У взрослых было отмечено два вида ответов в зависимости от понимания процесса эволюции, которое мы измеряли отдельным набором заданий. Если человек понимал эволюцию

правильно, он говорил, что все признаки переменны как фактически, так и потенциально. Отрицание разнообразия почти всегда касалось внутренних признаков, так как в данном случае отклонение может поставить под угрозу само выживание животного. Взрослые, не понимавшие эволюции, отвечали точно так же, как дети. Они отрицали, что животные отличаются по своим признакам, особенно анатомическим.

Все признаки откуда-то появились и поэтому в какой-то момент эволюции вида должны были существовать в иных формах. Однако только взрослые, правильно понимавшие эволюцию (как процесс, приводимый в движение отбором), демонстрировали осознание этого факта. Взрослые, не понимавшие эволюцию, и дети, которые еще не успели про нее узнать, видимо, полагали, что переменность нетипична для биологических видов.

Впоследствии другая группа ученых провела немного измененный вариант этого исследования и обнаружила, что дети отрицают переменность признаков, даже если видят различия своими глазами^[317]. Авторы беспокоило, что в нашем исходном опросе дети отрицали возможность различий просто потому, что не могли себе их представить. Как, например, может выглядеть жираф без пятен? И где будет жить муравей, если не в муравейнике?

Чтобы разрешить эти сомнения, пяти- и шестилетним детям показывали новое, вымышленное животное и спрашивали о переменности его признаков, иллюстрируя вопросы картинками. Например, детям показывали «хергоба» — грызуна с пушистыми ушами — и спрашивали, у всех ли хергобов будут такие уши или только у некоторых. Первый вариант был проиллюстрирован изображением четырех пушистоухих хергобов, а второй — двух хергобов с пушистыми ушами и двух с голыми. Даже в этих условиях дети считали, что животные вряд ли будут отличаться друг от друга. Первый увиденный ими хергоб сформировал мнение, что все хергобы должны выглядеть похоже. Увидел одного хергоба — увидел всех.

* * *

Знать о разнообразии не то же самое, что понимать роль изменчивости в эволюции. Биологи времен Дарвина, безусловно, были в курсе вариабельности в рамках одного вида — она явно проявлялась в их обширных коллекциях флоры и фауны, — но не замечали ее связи с эволюцией. Историки науки, анализирувавшие переход от додарвиновских теорий эволюции к постдарвиновским, часто указывают на то, что понимание Дарвином разнообразия — это ключевое отличие его взглядов от воззрений его коллег. Но не менее важно и понимание Дарвином отбора — явления, которое не меньше противоречит интуиции.

Эту мысль хорошо иллюстрирует пародийный выпуск новостей в программе *Opion*. Репортаж озаглавлен «Самый кровавый день в истории. Естественный отбор убил тридцать восемь квадриллионов организмов». В нем говорится: «Естественный отбор сеет смерть в Африке южнее Сахары, в Тихом океане, в тропосфере и других раздираемых конфликтами регионах. Его жертвами уже пали императорские пингвины, коралловые змеи и сине-зеленые водоросли, а также несколько выводков синекрылых ос, скопления гиацинтов, 130 орангутанов и множество микроорганизмов. Как сообщается, все они оказались не готовы убежать от ужаса, сметающего их экосистемы. Многие считают тактику естественного отбора просто вопиющей. Похоже, убийца выбирает самые уязвимые организмы — особенно молодые и физически слабые — и без тени жалости с ними расправляется, пока другие представители вида в панике спасаются бегством»^[318].

Борьба за существование выглядит далеко не миловидно. Дарвин многое почерпнул у экономиста Томаса Мальтуса, писавшего о влиянии нехватки ресурсов на рост популяций^[319]. Используя математику и логику, Мальтус доказывал, что популяции не могут расти безгранично, так как это неизбежно приводит к нищете и раздорам.

Тем не менее нищета и конфликты редко затрагивают людей в сегодняшних индустриализированных сообществах — несмотря на то, что наш вид очень многочисленный. Успехи сельскохозяйственных технологий, архитектуры и медицины позволили человечеству бросить вызов борьбе за существование, характерной для всех остальных видов. Вообще говоря, мы про нее даже забываем. В развитых странах

большинство жителей имеют достаточно еды и не страдают от хищников, поэтому нам кажется, что то же верно и для других организмов. Об этом свидетельствует опрос студентов, проведенный на вводном курсе экологии^[320]. Как оказалось, они верят, что стабильные экосистемы характеризуются:

- изобилием пищи, воды и укрытий;
- гармоничным балансом между перенаселением и вымиранием;
- взаимовыгодными отношениями между землей и населяющими ее организмами;
- возможностью выживать и размножаться, доступной всем видам.

В собственных исследованиях я случайно обнаружил, насколько противоречит интуиции мальтузианский взгляд на мир. Мне нужно было проанализировать результаты опроса людей с высшим образованием, в ходе которого они определяли истинность и ложность двухсот научных утверждений. Одно утверждение выбивалось из общей картины: «Большинство организмов умирают, не оставив потомства». Его признали верным всего треть участников — гораздо меньше, чем число согласившихся с тем, что «у микробов есть ДНК» (71%), «лед обладает теплотой» (66%) и «атомы — это в основном пустое пространство» (50%)^[321].

Вдохновленный этим результатом, я решил сопоставить понимание студентами эволюции с их восприятием природы как места мирного сотрудничества или жесткой конкуренции^[322]. Чтобы оценить последнее, я попросил участников предположить, насколько часто у животных встречаются конкретные виды поведения. Одни варианты были «неблаговидными», другие «благородными». Благородным поведением считалось внутривидовое сотрудничество (например, воспитывать чужое потомство) и сотрудничество между видами (например, делиться гнездом или норой). «Нехорошим» поведением было соперничество внутри вида (например, поедать сородичей) и межвидовая конкуренция (например, обманывать животное другого вида, заставляя его воспитывать своих детенышей).

Участников просили определить, какое из шести предложенных животных проявляет данное поведение, а какое — нет. Я выбрал незнакомых животных, в частности зуйков и голубых губанчиков^[323], чтобы участники не знали правильный ответ и угадывали. В

реальности упомянутое поведение из вопроса было характерно для половины животных.

В целом участники переоценивали распространенность сотрудничества по сравнению с конкуренцией, особенно во внутривидовых отношениях. Они полагали, что у предложенных животных воспитание неродственного потомства встречается чаще, чем каннибализм и подобные вещи. Крайне важно, что чем больше участник переоценивал сотрудничающее поведение, тем хуже он понимал эволюцию: этот параметр выясняли с помощью отдельного набора заданий. Другими словами, участники, которые смотрят на природу сквозь розовые очки и считают, что животные чаще делятся ресурсами, чем конкурируют за них, считают эволюцию единообразной адаптацией всех особей вида. Участники, придерживавшиеся более реалистичных взглядов, полагают, что эволюция — это селективное выживание и размножение лишь некоторых представителей вида.

С эмпирической точки зрения нельзя однозначно охарактеризовать природу как мирное царство или как клубок зубов и когтей^[324]. Биологи, безусловно, найдут возражения в обоих случаях. Однако последний подход, видимо, способствует более правильному пониманию эволюции. В корреляции между восприятием природы и пониманием эволюции важнее всего было признание не конкуренции в целом, а именно конкуренции *внутри вида*. Чем больше участник соглашался, что представители одного вида борются за ресурсы, тем лучше он понимал эволюцию.



Рис. 12.3. Картина Эдварда Хикса «Мирное царство» (1826) прекрасно показывает взгляд на природу, противоречащий естественному отбору — представлению о том, что организмы соперничают, чтобы выжить, и что большинство из них умирают, не оставив потомства

Мысль о том, что белые пушистые кролики сражаются за территорию или что милые рыжие лисички дерутся над трупом, не так просто отогнать. Чтобы в этом убедиться, посмотрите на реакцию общественности на онлайн-камеры, установленные в гнездах скоп и орлов^[325]. На видео видно много «недостойных» поступков: птенцы дерутся, крадут друг у друга пищу, матери скармливают детенышам домашних животных, не обращают на них внимания, даже поедают их. Увидев эти ужасы, равнодушные граждане инициировали кампанию по спасению птенцов от обид и пренебрежения. Они писали и ядовитые комментарии в социальных сетях: «Я, конечно, понимаю, что это природа, но... вы обязаны при необходимости вмешаться и спасти». «Лично я не перестану бороться за то, чтобы его [птенца]

убрали из этого гнезда... позор всем, кто в этом участвует». «Просто отвратительно, что вы не хотите забрать птичек у ненормальных извергов-родителей!»

По интернету ходит еще одна прекрасная иллюстрация неприязни к борьбе за выживание — ответ студента на задание по биологии. От студента требовалось интерпретировать три рисунка. На первом два жирафа жуют листья на верхних ветках дерева, а третий — слишком низкий и никак не может до них дотянуться. На втором рисунке низкий жираф лежит у ног высоких, а те продолжают спокойно жевать. На третьем от низкого жирафа осталась куча костей.

Рядом было задание: «Какую теорию или принципы лучше всего иллюстрируют эти рисунки:

- 1) теорию эволюции по Ламарку,
- 2) теорию эволюции по Дарвину,
- 3) принципы Мальтуса,
- 4) теорию Лайеля о прошлых изменениях?»

Под этими вариантами карандашом было написано: «5. Жирафы — бессердечные твари».

Нам хочется верить, что животные заботятся друг о друге, но если бы это было так, не было бы внутривидовой конкуренции и, следовательно, эволюции. Величественная шея жирафа не возникла сама по себе. За нее пришлось заплатить смертями короткошеих жирафов, которым не доставалось пищи.

* * *

Как уже отмечалось выше, эволюция противоречит двум глубоко укоренившимся заблуждениям: что все представители вида в сущности одинаковы и что все представители вида имеют в своем распоряжении избыток ресурсов. Чтобы искоренить эти представления и не дать им вырасти и пустить корни, преподаватели биологии должны как можно раньше вводить эволюцию в учебную программу. Но в Соединенных Штатах происходит обратное: эволюция не появляется на уроках биологии вплоть до старших классов. Американская национальная ассоциация учителей естествознания, например, рекомендует в начальных классах рассказывать школьникам об анатомии,

физиологии, таксономии и экологии, но не об эволюции^[326]. Вследствие этого дети узнают о биологической адаптации без ссылок на давление естественного отбора, которое привело к ее формированию, и, следовательно, без объяснения ее функции. В некоторых школьных системах ученики вообще не получают объяснений, так как теория эволюции не входит даже в программу старших классов^[327].

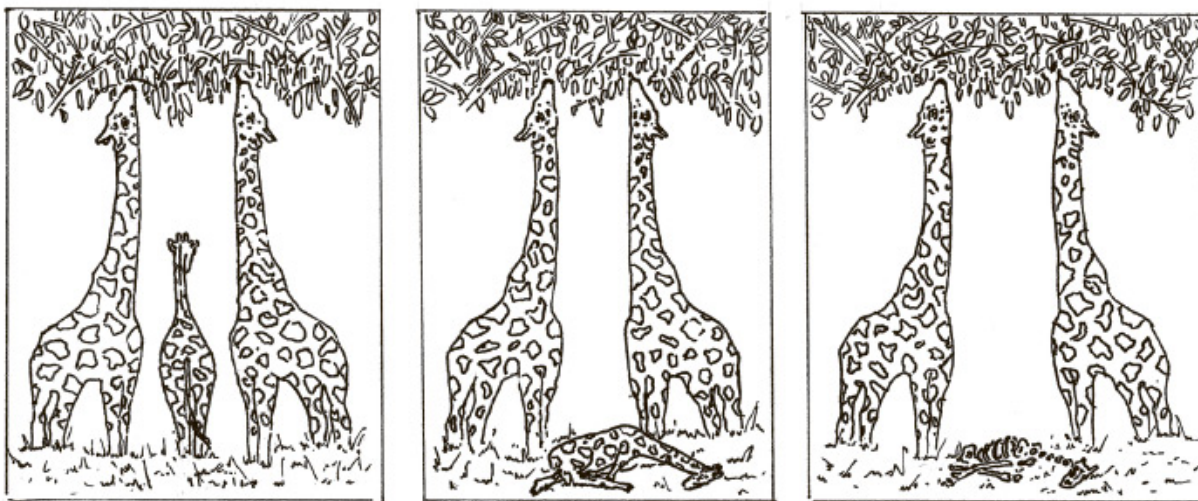


Рис. 12.4. Большинству людей сложно смириться с мыслью, что некоторые организмы из-за своих особенностей обречены на смерть от голода, болезней и хищников

Когда (и если) учеников наконец знакомят с эволюцией, у них обычно складывается шизофренический взгляд на биологические адаптации. Иногда приспособляемость рассматривают с точки зрения отбора, но чаще — в категориях эссенциализма (какова сущность организма?), намерений (чего организм *хочет*?) или телеологии (в чем организм *нуждается*?)^[328]. Телеология — рассуждения, основанные на потребностях, — особенно вредна. Нужды отдельных организмов не имеют отношения к эволюции вида в целом. Эволюция не наделяет организмы необходимыми им чертами. У некоторых организмов они случайным образом появляются с рождения, благодаря чему те переживают всех остальных и оставляют больше потомства.

Тем не менее студентам, которым преподают эволюционные механизмы адаптации, очень сложно отделить рассуждения о

потребностях от соображений отбора. Студенты объясняют адаптацию с обеих точек зрения, что проявилось в ответах на описанный выше вопрос про дятла: «Дятлы будут рождаться с более длинным клювом, потому что такой клюв им нужен для выживания», «Длинный клюв гарантирует выживание вида», «Птицы будут рождаться с длинными клювами, чтобы больше есть и дольше жить». Здесь действует обратная логика, так как адаптация — не причина, а следствие увеличения продолжительности жизни (и шансов на размножение).

Почему нам так сложно отказаться от мыслей о потребностях и ограничиться только соображениями отбора? Возможно, дело в том, что в большинстве СМИ эволюцию изображают как процесс, направляемый необходимостью. В компьютерной игре *Spore*, например, игроки управляют «эволюцией» своих аватаров, выбирая черты, которые могут потребоваться в текущей среде. В фильме 2001 года «Эволюция» попавший на Землю инопланетный организм оставляет адаптировавшееся потомство, унаследовавшее именно те черты, которые могут понадобиться для преодоления препятствий.

Кроме неправильного изображения эволюции к рассуждениям о потребностях может подталкивать то, что объяснения, основанные на отборе, не до конца удовлетворяют людей. Отбор дает ответ на вопрос, почему так хорошо адаптированы к своей среде виды, а не отдельные особи. Из этого следует неприятный вывод, что конкретное живое существо эволюции совершенно безразлично. Организмы приходят и уходят, а их репродуктивный успех в значительной степени определяется везением и генетической лотереей. Сохраняются лишь виды, и поэтому только виды эволюционируют.

Эволюция, подобно теплу и давлению, — это целостное (эмержентное) явление. Биологическая адаптация вытекает из взаимодействия бесчисленных организмов на протяжении многих поколений. Но, как мы уже упоминали в третьей главе, людям не нравится целостность. Такие явления не поддаются упрощенному анализу (например, «все представители вида в сущности одинаковы») и не имеют простых объяснений (например, «организмы наследуют те черты, которые им пригодятся»). Такой взгляд, как отметил Дарвин в «Происхождении видов», подчеркивает величие жизни, но сеет сомнения и неопределенность. Разум должен измениться, чтобы

принять эволюцию — и только эволюцию — в качестве причины, по которой живые существа так искусно приспособлены к своей среде.

Глава 13. Происхождение видов

Откуда взялись виды? Как они связаны между собой?

Когда Тедди было семь лет, а Люси два годика, мы пошли в зоопарк и оказались перед клеткой с обезьянами-ревунами. Обезьяны вели себя по-человечески: ухаживали друг за другом, играли, ссорились. Я воспользовался ситуацией и объяснил, почему обезьяны так похожи на людей: они произошли от одного предка. Тедди кивнул, а потом повернулся к сестре и пересказал мое объяснение своими словами: «Видишь обезьяну? Это твой предок!»

Тедди, как и большинство людей, решил, что люди связаны с обезьянами не *общим*, а *прямым* происхождением^[329]. Он подумал, что обезьяны — это наши предки, а не родственные создания, хотя я прямо сказал, что это не так. Такой взгляд на родственные связи между людьми и обезьянами нашел выражение в классической иллюстрации процесса эволюции: параде приматов от обезьяны к человекообразной обезьяне, затем к пещерному человеку и к современному человеку. В ней подразумевается, что маленькие обезьяны породили больших, те — пещерных людей, а пещерные люди — нас с вами.

Однако это не так. Сегодняшние малые обезьяны (игрунки, макаки, капуцины) не породили человекообразных обезьян (шимпанзе, горилл, орангутанов). У них был общий предок — родоначальник, который не относился ни к той, ни к другой группе. Современные человекообразные обезьяны тоже не породили современного человека (и первобытного тоже). У нас был общий предок, который был не обезьяной и не человеком, а предшественником и тех и других. Обезьяны кажутся примитивнее людей, однако они эволюционировали независимо от человека так же долго, как и люди независимо от обезьян. Обезьяны — наши ближайшие живые родственники, а не ближайшие живые предки. Считать обезьяну предком — это как путать двоюродную бабушку со своей.

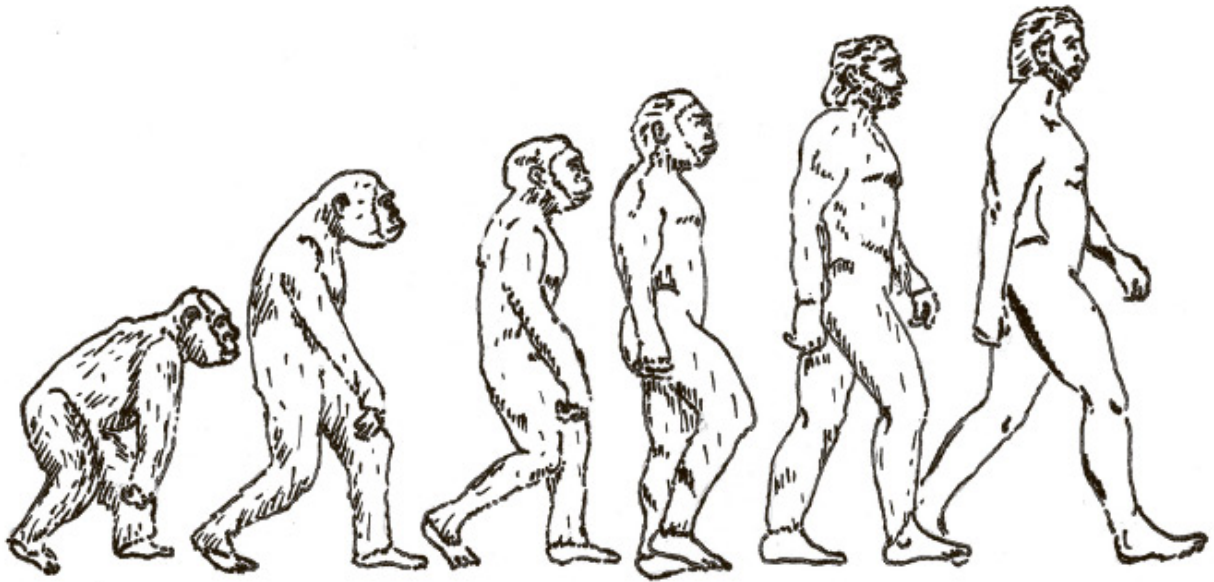


Рис. 13.1. Эволюцию часто изображают как своего рода метаморфозу, в процессе которой один член таксономического семейства (например, шимпанзе) превращается в другого (человека)

Общий предок противоречит интуиции потому, что превращает простую линию (малые обезьяны — человекообразные обезьяны — человек) в сложную иерархию (у людей общий предок с человекообразными обезьянами, а у тех и у других — с другими видами обезьян). Из этого следует, что человекообразные обезьяны ближе к людям, чем к другим обезьянам, несмотря на расхожее (и ошибочное) представление, что человекообразные обезьяны выглядят и ведут себя скорее как обычные обезьяны, а не как люди. Человекообразную обезьяну можно перепутать с какой-то другой, но никогда с человеком.

Это хорошо показывает Любопытный Джордж. Этот мультяшный примат анатомически является человекообразной обезьяной: у него руки длиннее ног и нет хвоста. Тем не менее в книгах и на ТВ его описывают как «любопытную маленькую обезьянку». Это не вызывает возражений даже у настроенных на просвещение сотрудников канала PBS, который выпускает про Джорджа мультфильм. Мы втискиваем всех обезьян в одну группу, потому что и те и другие кажутся очень непохожими на людей, а также из-за непонимания их происхождения. Непонимания процесса образования видов.

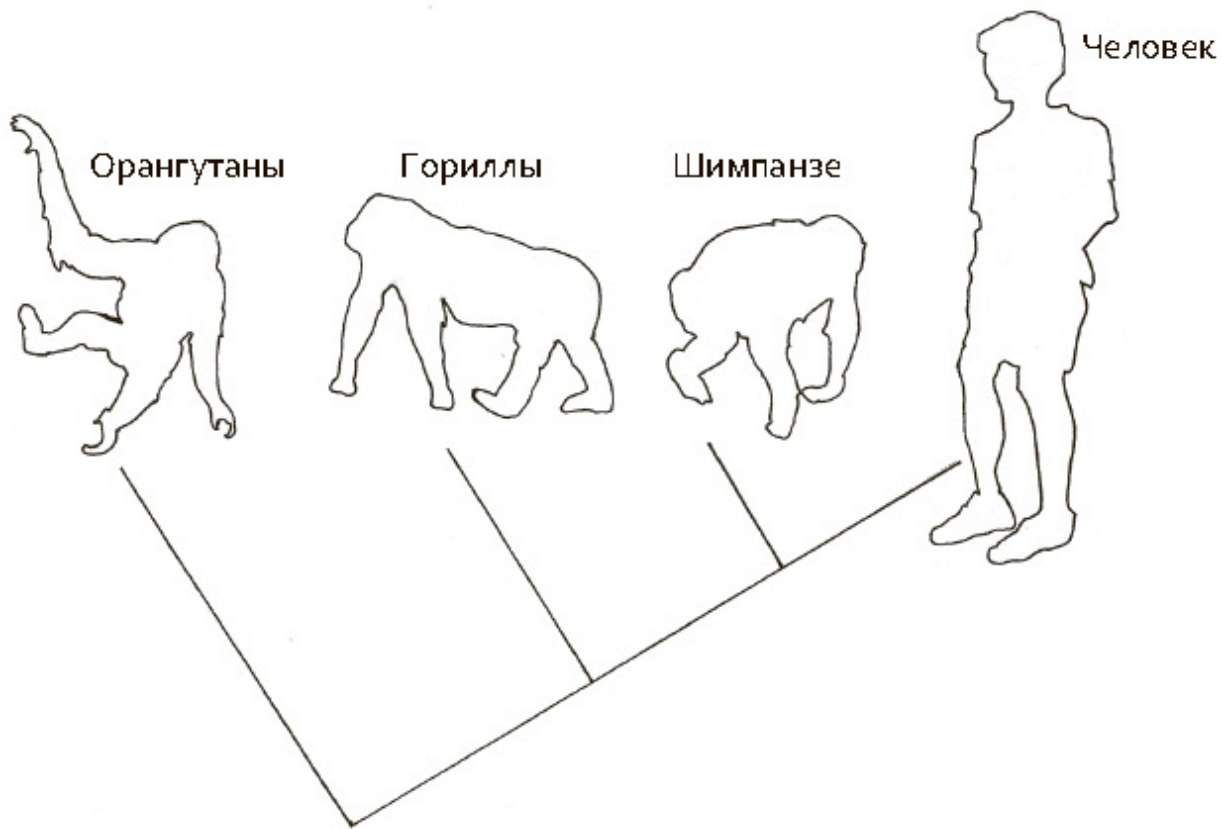


Рис. 13.2. Все живые организмы связаны общим происхождением. Это значит, что шимпанзе, гориллы и орангутаны нам не предки, а просто родственники

С научной точки зрения появление новых видов — это побочный продукт воздействия естественного отбора на популяции, разделенные расстоянием или физическими барьерами. Люди и человекообразные обезьяны произошли не от какого-то одного примата, а от целой популяции приматов, которая распалась на субпопуляции. Образовавшиеся группы продолжили меняться независимо друг от друга. Выживающие особи оставляли немного непохожее потомство, из-за чего пулы генов постепенно разошлись. Со временем генетические различия между бывшими частями одной популяции стали настолько серьезными, что спаривание между ними оказалось невозможным.

Так выглядит видообразование, если смотреть на эволюцию через призму отбора. Однако, как отмечалось в предыдущей главе, большинство людей видят ее иначе и придерживаются

эссенциалистских взглядов, согласно которым все члены вида эволюционируют вместе и их судьбы связаны единством сущности. С этой точки зрения нет разницы, распалась ли популяция надвое, поскольку сущность все так же будет объединять ее членов, а новый вид может появиться из старого исключительно путем метаморфозы. Из этого следует предположение, что обычные обезьяны превратились в человекообразных, а те — в людей. Эволюция изображается как метаморфоза не только в «параде приматов», но и в большинстве популярных иллюстраций этого процесса, а также в компьютерных играх на эту тему, например Spore и Pokémon Go. Чтобы существо в Pokémon Go, например Пикачу, эволюционировало, не нужна популяция «пикач», некоторые особи в которой выживают в ходе отбора и оставляют потомство. Достаточно кормить одного представителя до тех пор, пока он не превратится в более продвинутую форму — Райчу.

Такую линейную эволюцию называют «анагенезом»^[330] и противопоставляют кладогенезу^[331] — ветвящейся эволюции. Анагенез соответствует эссенциалистским представлениям о жизни, но не согласуется с естественным отбором, то есть противоречит реальности. Кроме того, анагенез не дает удовлетворительных ответов и оставляет много неясностей. Например, почему более древняя форма жизни продолжает существовать и после того, как превратилась в новую? Почему существуют малые обезьяны, если они превратились в человекообразных? И почему на земле есть человекообразные обезьяны, если они стали людьми? Креационисты иногда задают эти вопросы эволюционистам, пытаясь поколебать их уверенность в эволюции, но единственное, что могут поколебать эти вопросы, — это убеждение самих креационистов, что они понимают истинные механизмы работы эволюции. Видообразование — это процесс расхождений, а не превращений, и общее происхождение создает ветви, а не одну линию. Обезьяны такие же наши предки, как Любопытный Джордж — маленькая обезьянка.

* * *

Одно из глубочайших следствий теории эволюции заключается в том, что все живое взаимосвязано. Любой организм на планете объединяет с любым другим организмом единство происхождения. У людей есть общий предок не только с обезьянами, но и с воробьями, лягушками, медузами и водорослями. Общий предок людей и водорослей жил очень давно — миллиарды лет назад — и наверняка больше напоминал водоросль, чем человека. Никто не находил его ископаемых остатков, но мы уверены, что он существовал, потому что только это может объяснить, почему люди и водоросли так похожи на клеточном уровне. И у тех, и у других есть хромосомы, рибосомы, митохондрии и эндоплазматическая сеть, не говоря уже о тех же механизмах передачи генетической информации (ДНК и РНК).

Общее происхождение невероятно важно для понимания биологического мира и нашего места в нем. Биологи работают над этими вопросами десятки лет, однако большинство неспециалистов забывают об общем происхождении и считают, что виды лишь минимально связаны друг с другом. С точки зрения эссенциализма можно допустить, что у людей и приматов общая глубинная сущность, но совершенно немыслимо, что у нас есть какая-то общая сущность с медузами или водорослями^[332].

Преподаватели биологии всё больше осознают эту проблему и реагируют на нее, включая в учебный процесс наглядные изображения единого происхождения, в частности *кладограммы*^[333]. Эти схемы были придуманы биологами в 1960-х годах, чтобы показать, когда и как разные группы организмов отделились друг от друга. В последние годы кладограммы вышли за пределы научного обихода и стали стандартным изображением процесса эволюции в учебниках естествознания и музеях^[334]. Вот простая кладограмма, изображающая эволюционные взаимосвязи между четырьмя гоминидами.



Рис. 13.3. Орангутаны — Гориллы — Шимпанзе — Человек

Это та же кладограмма, что и на предыдущем рисунке (с силуэтами орангутана, гориллы, шимпанзе и человека), просто в другой форме. Кладограммы изображают общее происхождение в виде ветвей. Берется некоторая группа видов. Пара, имеющая самого позднего общего предка, соединяется линиями. Точка соединения обозначает общего предка этой пары. Затем пара соединяется со всеми остальными видами по той же схеме: сначала имеющие более позднего предка, потом те, чей общий предок существовал раньше, до тех пор, пока все виды в группе не окажутся связанными между собой. Каждое новое соединение образует новый узел — более общего и более раннего предка.

Например, кладограмма, представленная выше, свидетельствует о том, что общий предок человека и шимпанзе (третий узел) существовал позже, чем предок любой другой пары обезьян. Люди и шимпанзе, в свою очередь, имеют более позднего предка с гориллами (второй узел), чем с орангутанами. Последние, таким образом, — самые дальние родственники для членов этой группы. Предок, объединяющий их со всеми остальными (первый узел), жил раньше всех. Орангутаны, гориллы и шимпанзе, строго говоря, не виды, а *роды*, то есть более высокая таксономическая категория, однако для любого уровня таксонов — вида, рода, семейства, порядка (отряда), класса, типа и царства — действует та же логика.



Рис. 13.4. Это популярное украшение на Хеллоуин свидетельствует о том, что люди плохо понимают связи между живыми существами. Кости есть только у позвоночных. Беспозвоночные, в том числе пауки, отделились от позвоночных более пятисот миллионов лет назад. Паучьи кости с точки зрения биологии так же невозможны, как крылатые пауки

Кладограммы стали столпом современных эволюционных исследований, так как благодаря секвенированию [\[335\]](#) генов теперь можно определить общих предков на молекулярном уровне. При этом обычному человеку не обязательно подробно знать генетические основы кладограмм, чтобы извлечь из них глубокие выводы: эти схемы могут значительно изменить представление о том, как связаны между собой разные формы жизни. Посмотрите, например, на эволюционные связи между мангустами, ласками, гиенами и шакалами. Если судить по внешнему виду, можно объединить мангустов с ласками, а гиен с шакалами. Однако кладограммы на основе генетических данных свидетельствуют, что мангусты ближе к гиенам, чем к ласкам, а ласки — к шакалам, а не к мангустам. Или подумайте об эволюционных связях между ламантинами, дельфинами, слонами и коровами. Место обитания объединяет ламантинов с дельфинами, а слонов с коровами,

но генетически обоснованные кладограммы указывают на то, что ламантины — близкие родственники слонов, а не дельфинов, а дельфины ближе к коровам, чем к ламантинам.

Кладограммы и генетический анализ, лежащий в их основе, помогают заметить под схожим внешним видом и поведением более глубокие и важные связи. Они обнажают скрытую историю эволюционного давления, которая в противном случае была бы скрыта под наблюдаемыми чертами существующих ныне жизненных форм.

В то же время, при всех своих преимуществах, кладограммы сбивают с толку неспециалистов. Их задача в том, чтобы наглядно продемонстрировать кладогенез — ветвящееся видообразование, — но большинство людей представляют себе видообразование как линейный процесс (анагенез) и поэтому неверно интерпретируют увиденное^[336]. Прежде всего, они читают виды на кладограмме по кончикам ветвей, воспринимая этот в значительной степени произвольный порядок как последовательность видов. Однако при построении кладограммы учитывается только расстояние до общего предка, а расположение родственных видов друг относительно друга может меняться. Например, в кладограмме гоминидов люди должны быть рядом с шимпанзе, но изобразить их можно как слева, так и справа. Аналогично гориллы должны быть ближе к ветви людей и шимпанзе, но слева или справа от нее — не имеет значения. Есть целых восемь биологически корректных способов расположения этих приматов. Вот еще один.

Разная последовательность возможна, потому что соединение двух видов указывает только на наличие у них более близкого общего предка, чем с любым другим видом: так же как у братьев или сестер есть предок более поздний, чем у любого из них с двоюродными братьями и сестрами. Тем не менее большинство неспециалистов ошибочно полагают, что виды на ветвях кладограммы упорядочены по своей древности (от более к менее древним) или примитивности (от наиболее к наименее примитивным).

С этим связано еще одно заблуждение, согласно которому чем дальше отстоят друг от друга виды на ветвях кладограммы, тем слабее они связаны. В кладограмме выше, например, орангутаны кажутся ближе к шимпанзе, чем к людям, но это просто совпадение, вызванное произвольным размещением человека и шимпанзе. Орангутаны

эволюционировали независимо от шимпанзе в той же степени, что и от людей, поэтому они одинаково близки и к тем и к другим. Все три вида имеют одного общего предка (первый узел), просто у человека и шимпанзе он более непосредственный.

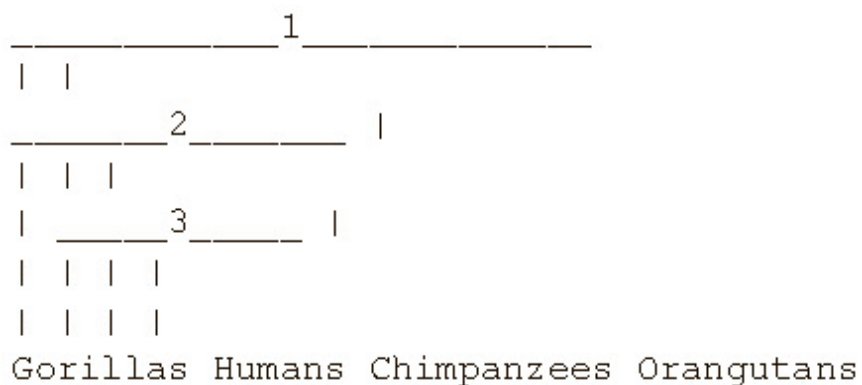


Рис. 13.5. Гориллы — Человек — Шимпанзе — Орангутаны

Еще два частых заблуждения — это то, что линия, соединяющая вид с узлом, несет информацию о возрасте вида (чем длиннее, тем старше) и что число узлов между видами свидетельствует об их связанности (чем больше узлов, тем отдаленнее связь). В реальности длина линий на кладограмме произвольна, как и число узлов на ней. И то и другое зависит от того, какие виды авторы решили учесть. Например, на приведенной выше кладограмме линия, соединяющая орангутанов с ближайшим (первым) узлом, получилась такой длинной потому, что орангутаны не разделены на подгруппы (например, калимантанские и суматранские). Количество узлов между орангутанами и людьми оказалось больше, чем между орангутанами и гориллами, из-за того, что в кладограмме учли шимпанзе. Если убрать шимпанзе, третий узел исчезнет и число узлов между орангутанами и людьми сравняется с числом узлов между орангутанами и гориллами.

Большинство ищут смысл в длине линий и частоте узлов кладограммы, потому что эти особенности обычно бывают значимы, например в графиках, блок-схемах, картах и чертежах. Еще больше усложняет дело то, что авторы учебников и музейные работники, как правило, приукрашивают кладограммы, включая в них элементы, не имеющие биологического значения^[337]. Линии могут произвольно отличаться по толщине и направлению, их концы — по цвету и

расположению, а узлы — по форме и наименованию. Даже биологу бывает сложно разобраться во всей этой мишуре. Такое нагромождение деталей на дизайнерском жаргоне называют «графическим мусором»^[338].

* * *

Кладограммы очень информативны, но на них нет многого из того, что могло бы пригодиться неспециалисту. Например, на них обычно не показывают родство между ныне живущими и вымершими видами. Эту информацию опускают главным образом из соображений методологии. Кладограммы начали доминировать в биологических науках благодаря тому, что появились очень объективные генетические данные. Их можно построить и по анатомическим признакам, но они менее надежны, так как обычно сложно определить, унаследован ли наблюдаемый у двух видов признак от общего предка (например, хвост у обезьян и лемуров) или появился независимо, как крылья у птиц и летучих мышей.

Включить вымершие виды в кладограммы совсем не просто, потому что знания о них почти всегда ограничиваются анатомией. В нашем распоряжении есть ископаемые останки этих организмов, но они окаменели, а камни не содержат ДНК. Из-за этого вымершие виды либо вообще опускают, либо включают в кладограммы между ветвями, как будто намекая, что это и есть общие предки указанных живых видов^[339]. На самом деле определить, предки это или нет, невозможно. Вероятность, что вымерший вид не оставил после себя потомков, в несколько раз выше, чем шанс, что его потомки до сих пор ходят по земле^[340]. Целых 99,9% существовавших когда-то видов вымерло, а кладограммы представляют маленькую подгруппу — десятую долю процента — тех видов, которым суждено жить в наши дни. Это искажает картину типичного результата эволюционных изменений. На каждый вид, показанный в кладограмме, приходится 999 видов, которым не нашлось в ней места.

Кладограммы искажают и картину самих эволюционных изменений, так как слепой и запутанный процесс изменчивости и отбора представлен на них в виде прямых и упорядоченных линий. Их

тщательно очищают от фальстартов и тупиков, оставляя только «успешные» родословные современных организмов. Я со своими студентами провел исследование в Музее естественной истории в Лос-Анджелесе и видел, как отсутствие вымерших видов на кладограммах смущает неспециалистов^[341]. На выставке «Эра млекопитающих» были показаны интерактивные кладограммы девяти отрядов млекопитающих. Посетители могли выбрать пиктограмму любого отряда и больше узнать о его эволюции, а также воспользоваться полосой прокрутки внизу экрана, чтобы посмотреть, как отряды со временем разделялись — от самого раннего расхождения между плацентарными и сумчатыми до самого позднего — между ламантинами и слонами.

Рядом с кладограммой стояла витрина со скелетами нескольких вымерших животных, в том числе энтелодонта — древнего родственника современных свиней, исчезнувшего 16 миллионов лет назад. Энтелодонтов не было в кладограмме. Мы спрашивали посетителей, *должны ли* они в ней быть и если да, то где. Практически все соглашались, что энтелодонта следует показать, но лишь немногие правильно отвечали, что его место — на ветви копытных, объединяющей оленей, лошадей, коров и свиней. Большинство считали, что энтелодонт должен быть либо в корневом узле кладограммы, представляющем самого раннего общего предка, либо вообще на отдельной ветви. Другими словами, люди, как правило, относились к энтелодонту либо как к общему предку *всех* млекопитающих, либо как к изолированной линии, не связанной близко *ни с одним* из млекопитающих.

На кладограммах обычно не показывают не только вымершие виды, но и многих живых представителей в той же таксономической группе. Посмотрите еще раз на показанную выше кладограмму гоминидов. Одиночный вид представлен на ней только в одном случае — это человек. Остальные три надписи объединяют по два вида: калимантанских орангутанов (*Pongo pygmaeus*) и суматранских орангутанов (*Pongo abelii*); восточных горилл (*Gorilla beringei*) и западных горилл (*Gorilla gorilla*); а также обыкновенных шимпанзе (*Pan troglodytes*) и карликовых шимпанзе (*Pan paniscus*). Семейство гоминидов почти вдвое разнообразнее, чем следует из большинства кладограмм!

В целом таксономические группы иллюстрируются на кладограммах всего одним примером, и это, вероятно, влияет на наше восприятие. Например, род *Pan* почти всегда представлен *Pan troglodytes* — обыкновенными шимпанзе, которых можно увидеть в большинстве зоопарков. Но в этом же роде есть и *Pan paniscus* — бонобо, или карликовые шимпанзе. Эти виды существенно отличаются поведением: обыкновенные шимпанзе агрессивны, патриархальны и плотоядны, а бонобо — смирные матриархальные вегетарианцы. Мы, люди, одинаково близки к обоим видам: человек отделился от шимпанзе за 3,5 миллиона лет до того, как шимпанзе разделились на обыкновенных и карликовых. Тем не менее, судя по частоте появления на кладограммах, мы склонны подчеркивать нашу связь именно с обыкновенными шимпанзе, а не с бонобо.

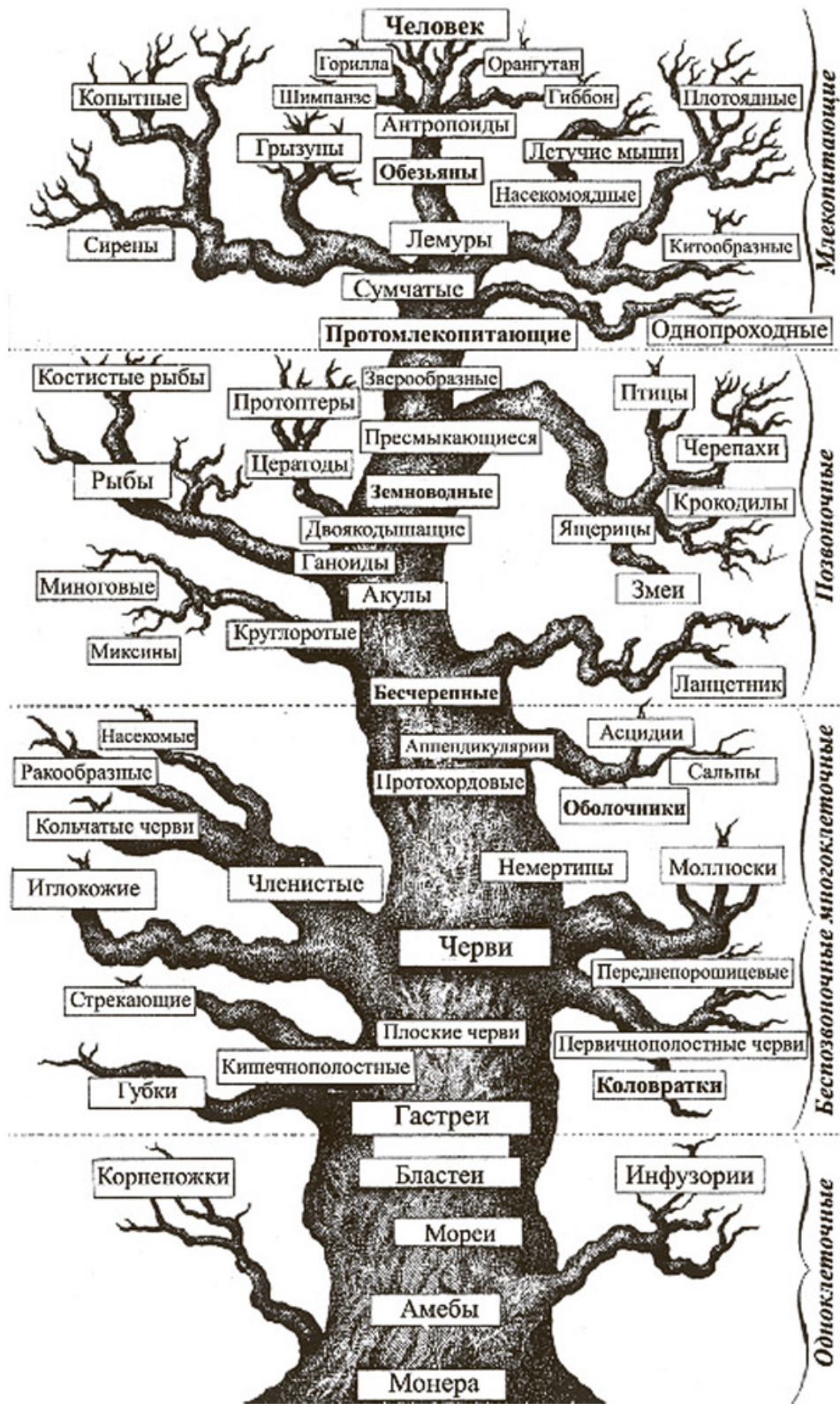


Рис. 13.6. Живший в XIX веке биолог Эрнст Геккель ввел понятие «древо жизни». Его рисунки очень сильно преуменьшали разнообразие

одних классов (например, насекомых) по сравнению с другими (например, млекопитающими)

Сам я узнал, что люди связаны с бонобо так же близко, как и с обыкновенными шимпанзе, когда готовил лекцию о половом поведении приматов (гиперсексуальные бонобо — отличный пример для этой темы). Поначалу мне было сложно в это поверить. Как я, человек, изучающий популярные заблуждения об эволюции, мог не знать, что бонобо — это вид шимпанзе и, соответственно, имеет более 98% общих генов с человеком, точно так же, как *Pan troglodytes*?

В своем неведении я виню то, что бонобо не включают в кладограммы приматов. Такого рода пробелы в изображении эволюции имеют давнюю историю и восходят к самому первому рисунку на эту тему — «древу жизни» Эрнста Геккеля^[342]. Это генеалогическое древо появилось в его книге «Общая морфология организмов», вышедшей в 1866 году. На нем показаны родственные связи между всевозможными организмами от насекомых до млекопитающих, но место, посвященное конкретным видам, не сопласуется с их фактической распространенностью. Млекопитающим Геккель отвел целый «этаж» верхних ветвей с человеком в центре, а насекомым досталась всего одна ветка, хотя по числу видов они побеждают млекопитающих со счетом 175:1. Если какую-то группу организмов и помещать на одной ветви, то млекопитающих.

Надо признать, что кладограммы призваны показывать отношения в конкретной группе (например, млекопитающих) и на конкретном уровне абстракции (например, отряде), поэтому изображение всего разнообразия отвлекало бы от цели. Тем не менее постоянное игнорирование десятков и даже сотен представителей группы, вероятно, усугубляет наивные, эссенциалистские представления об эволюции. Несколько образцовых видов, представленных на кладограммах, вырваны из спектра, который остается скрыт. Как изменилось бы впечатление о месте человека в биологическом мире, если бы все кладограммы приматов учитывали все 7 видов гоминидов или все 22 вида человекообразных обезьян (7 видов гоминидов плюс 15 видов гиббонов)? А если представить на кладограмме все 400 видов приматов (7 видов гоминидов, 15 — гиббонов, 18 видов долгопятов, более 100 видов лемуринов и более 260 видов других обезьян)? Прибавьте

к этому десятки вымерших приматов, известных только по ископаемым остаткам, и человек затеряется среди всего этого многообразия...

И это только приматы — маленькая подгруппа из приблизительно 5400 видов млекопитающих, 66 тысяч видов позвоночных, 7,8 миллиона видов животных и 8,7 миллиона видов организмов, живущих сегодня на нашей планете^[343]. Глубина и ширина родственных связей человека с другими организмами ошеломляет, как и история этих отношений.

Биолог Дэвид Хиллис составил одну из крупнейших на данный момент кладограмм. Она включает три тысячи видов — меньше десятой доли процента всех видов, живущих на планете, — но чтобы прочитать все названия, ее пришлось бы увеличить до полутораметровой длины^[344]. Такая большая диаграмма, наверное, не слишком полезна как источник конкретной информации об эволюции (например, к кому ближе нарвалы — к морским свиньям или к касаткам), но она, безусловно, позволяет по-другому посмотреть на эволюцию человека.

* * *

Как видно, неспециалистов смущают и кладограммы, и процесс кладогенеза, который они изображают. Однако, чтобы запутаться в них, нужно для начала вообще признать, что кладограммы отражают научный факт, а именно что все существующие сейчас формы жизни произошли из более ранних форм. Многие люди не принимают этой мысли. Они видят в кладограммах вымысел или того хуже — коварную ложь. Им ближе креационистское объяснение видообразования: все существующие в текущей форме сегодня виды были сотворены менее чем 10 тысяч лет назад Богом (или божественным началом).

Этот подход был очень популярен на протяжении всей человеческой истории, и это понятно: он намного проще, чем теория эволюции. Творение мгновенно, а эволюция медленна и сложна. Творение подразумевает хорошо понятный процесс целенаправленного дизайна, а эволюция — более туманные процессы изменчивости и отбора. Творение создает идеальные формы, а эволюция — просто достаточные для выживания. А еще творение подразумевает, что виды

вечны, а ЭВОЛЮЦИЯ — ЧТО ВИДЫ МЕНЯЮТСЯ И БУДУТ МЕНЯТЬСЯ, ВО МНОГОМ НЕПРЕДСКАЗУЕМОМ ОБРАЗОМ.

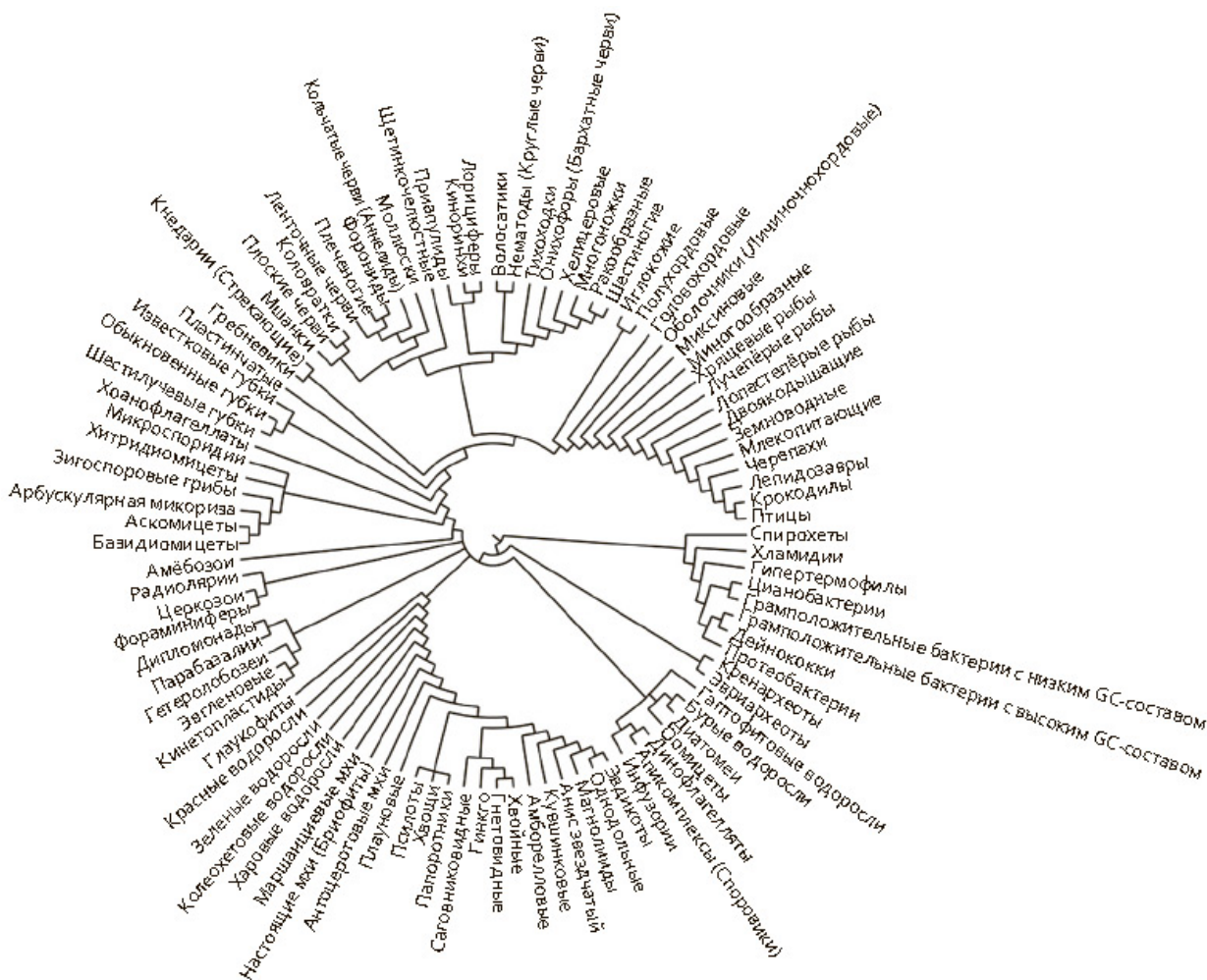


Рис. 13.7. Древа жизни, составленные по данным современной филогенетики^[345], например это, созданное биологом Дэвидом Хиллисом и включающее 97 видов, ставят млекопитающих на довольно скромное место по сравнению с изображениями, основанными на более ранних методах анализа

Поскольку творение проще эволюции, именно творением дети обычно объясняют происхождение видов. Если спросить дошкольника или младшеклассника, откуда взялась первая ящерица или первый медведь, они, как правило, ссылаются на творение — либо божественное («животных создал Бог»), либо не слишком определенное («Что-то их создало», «Кто-то их сделал», «Они просто

появились»)^[346]. Дети говорят о творении независимо от того, про какой вид их спрашивают, и независимо от того, предлагают ли им эволюцию явно («Их сотворил Бог или они получились благодаря изменению другого вида животного?»). Больше всего удивляет, что творение упоминают и дети креационистов, и дети сторонников эволюции. Другими словами, маленькие дети говорят о творении, даже если их родители в ответе на тот же вопрос скажут об эволюции.

Детская склонность к креационизму послужила основой для теологически сложных систем верований (например, о семи днях творения, описанных в Книге Бытия). Эти верования, в свою очередь, мешают принять эволюцию. Несколько исследований показали, что религиозные убеждения — самая мощная причина скептицизма в отношении эволюции^[347]. Они влияют на взгляды сильнее, чем возраст, половая идентификация, уровень образования, политические взгляды, знания о генетике, способности к аналитическому мышлению и отношение к науке в целом.

Религиозность влияет на согласие с фактом эволюции в зависимости от страны. В государствах с высоким уровнем религиозности, например в Турции и Египте, популярность эволюционных идей низкая, в то время как в нерелигиозных странах, например Дании и Франции, — высокая^[348]. В Соединенных Штатах, где около 60% населения согласны с эволюцией и 40% не согласны, отрицательная корреляция между религиозностью и эволюционистскими взглядами проявляется в масштабах штатов. Жители религиозных штатов, например Алабамы и Миссисипи, реже соглашались с существованием эволюции, чем жители нерелигиозных, в частности Вермонта и Нью-Хэмпшира. Эти результаты сохраняются даже с поправкой на число выпускников школ и студентов, заработную плату учителей, общую научную грамотность и валовой внутренний продукт на душу населения^[349].

Демографические сведения интересны, но они не дают почувствовать истовости, с которой многие креационисты отвергают эволюцию^[350]. Накал страстей лучше отражают полные ненависти письма, которые получает знаменитый эволюционист и атеист Ричард Докинз. Вот несколько примеров:

— Меня тошнит, когда я слышу про тебя и про твою теорию эволюции. Может, это ты произошел от мартышек, но меня в это не

впутывай. Ты когда-нибудь занимался сексом с обезьяной? Очень похоже.

— Иди к черту, тупое атеистическое отродье... Ты веришь только в то, во что хочешь верить, и уперто считаешь, что твои прапрадедушки были какими-то там бактериями и что ты от них произошел. И почему-то ты думаешь, что мог бы быть не человеком, а бактерией.

— Вы полный осел, сэр. Ваш прославленный ум — всего лишь пук Господа.

— Как вы — самая отвратительная, уродливая, зловонная куча мусора на планете — можете оправдывать теорию эволюции?

— Ричард Докинз — придурок. Лучше бы он погиб в авиакатастрофе или при взрыве огнемёта.

— Докинз, надеюсь, ты сдохнешь от бешенства.

Агрессия по отношению к теории эволюции и ее сторонникам отбивает у учителей естествознания желание преподавать эту тему^[351]. Это касается в том числе и Соединенных Штатов. Недавний опрос американских учителей биологии показал, что всего 28% из них рассказывают об эволюции как о бесспорном научном факте, то есть объясняют, что это такое и какие доказательства есть в ее пользу. Большинство (60%) просто избегают этой темы. Они либо объясняют исключительно микроэволюцию (адаптацию) отличных от человека видов, оправдываясь стандартами штата («вам нужно знать об эволюции, потому что программа по биологии построена так, *как будто* это правда»), либо представляют эволюцию и креационизм в качестве одинаково вероятных альтернатив.

Оставшиеся 12% учителей биологии — ярые сторонники креационизма. Один из них, например, сказал: «Я не преподаю ни теорию эволюции, ни теорию Большого взрыва, потому что на моих уроках нет времени на сомнительные научные гипотезы». Ему вторит другой учитель: «Меня всегда изумляло, что эволюцию и креационизм рассматривают в категориях правильного и неправильного. И то и другое — системы убеждений, которые невозможно полностью доказать или опровергнуть». Оба работают в государственных школах, где пропагандировать креационизм запрещено законом.

Религия и теория эволюции были не в ладах друг с другом с самого зарождения эволюционизма, когда идея естественного отбора была еще просто блеском в глазах Дарвина^[352]. Сам ученый в начале жизни был глубоко верующим христианином и даже хотел стать англиканским священником, но во время учебы в Кембридже передумал и решил посвятить себя биологии. Это решение породило длившийся до конца дней Дарвина конфликт между сформировавшимися в детстве религиозными убеждениями и научными взглядами, к которым он пришел во взрослом возрасте. Уже в начале исследований Дарвин понял, что эволюционный взгляд на жизнь не согласуется с креационизмом. В письме другу, сэру Джозефу Дальтону Гукеру, отправленном за 15 лет до выхода «Происхождения видов», ученый писал: «Я почти убежден — довольно противоположно тому, что думал раньше, — что виды не (это как сознаться в убийстве) неизменны»^[353]. Для молодого Дарвина признание изменчивости видов было схоже с «признанием в убийстве».

Сегодня многие люди продолжают считать религию и эволюцию совершенно несовместимыми, хотя другие полагают, что эти взгляды дополняют друг друга. Это подтверждают сведения, собранные агентством Gallup. Уже три десятилетия американцев опрашивают об отношении к эволюции: «Какое из следующих утверждений точнее всего отражает ваши взгляды на происхождение и развитие человека?

1. Люди развивались миллионы лет из менее совершенных форм жизни, и этот процесс направлял Бог.
2. Люди развивались миллионы лет из менее совершенных форм жизни, и Бог не участвовал в этом процессе.
3. Бог создал человека в форме, близкой к современной, в один момент в течение последних десяти тысяч лет»^[354].

После таких опросов новостные заголовки обычно кричат, что «четыре из десяти американцев — стойкие креационисты». Однако из тех же опросов следует, что четыре из десяти американцев полагают, что «люди развивались миллионы лет из менее совершенных форм жизни, и этот процесс направлял Бог». То есть 40–45% американцев соглашались с третьим утверждением (жестким креационистским вариантом), 10–15% придерживаются второго утверждения (светского понимания эволюции), а 35–40% склоняется к первому утверждению

(теистической эволюции)^[355]. Креационисты — это значительная часть аудитории, но все равно меньшинство.

Стоит ли преподавателям естествознания и сторонникам научного просвещения радоваться, что 40% американцев согласны с теистической версией эволюции? С социологической точки зрения я бы сказал, что да. Менее века назад тема эволюции была табу, и в американских государственных школах ее просто запрещали. Теперь это обязательный элемент программы по биологии. Отношение к эволюции резко изменилось всего за три поколения, и широкое согласие с теистической эволюцией — признак этих перемен. Конечно, в Соединенных Штатах все еще есть много мест, где сказать, что ты веришь в эволюцию (теистическую или какую-то еще), — это то же самое, что признаться, что ты аморальный, нелояльный, незаконный и безбожный тип. Вера в эволюцию — это не просто отношение к эмпирическому факту, а маркер социальной идентичности, такой же мощный, как «либерал», «сторонник разрешения абортов» или «феминистка».

Но может быть и по-другому. Многие из тех, кто по религиозным соображениям отвергает эволюцию, соглашаются с другими научными фактами, которые не меньше расходятся с религиозной доктриной: что по земле когда-то ходили динозавры, что землетрясения и наводнения вызваны силами природы, что Земля движется, что Земля вращается вокруг Солнца и что Земля не центр Вселенной. Людей когда-то жгли на кострах за взгляды, которые теперь разделяют и религиозные, и нерелигиозные люди. Эволюция — это просто один из многих научных фактов, который приобрел социально-политическую окраску, но этот привкус может исчезнуть, если его истинность признает достаточно людей — пусть и с оговоркой, что Бог играет какую-то роль в этом процессе.

Широкое принятие теистической эволюции, таким образом, позитивный процесс с социологической точки зрения. Однако с когнитивной точки зрения это не так хорошо, поскольку теистическое объяснение эволюции имеет логические изъяны. Эволюционные механизмы — изменчивость и естественный отбор (они рассмотрены в [двенадцатой главе](#)) — не оставляют места для божественного вмешательства. Во всяком случае, роль Бога не выходит за пределы того, что ученые могут узнать об эволюции, не делая такого

допущения. Теистическая эволюция противоречит и представлениям большинства людей о Боге, конкретно о том, что он всемогущ, всеведущ и всемилостив. Зачем всемогущему существу выбирать в качестве механизма эволюционных изменений именно случайные мутации, а не направленные, или, если уж на то пошло, не старое доброе творение? Почему всезнающее существо создает ненужные и несовершенные формы, например: копчик у человека, тазовую кость у кита, кости ног у змеи, крылья у страусов и желудок у кролика (настолько неэффективный, что кроликам приходится есть собственный кал, чтобы извлечь питательные вещества)?

Но больше всего должно беспокоить то, что всемилостивое существо избрало инструментом творения естественный отбор. Как уже отмечалось в двенадцатой главе, это жестокий процесс. Большинство организмов умирают от голода, хищников и болезней, не достигнув репродуктивной зрелости. Приятно ли Богу видеть, как касатки десятками топят маленьких тюленят? Смотреть, как личинка осы изнутри пожирает гусеницу? Как вирусы истребляют целые популяции людей, включая детей и младенцев? Миллиарды «божьих созданий» погибают мучительной, насильственной смертью. Вымерли 99,9% существовавших на Земле видов. Зачем всемогущему и всеблагому существу создавать все эти формы жизни только ради того, чтобы их уничтожить?

В довершение всех этих рассуждений о природе Бога появляются и размышления о месте человека в природе. Религия учит, что человек — венец творения, а эволюция — что человек всего лишь веточка на огромном дереве жизни. Религия учит, что люди наделены бессмертной душой, а эволюция — что человек целиком и полностью материален. Религия учит, что хороших людей ждет вечное избавление, а эволюция — что жизнь коротка, жестока и несправедлива.

Эволюционистский взгляд на место человека в природе может вызывать отторжение у религиозных людей, однако со светской точки зрения он способен вдохновлять и мотивировать. Мысль, что человек лишь одна из миллионов ветвей на древе жизни, может вызвать чувство единства с природой и подтолкнуть к ее сохранению. Мысль, что люди — это совершенно материальные существа, побуждает глубже ценить «здесь и сейчас», стимулирует к самопознанию и самореализации. А мысль, что жизнь неразрывно связана с

несправедливостью, может заставить обращать больше внимания на дискриминацию и бороться за социальную справедливость.

Эволюционистов называют худшим из зол — «отвратительными, уродливыми, зловонными кучами», — однако согласие с фактом эволюции никоим образом не толкает человека к жестокости, эгоизму и безразличию. Если уж на то пошло, оно располагает как раз к противоположному: к восприятию человеческой жизни как драгоценного, редчайшего дара, к тому, чтобы получить из этого дара максимум для себя и других.

* * *

С восьмой по тринадцатую главу мы обсуждали следующие интуитивные теории биологического мира:

1. Интуитивную теорию жизни, согласно которой животные — это психологические существа, а не органические машины, состоящие из поддерживающих жизнь органов.

2. Интуитивную теорию роста, в которой питание считается средством утоления голода, а не поставки питательных веществ, а старение — чередой дискретных изменений, а не непрерывным процессом.

3. Интуитивную теорию наследственности, где сходство между родителями и потомками рассматривается как следствие воспитания, а не репродуктивной передачи генетической информации.

4. Интуитивную теорию заболеваний, согласно которой человек болеет из-за недостойного, аморального поведения, а не распространения микроскопических организмов.

5. Интуитивную теорию адаптации, в которой эволюция рассматривается как единообразное превращение всего вида одновременно, а не селективное выживание и размножение подгруппы вида.

6. Интуитивную теорию происхождения видов, согласно которой видообразование — это линейный процесс перехода от предков к потомкам, а не ветвящееся дерево видов, имеющих общего потомка.

Все эти теории, как и те, которые были рассмотрены во второй — седьмой главах, дают нам систематическое объяснение естественных

феноменов. Однако источник биологических теорий иной: они возникают не из-за врожденной предвзятости наблюдений за соответствующими феноменами, а из-за их неустранимой ограниченности. От нас скрыты функциональные связи между внутренними органами, биохимические механизмы роста и старения, генетическая подоплека наследственности, микробы, вызывающие заболевания, селективное выживание особей в адаптирующейся популяции и родственные отношения между разнообразными формами жизни. Нашим органам чувств недоступны внутренние механизмы биологических систем, поэтому мы по умолчанию обращаемся к более общим рассуждениям: анимизму, витализму, эссенциализму, телеологии и намеренному творению. Такого рода рассуждения дают некоторое понимание биологического мира, но его недостаточно для того, чтобы делать последовательно точные предсказания и последовательно принимать оптимальные решения. Для этого не обойтись без более подробного понимания механизмов биологических феноменов, которое способны дать только научные теории.

Заключение

Как понимать мир правильно

В 1802 году мальчик по имени Плиний Муди сделал необычное открытие^[356]. Он пахал отцовское поле на ферме в Саут-Хэдли и наткнулся на камень, в котором отпечатались несколько больших, похожих на птичьи, следов. Это были одни из первых обнаруженных следов динозавра. Однако семейство Муди ничего не знало о динозаврах. Они выкопали камень и поставили его у порога, из-за чего среди соседей пошли разговоры, что Муди выращивают очень тяжелую птицу.

Несколько лет спустя камень купил врач Илаю Дуайт. Он пустил слух, что разгадал происхождение необычных следов. Это следы ворона Ноя! Согласно Библии, когда воды Великого потопы спали, Ной выпустил ворона из своего ковчега на поиски суши. Ворон не вернулся, очевидно, потому, что нашел свой новый дом в Саут-Хэдли. Современные палеонтологи знают, что следы принадлежат *Anomoerus scambus* — птицеобразному динозавру, который жил в долине реки Коннектикут примерно 200 миллионов лет назад.

Чтобы правильно идентифицировать следы, биология и геология должны были достичь уровня, недоступного в момент открытия. Именно поэтому Дуайт полагался на интуицию. Следы выглядят как птичьи, значит, они должны принадлежать одному из известных видов птиц. Они выглядят очень древними, поэтому, скорее всего, образовались в одной из самых ранних известных точек во времени (Великий потоп, описанный в Книге Бытия).



Рис. 3.1. Эти следы динозавра открыли в 1802 году на ферме в Массачусетсе. В то время о существовании динозавров еще не знали, поэтому следы приписали ворону Ноя

В этой интерпретации отразилось несколько особенностей интуитивных теорий, которые обсуждались в предыдущих главах. Во-первых, интуитивные теории влияют не только на наши представления о мире, но и на восприятие как таковое. Окаменелые отпечатки были тридцать с лишним сантиметров в длину — намного больше вороньей лапы, — однако это не помешало Дуайту увидеть в них следы именно ворона. Логичнее было бы предположить, что их оставила индейка, но тогда пришлось бы объяснять и то, почему они окаменели. Великий потоп давал такое объяснение. Он не только произошел тысячи лет назад — достаточно давно, чтобы следы успели затвердеть, — но и оставил после себя много грязи, в которой могли отпечататься следы птицы весом всего килограмм с небольшим.

Интерпретация Дуайта показывает и крайнюю антропоцентричность интуитивных теорий. Они основаны на человеческой шкале времени, человеческой точке зрения, целях и

ценностях. В библейском объяснении есть понятное людям время (несколько тысяч лет назад), знакомое людям существо (ворон) и важные для людей обстоятельства (потоп, ниспосланный Богом, чтобы покарать человечество). Для правильной же интерпретации следов нужно привлечь события, происходившие задолго до появления человека (200 миллионов лет назад), существ, которых люди никогда не видели (динозавры), и обстоятельства, никак не связанные с людьми (день в жизни древней рептилии).

Последняя особенность интуитивных теорий, подчеркнутая интерпретацией Дуайта, заключается в том, что интуитивные теории, хотя и основаны на опыте, подвергаются обработке культурой. Дуайту никогда не пришло бы в голову, что следы оставил ворон, если бы не библейский рассказ о вороне Ноя. Если бы в Библии Ной послал искать сушу не ворона, а, например, сову или спасал бы земных тварей от пожара, а не от потопа, то интерпретация следов, безусловно, была бы иной — скажем, совиные следы, отпечатавшиеся в окаменелом пепле.

Научные теории тоже порождение культуры. Дуайта не стоит винить в том, что он не смог правильно идентифицировать следы, ведь в его время еще не было сформулировано понятие динозавра, не говоря уже о понятиях эволюции, вымирания и глубокого времени. Способность выйти за рамки ограниченных интуитивных теорий — это не только индивидуальное достижение, но и достижение культуры в целом. То, о чем не смог догадаться Дуайт, сегодня очевидно для любого жителя Саут-Хэдли, даже ребенка. Наука отточила и расширила человеческую мысль, вооружила нас идеями, которых не было у людей прошлого. Надо только быть восприимчивым к этим мыслям и не дать ослепить себя интуитивным теориям.

* * *

Главной целью этой книги было познакомить вас, читатели, с вашими собственными интуитивными теориями: и теми, которые вы явно выражали в детстве и косвенно во взрослом возрасте, и теми, которые вы по-прежнему, возможно, исповедуете явно. Двенадцать интуитивных теорий, освещенных в этой книге, не единственные такого рода представления. Есть интуитивные теории в психологии

(например, о знании и памяти) и математике (например, интуитивные модели арифметики и рациональных чисел). Но эти двенадцать пунктов достаточно содержательны и разнообразны, чтобы показать, что интуитивные теории не вписываются в какие-то рамки. Все они возникают по разным причинам, хотя некоторые и связаны с общими темами.

Одна общая тема заключается в том, что интуитивные теории основаны на восприятии. Они подчеркивают свойства, которые мы способны воспринимать, в ущерб тем, которые не можем. Во многих случаях и те и другие смешиваются. Интуитивные теории материи, в частности, не разделяют не поддающееся восприятию свойство плотности и воспринимаемые свойства тяжести и величины, а интуитивные теории тепловых явлений не проводят различия между теплотой и ощущениями, связанными с теплом. Еще в интуитивных теориях отсутствуют понятия атома, элемента, молекулы, электрона, фотона, силы, инерции, гравитации, орбиты, литосферных плит, органов, генов, клетки, питательных веществ, эмбрионов, микробов, общего предка и естественного отбора.

Интуитивные теории, как правило, привязаны к предметам. Они делят мир на дискретные, осязаемые вещи, в то время как научные теории делят те же аспекты мира на процессы. Тепло, звук, электричество, молнии, огонь, магнитные явления, давление, климат, погода, землетрясения, приливы, радуги, тучи, жизнь, жизненные силы — процессы, а не вещи. Они возникают из коллективного взаимодействия системы элементов, находящихся на более низком уровне организации (например, электричество возникает из коллективного взаимодействия электронов, а жизнь — из коллективного взаимодействия органов). Переход в классификации эмерджентных феноменов от *вещей* к *процессам* стал очень важным первым шагом к появлению нескольких научных дисциплин^[357]. Однако такая классификация редко проникает в общественное сознание, потому что основанное на системах мышление требует очень больших когнитивных затрат, что обсуждалось в [третьей главе](#)^[358].

Наконец, интуитивные теории обычно фокусируются на объектах, а не на контексте. Свойства, которые могут варьироваться в зависимости от контекста, считаются неотъемлемыми

характеристиками. Например, плавучесть — это не какое-то всегда имеющееся или отсутствующее свойство. В одних жидкостях предмет может плавать, а в других — тонуть (клубника плавает в воде, но тонет в масле). Вес зависит от высоты, растворимость — от растворителя, а цвет — от условий, при которых на него смотрят. Чтобы учесть контекст, нужно взглянуть на вопрос шире. Интуитивные теории не дают такой возможности: они сосредоточены на *типичных* истинах (например, бананы желтые), а не *всеобщих* (например, бананы поглощают все длины волн кроме тех, которые человеческому глазу кажутся желтыми).

Короче говоря, интуитивные теории больше сосредоточены на воспринимаемом, чем на невоспринимаемом, больше на вещах, чем на процессах, и больше на объектах, а не на контексте. Каждая из этих характеристик верна для нескольких интуитивных теорий, но не для всех. Теории различаются по форме и функции, и было бы ошибкой втискивать все в одну категорию. Неумение оценить роль движения молекул в передаче тепла — это совсем не то, что непонимание роли литосферных плит в вулканизме. Неспособность вывести абстрактное понятие плотности из воспринимаемой тяжести не то же самое, что неспособность догадаться о существовании микробов по опыту заражения. Любой педагог, который хочет помочь учащимся заметить и скорректировать интуитивные теории, должен специально адаптировать способ изложения предмета.

Однако через все интуитивные теории проходит как минимум одна общая нить: они уже и мельче, чем научные, то есть охватывают меньший спектр явлений и более поверхностно объясняют их. Интуитивные теории нужны для того, чтобы справиться с ситуацией здесь и сейчас. Научные же теории охватывают причины в целом — и прошлое, и будущее, и наблюдаемые явления, и ненаблюдаемые, и малое, и великое.

В интуитивных теориях космоса, например, Земля — это центр Вселенной, а в научных — одна из многих планет в одной звездной системе из многих систем одной галактики из множества галактик. Интуитивные теории жизни рассматривают организм как единое целое структурно и функционально, а научные теории — как совокупность органов, состоящих из клеток, а те, в свою очередь, — из собраний органелл, образованных из молекул. Согласно интуитивным теориям

происхождения видов, человек — это вершина творения, а в научных теориях — одна из многих веточек на ветви приматов, млекопитающих, позвоночных и животных в целом на огромном древе жизни. Интуитивные теории могут дать ответ на маленькие вопросы (например, что мне есть, куда наступить, как выздороветь?), но только научные теории помогают найти ответ на большие загадки: кто мы, откуда мы взялись, что с нами будет?

* * *

В первой главе я сравнил приобретение новых знаний со сборкой чего-то нового из конструктора Лего. Из базового набора можно построить много разных объектов, а из нашего врожденного репертуара концепций — множество форм знания. Но для некоторых форм знания требуются новые концепции (например, инерция, микроб), как для некоторых предметов — новые виды деталей: колеса, оси, шестеренки. Аналогия с конструктором хорошо показывает пробел между интуитивными и научными представлениями, однако хуже отражает то, как мы преодолеваем этот пробел, то есть усваиваем научные концепции. Нельзя просто зайти в магазин рядом с магазином Лего и купить новенькое блестящее понятие. Новые концепции приходится учить постепенно, прокладывая путь к новому от того, что есть в распоряжении.

Лучше этот процесс описывает аналогия Отто Нейрата — перестройка корабля посреди океана (см. [четвертую главу](#)). Моряки привязаны к кораблю, на котором они вышли в море, а когнитивные создания — к конкретным убеждениям, возникшим, когда человек начал видеть мир и взаимодействовать с ним. Если моряки в середине путешествия замечают, что корабль не справится со ждущими впереди опасностями, они не смогут построить его с нуля, но могут переоборудовать его, используя материалы, из которых он сделан. Мы, люди, в ходе развития тоже можем осознать, что наших знаний недостаточно для того, чтобы справиться с предстоящими сложностями. С нуля перестроить знания невозможно, но можно реструктурировать их, по-новому используя составляющие их концепции.

Как же это сделать? Как реструктурировать знания, если они ограничены имеющимися убеждениями и сложившимися в ходе эволюции когнитивными способностями? Если сформулировать эту проблему на абстрактном уровне, она покажется сложнее, чем есть на самом деле. Кроме того, на абстрактном уровне она неразрешима. Чтобы перестроить наши знания, придется засучить рукава и взяться за их конкретные элементы: за концепции, которые нужно изменить, сжать или отбросить.

Изысканный пример такого практического подхода — это разработка руководства, которое призвано помочь фермерам, разводящим кур, определить пол однодневных цыплят^[359]. Это на удивление сложная задача. При рождении цыпленка мужского и женского пола не отличаются друг от друга по величине, форме и оперению. Характерные половые признаки, например петушиный гребень, появляются лишь через несколько недель, а за это время питомник уже успеет потратить ресурсы на особей, которые не будут впоследствии откладывать яйца. Кроме того, цыплята мужского пола мешают работе, так как не подпускают цыплят женского пола к корму и поилкам. Таким образом, как можно раньше отсортировать мужские и женские особи важно с экономической точки зрения.

Однако для этого требуется оценить крохотное образование — *половой бугорок*, который у разных полов выпядит почти одинаково, по крайней мере для нетренированного глаза. Опытный фермер может определять пол с точностью до 99% и скоростью два цыпленка в секунду, но, чтобы достичь такого уровня профессионализма, нужно несколько лет проб и ошибок.

Узнав об этой любопытной проблеме восприятия, ученые — специалисты по зрению применили инструментарий своей дисциплины — анализ на предмет повторяющихся признаков — к сотням изображений половых бугорков. Оказалось, что между полами нет последовательных различий в размере, расположении, текстуре и сегментации, но существенно отличается другая черта — выпуклость. У мужских особей половые бугорки в целом более округлые. Ученые составили руководство, чтобы научить новичков отличать цыплят именно по этому признаку.

Подход оказался крайне эффективным. Взрослым работникам, которые до этого никогда не видели половых бугорков и не собирались

на них смотреть, давали 18 фотографий и просили отсортировать их по полу. Перед обучением они раскладывали изображения случайным образом. После обучения точность достигала 90% — это сопоставимо с показателями специалистов, которых просили отсортировать те же фотографии. Эксперты в целом имели трехлетний опыт определения пола цыплят. Новички же прошли пятиминутную тренировку.

Таким образом, целенаправленная тренировка, основанная на глубоком анализе соответствующей области знания, в несколько раз эффективнее, чем ненаправленное (или минимально направленное) изучение данной области, как уже отмечалось в пятой главе. Ту же мысль хорошо иллюстрирует исследование обучения второклассников понятию математического равенства. Все разделы математики — от арифметики до дифференциального и интегрального исчисления — основаны на идее, что в уравнении количества можно выражать по-разному. Левая сторона уравнения (например, $1 + 5$) при этом должна быть равна правой стороне (например, $8 - 2$). Знак равенства, разделяющий две стороны, означает «то же самое, что и».

Но маленькие дети не интерпретируют знак равенства с этой точки зрения. Для них это просто сигнал, что нужно что-то посчитать. Например, знак равенства в уравнении $4 + 3 = \underline{\quad}$ означает, что к четырем надо прибавить три, а сумму написать в пустой клетке. Уравнения, в которых математическая операция стоит справа от знака равенства ($\underline{\quad} = 4 + 3$) или с обеих сторон знака ($4 + 3 = \underline{\quad} + 1$), ставят их в тупик, так как такое расположение противоречит жесткой интерпретации. Учителя математики давно поняли, что дети не улавливают истинного значения знака равенства, но в ответ обычно дают больше того же самого материала, то есть еще больше примеров в виде «действие = ответ». Учителя исходят из предположения, что сперва нужно научить решать стандартные задачи и только потом — нестандартные, где детское определение знака равенства не работает.

Как оказалось, преподавание этой темы с помощью сочетания стандартных и нестандартных задач эффективнее, чем наборы типовых примеров. В одном из исследований ученые составили два учебника^[360]. В первом были только стандартные примеры ($4 + 3 = \underline{\quad}$), а во втором — примеры с теми же слагаемыми, но в нестандартной последовательности ($\underline{\quad} = 4 + 3$, $4 + 3 = \underline{\quad} + 1$). Целью была проверка умения второклассников решать задачи обоих

типов — стандартные и нестандартные — после каждого вида обучения. Неудивительно, что дети, занимавшиеся нестандартными примерами, правильно решили больше нестандартных задач. Но они правильно решили и намного больше *стандартных* — в два раза. Разница сохранилась даже спустя полгода: обе группы решали одинаковые по содержанию примеры, но небольшие изменения формы заданий приводили к значимым различиям в эффективности.

Смысл этого исследования, а также проблемы определения пола цыплят не только в том, что одни учебные материалы лучше других. Смысл в том, что для эффективного обучения нужно глубоко анализировать, какие концепции необходимо усвоить и как им лучше учить. В этой книге мы видели и другие примеры концептуально грамотного обучения: учебник Кэрол Смит о корпускулярной природе материи ([вторая глава](#)), Мишлен Чи о кинетической природе тепла ([третья глава](#)), Джона Клемента о повсеместности сил ([пятая глава](#)), Мишеля Рэнни об антропогенных причинах изменений климата ([седьмая глава](#)), Вирджинии Слотер о виталистической природе биологической активности ([восьмая глава](#)), Сары Грипшовер о метаболических механизмах потребления пищи ([девятая глава](#)), Кена Спрингера о биофизических основах наследственности ([десятая глава](#)) и Терри Ау о микробной теории заболеваний ([одиннадцатая глава](#)).

Все эти руководства оказались эффективными, потому что привлекают ту же аналитическую мощь, что и в случае обучения определению пола цыплят и принципам математического равенства. В их основе лежит анализ области, в ходе которого то, что учащиеся считают истинным, либо подвергается сомнению (если убеждения ошибочны), либо уточняется (если убеждения правильные, но неточные), либо расширяется (если они правильные, но неполные). Эффективные руководства прокладывают путь между интуитивными теориями учащихся и профессиональными теориями в данной дисциплине. Полученный путь редко бывает единственно возможным, но тем не менее он работает. К видам обучения, которые не прокладывают таких путей, относятся примеры типа «подставь — получи», свободное исследование микромиров и ненаправленное экспериментирование (их неэффективность описана в [пятой главе](#)). Эти подходы позволяют студентам сохранить свои интуитивные теории, так как не бросают им вызов и не уточняют их.

Не эффективно и развивать способности в целом, например навыки критического мышления, количественных рассуждений и постановки вопросов. Эти умения не решают концептуальных проблем, которые присущи интуитивным теориям. Анализ текста об астрономии не поможет стороннику теории плоской Земли признать, что Земля — шар, а обучение постановке контролируемых физических экспериментов не заставит человека переключиться с теории импульса на теорию Ньютона. Учащимся нужно объяснять интуитивные теории, рассказывать, почему они неверны, и демонстрировать, почему научные теории тех же явлений гораздо лучше. Конечно, общие навыки мышления важно развивать, но они не панацея от заблуждений в конкретных научных дисциплинах.

По самой своей природе наука разделена на дисциплины. Конкретные специалисты (например, палеонтологи) применяют конкретные методы (например, радиоуглеродное датирование), чтобы проверить конкретные гипотезы (например, что одно ископаемое старше другого) на основе конкретных данных (например, различий во времени радиоактивного распада). Поскольку занятия наукой привязаны к отдельной области, *обучение* науке тоже должно быть таким. Учащиеся на конкретных предметах (например, микробиологии) должны освоить конкретные понятия (например, бактерии, РНК, митохондрии), входящие в конкретные теории (например, микробную и клеточную), связанные с конкретными явлениями (например, ферментацией, разложением, болезнями). Если обучение игнорирует дисциплинарную природу интуитивных и научных теорий, у него будут такие же шансы на успех, что и шансы ядерного физика сделать важное открытие в иммунологии или иммунолога в ядерной физике. Это возможно, но я бы особо на это не рассчитывал.

* * *

Перейти от интуитивных теорий к научным непросто, и эта сложность часто усугубляется неспособностью увидеть ограничения интуиции. Исходные теории дают ощущение понимания, которое

кажется правильным и достаточным, и мы редко стремимся исправить что-то самостоятельно.

Подумайте о радуге. Вы не раз ее видели и знаете ее форму и порядок цветов. Вы знаете, что радуга «убегает» и до нее нельзя дотронуться. Вы, вероятно, даже знаете условия, при которых возникает радуга. Но можете ли вы сказать, что хорошо понимаете это явление? Как бы вы оценили себя по шкале от одного до семи, где один — это «плохо понимаю» и семь — «понимаю на профессиональном уровне»?

Поскольку вы до конца прочли книгу об ограниченности интуитивных теорий, возможно, вы оцените свои знания о радуге осторожно, так как понимаете, что интуитивные теории света и оптики могут быть недостаточны, чтобы уловить истинную природу этого явления. Но в целом взрослые далеко не так осмотрительны и считают, что знают больше, чем на самом деле. Если попросить их оценить понимание радуги или любого другого природного явления (например, землетрясений, комет и приливов), большинство сочтет свое понимание «средним», то есть четыре на шкале от одного до семи. Но если попросить нарисовать свое объяснение («Покажите, как именно образуется радуга?»), уверенность снизится с четырех до трех. А если задать контрольные вопросы («А почему радуга не прямая, а дугообразная? Почему цвета радуги всегда появляются в том же порядке?»), самооценка падает с трех до двух.

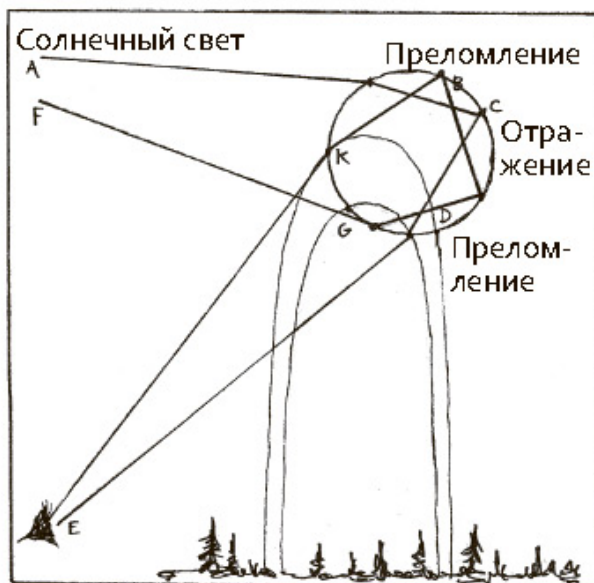
Склонность переоценивать понимание природных явлений называют *иллюзией объяснительной глубины*. Она заключается в том, что люди считают понимание, основанное на интуитивных теориях, гораздо более глубоким, чем в действительности. Эту иллюзию обнаружили у людей разного возраста, от четырех до сорока лет, и с разным уровнем образования — от минимального контакта с наукой до магистерской степени^[361]. Ее находили даже у людей со значительным опытом в рассматриваемой области, например у профессиональных велосипедистов, которых просили объяснить механику велосипеда^[362]. У меня самого научная степень по психологии, я считаю себя специалистом в этой области. Однако я падаю жертвой иллюзии объяснительной глубины каждый раз, когда готовлю новую лекцию на психологические темы. Начинаю я в убеждении, что знаю столько, что хватит на часовое занятие, но вскоре прихожу к выводу, что могу

рассказывать всего пять минут. Первый год преподавания стал для меня одной долгой экскурсией в мир иллюзии объяснительной глубины.

Ученые, занимавшиеся этой иллюзией, пришли к выводу, что дело не только в самоуверенности, похожей на излишнюю уверенность в умении водить машину и делать финансовые инвестиции. Иллюзия объяснительной глубины специфична для сложных систем, изобилующих не всегда очевидными причинными механизмами, множеством уровней анализа и неопределенными конечными состояниями. Она не касается знаний, не имеющих этих свойств: процедур (например, умения готовить печенье с кусочками шоколада) и нарративов (например, знакомства с сюжетом «Звездных войн»). Если вы считаете, что умеете печь такое печенье или можете пересказать «Звездные войны», вероятно, так и есть.



ЛЮДИ ВИДЯТ РАДУГУ



ЛЮДИ ДУМАЮТ, ЧТО ЗНАЮТ
ПРИРОДУ РАДУГИ

Рис. 3.2. Мы понимаем причины природных явлений, например радуги, гораздо хуже, чем нам кажется

Знания естественных явлений, таким образом, страдают сразу с двух сторон: от невысокой способности объяснить их (точно и правильно) и от непонимания этих ограничений. Мы не видим собственной слепоты.

Еще одним осложнением при переходе от интуитивных теорий к научным является удивительная стойкость устоявшихся убеждений. Как однажды заметил экономист Джон Мейнард Кейнс, «сложность заключается не столько в том, чтобы придумать новую идею, сколько в том, чтобы уйти от старых»^[363]. На протяжении всей книги мы видели много примеров старых представлений, не дающих нам оценить новое, даже если мы можем полностью его выразить. В физических задачах, например, взрослым, понимающим, что плавучесть предмета определяется его плотностью, по-прежнему сложно игнорировать вес, оценивая, утонет он или нет (см. [вторую главу](#)). Люди, знающие, что для того, чтобы замкнуть электрическую цепь, нужно два провода, по-прежнему не могут отказаться от мысли, что электричество может поступать от источника к устройству по одному проводу ([третья глава](#)). Знание, что предметы разной массы падают на землю с одной скоростью, не мешает думать, что свинцовый шарик упадет быстрее, чем деревянный ([пятая глава](#)). Примечательно следующее: даже зная о том, что Земля круглая, можно по-прежнему оценивать расстояние между городами так, как если бы она была плоской ([шестая глава](#)).

Та же склонность проявляется и в биологии. Взрослые, знающие, что растения живые, могут отнести их к неживой природе, если торопятся или отвлекаются ([восьмая глава](#)). Люди, осознающие, как они изменились с возрастом, отрицают, что те же аспекты изменятся в будущем ([девятая глава](#)). Они знают, что инфекционные заболевания вызваны бактериями, и при этом списывают плохое самочувствие на сверхъестественные силы ([одиннадцатая глава](#)). А некоторые, зная, что человек произошел от других организмов, продолжают отрицать, что люди связаны общим происхождением со *всеми* организмами, даже со скромной инфузорией-туфелькой ([тринадцатая глава](#)).

Все это свидетельствует о том, что научное знание не изменяет понимания мира, а лишь усложняет его, добавляя новый слой интерпретации поверх старого. Такой подход к концептуальным изменениям сравнительно нов: его начали описывать лишь в последнее десятилетие. До этого обычно предполагалось, что научные теории *вытесняют* интуитивные. Возможно, ученые просто были сосредоточены на том, чтобы охарактеризовать разницу между новичками в науке (например, девятиклассниками) и специалистами (например, докторами физических наук), и не проверяли сохранение

этих различий, когда специалист торопится, загружен или отвлекается. Учитывая, что исследователи только приступают к изучению этих явлений, нам еще многое предстоит узнать. Почему интуитивные теории не стираются научными? В каких контекстах срабатывают интуитивные теории, а в каких — научные? Какие навыки нужны, чтобы увидеть разницу между интуитивными и научными рассуждениями? Как научиться отдавать приоритет именно науке?

Можно предположить, что в последнем случае знать много научных фактов недостаточно: нужно активно *думать* как ученый. Известно, в частности, что для того, чтобы оценить место человека в биологическом мире, требуется не просто знать, что у всех видов есть общий предок, но и уметь видеть генетические связи между ветвями на древе эволюции. Аналогично нельзя понять биологическую подоплеку инфекционных заболеваний, просто зная про существование микробов. Нужно представлять себе микробов как живые, размножающиеся организмы. Если научное мышление так важно, чтобы воспользоваться плодами науки, педагогам, возможно, стоит вводить научные идеи не просто как совокупность фактов и готовых решений, а как методы рассуждения и подходы к проблемам. Интуитивные теории снабжают нас бытовыми подходами к бытовым проблемам — в этом их смысл. Может быть, мы обращаемся к ним, когда торопимся и отвлекаемся, именно потому, что нас не научили использовать в аналогичных ситуациях научные теории.

* * *

На старших курсах я помогал вести психологию развития, в том числе формирование научного и морального сознания. Тема морали рассматривалась последней. Преподаватель, которая вела этот предмет, завершила лекцию заявлением, что моральное сознание для общества значимее, чем научное. «Главное, чтобы у соседа было чувство моральных добродетелей и чтобы он относился к вам с достоинством», — утверждала она. Какая разница, хорошо ли он понимает биологию и физику? Она полагала, что научные ошибки — личное дело человека, не имеющее больших последствий, в то время как неправильные рассуждения о морали публичные и значимые.

Эта мысль поразила меня своей неправильностью. Моя коллега ошибалась не потому, что преувеличивала важность моральных суждений, а потому, что преуменьшала важность научных. Понимание природных явлений сильно отражается на том, как мы взаимодействуем с миром и реагируем на него. С помощью научных суждений мы решаем, безопасно ли ходить по какой-то поверхности и дотрагиваться до предмета, как поднимать предметы и ставить их друг на друга, как вести себя во время землетрясения или наводнения, как выбрать пищу и одежду, как справиться со старением и неизбежностью смерти, как интерпретировать анализы крови и результаты генетического скрининга, как сохранить здоровье и лечить болезни, как относиться к животным. И это лишь несколько примеров.

Научное понимание природных явлений глубоко отражается и на обществе. Это, в частности, вопросы вакцинации, пастеризации и исследований стволовых клеток, лечение бесплодия, генная модификация пищевых продуктов и микроорганизмов, производство антибиотиков и пестицидов, криогеника, исследования космоса, ядерная энергия, изменения климата. В этих темах должны разбираться не только ученые. Их понимание нужно каждому человеку, так как мы коллективно определяем, какая политика и ресурсы необходимы для решения этих проблем.

Вакцинация — это один из самых ярких образцов важности всеобщего понимания и совместных действий. Пионером в этой области стал в 1796 году Эдвард Дженнер: он делал прививки от опасных для жизни вирусов — оспы и полиомиелита. Смысл в том, чтобы путем введения в организм мертвых или ослабленных вирусов заранее побудить иммунную систему выработать антитела, специфичные к данному вирусу^[364]. Если привить достаточное количество людей, распространение заболевания можно остановить и даже полностью искоренить болезнь. Корь была побеждена в Соединенных Штатах в конце 1990-х годов — менее чем через 40 лет после введения прививок от нее. Заболевание, которым когда-то болели почти все американские дети — и сотни из них каждый год умирали, — практически прекратило существовать в американских границах^[365].

Но в 2014 году корь вернулась и нанесла ответный удар^[366]. Произошли две крупные вспышки, поразившие более шестисот

человек. Корью болели не маленькие дети, которых не успели привить, и не люди с ослабленным иммунитетом, которых прививать нельзя. Пострадали те, кто сознательно избегал вакцин, или во многих случаях дети, которых намеренно не хотели прививать *родители*. Эти родители не могли взять в толк, зачем вводить ребенку загадочное «вещество» с ослабленным вирусом, и верили их здоровье Богу или природе. В результате произошла трагедия. От проблемы, с которой люди научились справляться двести с лишним лет назад, пострадали и даже умерли сотни детей. К счастью, вспышки кори подтолкнули власти к действию. Все больше и больше штатов вводят законы, не допускающие отказ от вакцинации по личным и религиозным соображениям, и появляется все больше программ информирования общества об опасности отказа от вакцинации^[367].

Эта история показывает, что на современном этапе развития науки и технологии нельзя обходиться одними только интуитивными теориями. Это неизбежно помешает нашему стремлению к более производительной экономике, здоровому обществу, комфортной для жизни среде. Телеведущий Билл Най, «спец по науке», говорит то же самое с точки зрения образования. В отрицании науки он видит угрозу не только нашей интеллектуальной жизни, но и благополучию всего общества. «Я обращаюсь к большим дядям и тетям. Если вам нравится отрицать [науку] и жить в мирке, который совершенно не согласуется с тем, что мы знаем о Вселенной, — это ваше право. Но не принуждайте к этому своих детей, потому что они нам нужны. В будущем нам не обойтись без понимающих науку избирателей и налогоплательщиков. Без инженеров, которые будут делать различные устройства и решать сложные задачи»^[368].

Хотя отрицание науки вызывает проблемы для общества, с точки зрения психологии оно неизбежно. Существует глубокий разрыв между когнитивными способностями людей по отдельности и требованиями современного мира. Общество, сложившееся на протяжении последних двух сотен лет, требует мастерского владения высокоуровневыми когнитивными навыками, например умением читать и писать, и понимания сложных когнитивных структур, в том числе научных понятий и теорий. Темы, которые когда-то были на острие научного поиска, сейчас преподают маленьким детям. Человек, не знакомый с этими идеями, мог прекрасно себя чувствовать в обществах прошлого,

но те времена ушли. Чтобы выжить в современном мире, необходимо освоить азы науки не меньше, чем уметь готовить, убираться, следить за собой и делать мелкий ремонт.

Современная жизнь сильно зависит от науки, поэтому препятствия в понимании науки игнорировать нельзя. Проблему *интуитивных теорий* нужно принимать всерьез. Нужно создать среду, которая поможет осознать эти теории и разработать пути их преодоления — в классной комнате и за ее пределами. Интуитивные теории будут с нами всегда, так как их заново открывает каждый ребенок. Но нельзя позволить детским представлениям ограничивать возможности, которые открываются во взрослом возрасте.

Библиография

American Burn Association (2013). *National burn repository*. Chicago: American Burn Association.

Andersen, H. C. (1844/1981). The ugly duckling. In L. Owens (ed. and trans.), *The complete Hans Christian Andersen fairy tales*, 15–20. New York: Avenel Books. Издание на русском языке: Андерсен, Г. Х. Гадкий утенок / Г. Х. Андерсен. М.: Детская литература, 1979.

Anggoro, F. K., Waxman, S. R., and Medin, D. L. (2008). Naming practices and the acquisition of key biological concepts: Evidence from English and Indonesian. *Psychological Science*, 19, 314–319.

Anscombe, G. E. M. (1959). *An introduction to Wittgenstein's Tractatus*. New York: Harper.

Astuti, R., and Harris, P. L. (2008). Understanding mortality and the life of the ancestors in rural Madagascar. *Cognitive Science*, 32, 713–740.

Astuti, R., Solomon, G. E., and Carey, S. (2004). Constraints on conceptual development: A case study of the acquisition of folkbiological and folksociological knowledge in Madagascar. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 1–161.

Atran, S., Medin, D., Lynch, E., Vapnarsky, V., Ek, E. U., and Sousa, P. (2001). Folkbiology doesn't come from folkpsychology: Evidence from Yukatek Maya in cross-cultural perspective. *Journal of Cognition and Culture*, 1, 3–42.

Au, T. K. F., Chan, C. K., Chan, T. K., Cheung, M. W., Ho, J. Y., and Ip, G. W. (2008). Folkbiology meets microbiology: A study of conceptual and behavioral change. *Cognitive Psychology*, 57, 1–19.

Au, T. K., Sidle, A. L., and Rollins, K. B. (1993). Developing an intuitive understanding of conservation and contamination: Invisible particles as a plausible mechanism. *Developmental Psychology*, 29, 286–299.

Babai, R., Sekal, R., and Stavy, R. (2010). Persistence of the intuitive conception of living things in adolescence. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 20–26.

Baillargeon, R. (1987). Object permanence in 3- and 4-month-old infants. *Developmental Psychology*, 23, 655–664.

Baillargeon, R., and Hanko-Summers, S. (1990). Is the top object adequately supported by the bottom object? Young infants' understanding of support relations. *Cognitive Development*, 5, 29–53.

Baillargeon, R., Needham, A., and DeVos, J. (1992). The development of young infants' intuitions about support. *Early Development and Parenting*, 1, 69–78.

Baillargeon, R., Spelke, E. S., and Wasserman, S. (1985). Object permanence in five-month-old infants. *Cognition*, 20, 191–208.

Barber, B. (1961). Resistance by scientists to scientific discovery. *Science*, 134, 596–602.

Barman, C. R., Barman, N. S., and Miller, J. A. (1996). Two teaching methods and students' understanding of sound. *School Science and Mathematics*, 96, 63–67.

Bascandziev, I., and Harris, P. L. (2010). The role of testimony in young children's solution of a gravity-driven invisible displacement task. *Cognitive Development*, 25, 233–246.

Bascandziev, I., and Harris, P. L. (2011). Gravity is not the only ruler for falling events: Young children stop making the gravity error after receiving additional perceptual information about the tubes mechanism. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109, 468–477.

Bearon, L. B., and Koenig, H. G. (1990). Religious cognitions and use of prayer in health and illness. *Gerontologist*, 30, 249–253.

Bechtel, W., and Richardson, R. C. (1998). Vitalism. In E. Craig (ed.), *Routledge encyclopedia of philosophy*, 639–643. London: Routledge.

Bering, J. M. (2002). Intuitive conceptions of dead agents' minds: The natural foundations of afterlife beliefs as phenomenological boundary. *Journal of Cognition and Culture*, 2, 263–308.

Bering, J. M. (2006). The folk psychology of souls. *Behavioral and Brain Sciences*, 29, 453–498.

Berkman, M. B., and Plutzer, E. (2011). Defeating creationism in the courtroom, but not in the classroom. *Science*, 331, 404–405.

Berthier, N. E., DeBlois, S., Poirier, C. R., Novak, J. A., and Clifton, R. K. (2000). Where's the ball? Two- and three-year-olds reason about unseen events. *Developmental Psychology*, 36, 394–401.

Bidet-Ildes, C., Kitromilides, E., Orliaguet, J. P., Pavlova, M., and Gentaz, E. (2014). Preference for point-light human biological motion in

newborns: Contribution of translational displacement. *Developmental Psychology*, 50, 113–120.

Biederman, I., and Shiffrar, M. M. (1987). Sexing day-old chicks: A case study and expert systems analysis of a difficult perceptual-learning task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13, 640–645.

Bishop, B. and Anderson, C. A. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 415–427.

Blacker, K. A., and LoBue, V (2016). Behavioral avoidance of contagion in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 143, 162–170.

Blancke, S., Van Breusegem, F., De Jaeger, G., Braeckman, J., and Van Montagu, M. (2015). Fatal attraction: The intuitive appeal of GMO opposition. *Trends in Plant Science*, 22, 1360–1385.

Blown, E. J., and Bryce, T. G. K. (2013). Thought-experiments about gravity in the history of science and in research into children's thinking. *Science and Education*, 22, 419–481.

Bowler, P. J. (1992). *The eclipse of Darwinism: Anti-Darwinian evolution theories in the decades around 1900*. Baltimore: John Hopkins University Press.

Boyes, E., and Stanisstreet, M. (1993). The greenhouse effect: children's perceptions of causes, consequences, and cures. *International Journal of Science Education*, 15, 531–552.

Brainerd, C. J., and Allen, T. W. (1971). Experimental inductions of the conservation of «first-order» quantitative invariants. *Psychological Bulletin*, 75, 128–144.

Brulliard, K. (2016, May 19). People love watching nature on nest cams — until it gets grisly. *Washington Post*. <http://www.washingtonpost.com/news/animalia/wp/2016/05/19/when-nest-cams-get-gruesome-some-viewers-cant-take-it/>.

Buchholz, L. (2015). I know what's best for the health of my family, and it's magical thinking. *Womanspiration*, 11. Retrieved from <http://reductress.com/post/i-know-whats-best-for-the-health-of-my-family-and-its-magical-thinking/>.

Byers-Heinlein, K., and Garcia, B. (2015). Bilingualism changes children's beliefs about what is innate. *Developmental Science*, 18, 344–

350.

Bynum, W. (2012). *A little history of science*. New Haven, CT: Yale University Press.

Cacchione, T., and Burkart, J. M. (2012). Dissociation between seeing and acting: Insights from common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Behavioural Processes*, 89, 52–60.

Cacchione, T., and Call, J. (2010). Intuitions about gravity and solidity in great apes: The tubes task. *Developmental Science*, 13, 320–330.

Cacchione, T., Call, J., and Zingg, R. (2009). Gravity and solidity in four great ape species (*Gorilla gorilla*, *Pongo pygmaeus*, *Pan troglodytes*, *Pan paniscus*): Vertical and horizontal variations of the table task. *Journal of Comparative Psychology*, 123, 168–180.

Cacchione, T., and Krist, H. (2004). Recognizing impossible object relations: intuitions about support in chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Comparative Psychology*, 118, 140–148.

Callanan, M. A., and Oakes, L. M. (1992). Preschoolers' questions and parents' explanations: Causal thinking in everyday activity. *Cognitive Development*, 7, 213–233.

Cancer Research UK (2015, Oct. 26). Ten persistent myths about cancer that are false. *The Independent*. Retrieved from www.independent.co.uk/author/cancer-research-uk.

Carbon, C. C. (2010). The earth is flat when personally significant experiences with the sphericity of the earth are absent. *Cognition*, 116, 130–135.

Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.

Carey, S. (1988). Conceptual differences between children and adults. *Mind and Language*, 3, 167–181.

Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change. In S. Carey and R. Gelman (eds.), *The epigenesis of mind: Essays in biology and cognition*, 257–291. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Carey, S. (2009). *The origin of concepts*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Catley, K. M., and Novick, L. R. (2008). Seeing the wood for the trees: An analysis of evolutionary diagrams in biology textbooks. *BioScience*, 58, 976–987.

Catley, K. M., and Novick, L. R. (2009). Digging deep: Exploring college students' knowledge of macroevolutionary time. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 311–332.

Catley, K. M., Novick, L. R., and Shade, C. K. (2010). Interpreting evolutionary diagrams: When topology and process conflict. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 861–882.

Center for Disease Control (2015). *Measles cases and outbreaks*. Retrieved from www.cdc.gov/measles/cases-outbreaks.html.

Chai-Elsholz, R., Carruthers, L., and Silec, T. (2011). *Palimpsests and the literary imagination of medieval England: Collected essays*. London: Palgrave Macmillan.

Chamberlin, R. T. (1928). Some of the objections to Wegener's theory. In W. A. J. M. van Waterschoot van der Gracht (ed.), *The theory of continental drift: A symposium*, 83–87. Tulsa, OK: American Association of Petroleum Geologists.

Champagne, A. B., Klopfer, L. E., and Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074–1079.

Chang, H. Y., and Linn, M. C. (2013). Scaffolding learning from molecular visualizations. *Journal of Research in Science Teaching*, 50, 858–886.

Chi, M. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Giere (ed.), *Cognitive models of science*, 129–186. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences*, 14, 161–199.

Chi, M. T. H., Roscoe, R. D., Slotta, J. D., Roy, M., and Chase, C. C. (2012). Misconceived causal explanations for emergent processes. *Cognitive Science*, 36, 1–61.

Chi, M. T. H., Slotta, J. D., and De Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27–43.

Chiou, G. L., and Anderson, O. R. (2010). A study of undergraduate physics students' understanding of heat conduction based on mental model theory and an ontology-process analysis. *Science Education*, 94, 825–854.

Christensen, K. D., Jayaratne, T. E., Roberts, J. S., Kardia, S. L. R., and Petty, E. M. (2010). Understandings of basic genetics in the United States: Results from a national survey of black and white men and women. *Public Health Genomics*, *13*, 467–476.

Cialdini, R. B., and Goldstein, N. J. (2004). Social influence: Compliance and conformity. *Annual Review of Psychology*, *55*, 591–621.

Clagett, M. (1961). *The science of mechanics in the Middle Ages*. Madison: University of Wisconsin Press.

Clark, D. B. (2006). Longitudinal conceptual change in students' understanding of thermal equilibrium: An examination of the process of conceptual restructuring. *Cognition and Instruction*, *24*, 467–563.

Clark, D. B., D'Angelo, C. M., and Schleigh, S. P. (2011). Comparison of students' knowledge structure coherence and understanding of force in the Philippines, Turkey, China, Mexico and the United States. *Journal of the Learning Sciences*, *20*, 207–261.

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, *50*, 66–71.

Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, *30*, 1241–1257.

Clement, J., Brown, D. E., and Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding «anchoring conceptions» for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, *11*, 554–565.

Clough, E. E., and Driver, R. (1985). Secondary students' conceptions of the conduction of heat: Bringing together scientific and personal views. *Physics Education*, *20*, 176–182.

Coley, J. D. (2012). Where the wild things are: Informal experience and ecological reasoning. *Child Development*, *83*, 992–1006.

Coley, J. D., Medin, D., Proffitt, J., Lynch, E., and Atran, S. (1999). Inductive reasoning in folkbiological thought. In D. Medin and S. Atran (eds.), *Folkbiology*, 205–232. Cambridge, MA: MIT Press.

Coley, J. D., and Tanner, K. (2015). Relations between intuitive biological thinking and biological misconceptions in biology majors and nonmajors. *CBE-Life Sciences Education*, *14*, 8, 1–19.

Corlett, E. N., and Wilson, J. R., and Corlett, N. (1995). *Evaluation of human work*. London: Taylor and Francis.

Cottrell, J. E., and Winer, G. A. (1994). Development in the understanding of perception: The decline of extramission perception beliefs. *Developmental Psychology*, 30, 218–228.

Couprie, D. L. (2011). *Heaven and earth in ancient Greek cosmology*. New York: Springer.

Cross, D. V., and Rotkin, L. (1975). The relation between size and apparent heaviness. *Perception and Psychophysics*, 18, 79–87.

Curtis, V., Aunger, R., and Rabie, T. (2004). Evidence that disgust evolved to protect from risk of disease. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 271, 131–133.

Dar-Nimrod, I., Cheung, B. Y., Ruby, M. B., and Heine, S. J. (2014). Can merely learning about obesity genes affect eating behavior? *Appetite*, 81, 269–276.

Dar-Nimrod, I., and Heine, S. J. (2006). Exposure to scientific theories affects women's math performance. *Science*, 314, 435–435.

Dar-Nimrod, I., and Heine, S. J. (2011). Genetic essentialism: On the deceptive determinism of DNA. *Psychological Bulletin*, 137, 800–818.

Darwin, C. (1844, January 11). *Letter to Joseph Dalton Hooker*. Retrieved from <http://www.darwinproject.ac.uk/letter/?docId=letters/DCP-LETT-729.xml>.

Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection*. London: John Murray. Издание на русском языке: Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. Л.: Наука, 1991.

Dawson, P., Han, I., Cox, M., Black, C., and Simmons, L. (2007). Residence time and food contact time effects on transfer of *Salmonella* Typhimurium from tile, wood and carpet: testing the five-second rule. *Journal of Applied Microbiology*, 102, 945–953.

De Waal, F. (2006). Morally evolved: Primate social instincts, human morality, and the rise and fall of «Veneer Theory». In S. Macedo and J. Ober (eds.), *Primates and philosophers: How morality evolved*, 1–58. Princeton, NJ: Princeton University Press.

DeJesus, J. M., Shutts, K., and Kinzler, K. D. (2015). Eww she sneezed! Contamination context affects children's food preferences and consumption. *Appetite*, 87, 303–309.

Diakidoy, I. A., Vosniadou, S., and Hawks, J. D. (1997). Conceptual change in astronomy: Models of the earth and of the day/night cycle in

American-Indian children. *European Journal of Psychology of Education*, 12, 159–184.

Diamond, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action, as indicated by infants' performance on AB. *Child Development*, 56, 868–883.

Diamond, A., and Goldman-Rakic, P. S. (1989). Comparison of human infants and rhesus monkeys on Piaget's AB task: Evidence for dependence on dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, 74, 24–40.

Diesendruck, G., and Haber, L. (2009). God's categories: The effect of religiosity on children's teleological and essentialist beliefs about categories. *Cognition*, 110, 100–114.

Ding, D., Maibach, E. W., Zhao, X., Roser-Renouf, C., and Leiserowitz, A. (2011). Support for climate policy and societal action are linked to perceptions about scientific agreement. *Nature Climate Change*, 1, 462–466.

DiSessa, A. A. (2008). A bird's-eye view of the «pieces» vs. «coherence» controversy (from the «pieces» side of the fence). In S. Vosniadou (ed.), *International handbook of research on conceptual change*, 35–60. New York: Routledge.

Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *American Biology Teacher*, 35, 125–129.

Dokov, W., and Dokova, K. (2011). Epidemiology and diagnostic problems of electrical injury in forensic medicine. In D. N. Vieira (ed.), *Forensic medicine: From old problems to new challenges*, 121–136. Rijeka, Croatia: InTech.

Donner, S. D., and McDaniels, J. (2013). The influence of national temperature fluctuations on opinions about climate change in the U.S. since 1990. *Climatic Change*, 118, 537–550.

Donovan, B. M. (2014). Playing with fire? The impact of the hidden curriculum in school genetics on essentialist conceptions of race. *Journal of Research in Science Teaching*, 51, 462–496.

Dunbar, K., Fugelsang, J., and Stein, C. (2007). Do naive theories ever go away? Using brain and behavior to understand changes in concepts. In M. Lovett and P. Shah (eds.), *Thinking with data*, 193–206. New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Duncan, R. G., and Tseng, K. A. (2011). Designing project-based instruction to foster generative and mechanistic understandings in genetics.

Science Education, 95, 21–56.

Eckstein, S. G., and Kozhevnikov, M. (1997). Parallelism in the development of children's ideas and the historical development of projectile motion theories. *International Journal of Science Education*, 19, 1057–1073.

Elkind, D. (1961). Children's discovery of the conservation of mass, weight, and volume: Piaget replication study II. *Journal of Genetic Psychology*, 98, 219–227.

Emmons, N. A., and Kelemen, D. A. (2015). Young children's acceptance of within-species variation: Implications for essentialism and teaching evolution. *Journal of Experimental Child Psychology*, 139, 148–160.

Erickson, G. L. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63, 221–230.

Evans, E. M. (2001). Cognitive and contextual factors in the emergence of diverse belief systems: creation versus evolution. *Cognitive Psychology*, 42, 217–266.

Evans, E. M., and Lane, J. D. (2011). Contradictory or complementary? Creationist and evolutionist explanations of the origin(s) of species. *Human Development*, 54, 144–159.

Evans, E. M., Spiegel, A. N., Gram, W., Frazier, B. N., Tare, M., Thompson, S., and Diamond, J. (2010). A conceptual guide to natural history museum visitors' understanding of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 326–353.

Fallon, A. E., Rozin, P., and Pliner, P. (1984). The child's conception of food: The development of food rejections with special reference to disgust and contamination sensitivity. *Child Development*, 55, 566–575.

Field, D. (1987). A review of preschool conservation training: An analysis of analyses. *Developmental Review*, 7, 210–251.

Fischbein, E., Stavy, R., and Ma-Naim, H. (1989). The psychological structure of naive impetus conceptions. *International Journal of Science Education*, 11, 71–81.

Foisy, L. M. B., Potvin, P., Riopel, M., and Masson, S. (2015). Is inhibition involved in overcoming a common physics misconception in mechanics? *Trends in Neuroscience and Education*, 4, 26–36.

Fox, R. (1971). *The caloric theory of gases: From Lavoisier to Regnault*. Oxford, UK: Clarendon.

Frappart, S., Raijmakers, M., and Frede, V. (2014). What do children know and understand about universal gravitation? Structural and developmental aspects. *Journal of Experimental Child Psychology*, *120*, 17–38.

Freyd, J. J., and Jones, K. T. (1994). Representational momentum for a spiral path. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *20*, 968–976.

Galilei, G. (1590/1960). *On motion*. Madison: University of Wisconsin Press. Издание на русском языке: Галилей, Г. О движении / Г. Галилей // Избранные труды: в 2 т. М.: Наука, 1964.

Galilei, G. (1632/1953). *Dialogue concerning the two chief world systems, Ptolemaic and Copernican*. Oakland: University of California Press. Издание на русском языке: Галилей, Г. Диалог о двух системах мира / Г. Галилей. М.; Л.: ГИТТЛ, 1948.

Galili, I. (2001). Weight versus gravitational force: Historical and educational perspectives. *International Journal of Science Education*, *23*, 1073–1093.

Geerds, M. S., Van de Walle, G. A., and LoBue, V. (2015). Daily animal exposure and children's biological concepts. *Journal of Experimental Child Psychology*, *130*, 132–146.

Gelman, S. A., and Legare, C. H. (2011). Concepts and folk theories. *Annual Review of Anthropology*, *40*, 379–398.

Gelman, S. A., Ware, E. A., and Kleinberg, F. (2010). Effects of generic language on category content and structure. *Cognitive Psychology*, *61*, 273–301.

Gelman, S. A., and Wellman, H. M. (1991). Insides and essences: Early understandings of the non-obvious. *Cognition*, *38*, 213–244.

Gervais, W. M. (2015). Override the controversy: Analytic thinking predicts endorsement of evolution. *Cognition*, *142*, 312–321.

Goldberg, R. F., and Thompson-Schill, S. L. (2009). Developmental «roots» in mature biological knowledge. *Psychological Science*, *20*, 480–487.

Gopnik, A. (1997). *Words, thoughts, and theories*. Cambridge, MA: MIT Press.

Gopnik, A., and Wellman, H. M. (2012). Reconstructing constructivism: Causal models, Bayesian learning mechanisms, and the theory theory. *Psychological Bulletin*, *138*, 1085–1108.

Gottesman, M. (1973). Conservation development in blind children. *Child Development, 44*, 824–827.

Gould, S. J. (1985, June). The median isn't the message. *Discover Magazine*.

Gould, S. J. (1987). Bushes all the way down. *Natural History, 96*, 12–19.

Gould, S. J. (1992). *Ever since Darwin: Reflections in natural history*. New York: Norton.

Gould, S. J. (1996). *Full house: The spread of excellence from Plato to Darwin*. New York: Three Rivers Press.

Gould, S. J. (1997). Redrafting the tree of life. *Proceedings of the American Philosophical Society, 141*, 30–54.

Gregg, V. R., Winer, G. A., Cottrell, J. E., Hedman, K. E., and Fournier, J. S. (2001). The persistence of a misconception about vision after educational interventions. *Psychonomic Bulletin and Review, 8*, 622–626.

Gregory, T. R. (2009). Understanding natural selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach, 2*, 156–175.

Gripshover, S. J., and Markman, E. M. (2013). Teaching young children a theory of nutrition: Conceptual change and the potential for increased vegetable consumption. *Psychological Science, 24*, 1541–1553.

Gruber, H. E. (1981). *Darwin on man: A psychological study of scientific creativity*. Chicago: University of Chicago Press.

Gutheil, G., Vera, A., and Keil, F. C. (1998). Do houseflies think? Patterns of induction and biological beliefs in development. *Cognition, 66*, 33–49.

Haidt, J., McCauley, C., and Rozin, P. (1994). Individual differences in sensitivity to disgust: A scale sampling seven domains of disgust elicitors. *Personality and Individual Differences, 16*, 701–713.

Halloun, I. A., and Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics, 53*, 1056–1065.

Hannust, T., and Kikas, E. (2010). Young children's acquisition of knowledge about the earth: A longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology, 107*, 164–180.

Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., and Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for

elementary school students' understanding of floating and sinking. *Journal of Educational Psychology*, 98, 307–326.

Harlow, D. B., Swanson, L. H., Nylund-Gibson, K., and Truxler, A. (2011). Using latent class analysis to analyze children's responses to the question, «What is a day?» *Science Education*, 95, 477–496.

Harris, P. L., and Gimenez, M. (2005). Children's acceptance of conflicting testimony: The case of death. *Journal of Cognition and Culture*, 5, 143–164.

Harrison, E. R. (1981). *Cosmology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Haslam, N., Rothschild, L., and Ernst, D. (2000). Essentialist beliefs about social categories. *British Journal of Social Psychology*, 39, 113–127.

Hatano, G., Siegler, R. S., Richards, D. D., Inagaki, K., Stavy, R., and Wax, N. (1993). The development of biological knowledge: A multi-national study. *Cognitive Development*, 8, 47–62.

Hayes, B. K., Goodhew, A., Heit, E., and Gillan, J. (2003). The role of diverse instruction in conceptual change. *Journal of Experimental Child Psychology*, 86, 253–276.

Heddy, B. C., and Nadelson, L. S. (2012). A global perspective of the variables associated with acceptance of evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 5, 412–418.

Heddy, B. C., and Nadelson, L. S. (2013). The variables related to public acceptance of evolution in the United States. *Evolution: Education and Outreach*, 6, 1–14.

Heinrich, B. (1999). *Mind of the raven*. New York: Harper Collins.

Herrmann, P., Waxman, S. R., and Medin, D. L. (2010). Anthropocentrism is not the first step in children's reasoning about the natural world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 9979–9984.

Hespos, S. J., and Baillargeon, R. (2008). Young infants' actions reveal their developing knowledge of support variables: Converging evidence for violation-of-expectation findings. *Cognition*, 107, 304–316.

Hood, B. M. (1995). Gravity rules for 2- to 4-year olds? *Cognitive Development*, 10, 577–598.

Hood, B. M. (1998). Gravity does rule for falling events. *Developmental Science*, 1, 59–63.

Hood, B., Carey, S., and Prasada, S. (2000). Predicting the outcomes of physical events: Two-year-olds fail to reveal knowledge of solidity and support. *Child Development*, *71*, 1540–1554.

Hood, B. M., Hauser, M. D., Anderson, L., and Santos, L. (1999). Gravity biases in a non-human primate? *Developmental Science*, *2*, 35–41.

Hood, B. M., Santos, L., and Fieselman, S. (2000). Two-year-olds' naive predictions for horizontal trajectories. *Developmental Science*, *3*, 328–332.

Hood, B. M., Wilson, A., and Dyson, S. (2006). The effect of divided attention on inhibiting the gravity error. *Developmental Science*, *9*, 303–308.

Horne, Z., Powell, D., Hummel, J. E., and Holyoak, K. J. (2015). Countering antivaccination attitudes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*, 10321–10324.

Hotchkiss, J. H. (2001). Lambasting Louis: Lessons from pasteurization. In A. Eaglesham, S. G. Pueppke, and R. W. F. Hardy (eds.), *Genetically modified food and the consumer*, 51–68. Ithaca, NY: National Agricultural Biotechnology Council.

Howe, C., Tavares, J. T., and Devine, A. (2012). Everyday conceptions of object fall: Explicit and tacit understanding during middle childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, *111*, 351–366.

Hrepic, Z., Zollman, D. A., and Rebello, N. S. (2010). Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual blending in understanding conceptual change. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research*, *6*, 1–18.

Huntley-Fenner, G., Carey, S., and Solimando, A. (2002). Objects are individuals but stuff doesn't count: Perceived rigidity and cohesiveness influence infants' representations of small groups of discrete entities. *Cognition*, *85*, 203–221.

IFLScience (2015, January 29). Richard Dawkins reads hate mail from «fans». Retrieved from www.iflscience.com/editors-blog/richard-dawkins-reads-hate-mail-fans.

Inagaki, K., and Hatano, G. (1993). Young children's understanding of the mind-body distinction. *Child Development*, *64*, 1534–1549.

Inagaki, K., and Hatano, G. (1996). Young children's recognition of commonalities between animals and plants. *Child Development*, *67*, 2823–2840.

James, W. (1890/1950). *The principles of psychology*. Mineola, NY: Dover Publications. Издание на русском языке: Джеймс, У... Научные основы психологии / У. Джеймс. М., 2003.

Jarrett, C. (2014). *Great myths of the brain*. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.

Jaswal, V. K. (2010). Believing what you're told: Young children's trust in unexpected testimony about the physical world. *Cognitive Psychology*, *61*, 248–272.

Jee, B. D., Uttal, D. H., Spiegel, A., and Diamond, J. (2015). Expert-novice differences in mental models of viruses, vaccines, and the causes of infectious disease. *Public Understanding of Science*, *24*, 241–256.

Joh, A. S., Jaswal, V. K., and Keen, R. (2011). Imagining a way out of the gravity bias: Preschoolers can visualize the solution to a spatial problem. *Child Development*, *82*, 744–750.

Johnson, S. (2007). *The ghost map*. New York: Riverhead Books.

Johnson, S. C., and Carey, S. (1998). Knowledge enrichment and conceptual change in folkbiology: Evidence from Williams syndrome. *Cognitive Psychology*, *37*, 156–200.

Johnson, S. C., and Solomon, G. E. (1997). Why dogs have puppies and cats have kittens: The role of birth in young children's understanding of biological origins. *Child Development*, *68*, 404–419.

Kahan, D. M., Peters, E., Wittlin, M., Slovic, P., Ouellette, L. L., Braman, D., and Mandel, G. (2012). The polarizing impact of science literacy and numeracy on perceived climate change risks. *Nature Climate Change*, *2*, 732–735.

Kaiser, M. K., Jonides, J., and Alexander, J. (1986). Intuitive reasoning about abstract and familiar physics problems. *Memory and Cognition*, *14*, 308–312.

Kaiser, M. K., McCloskey, M., and Proffitt, D. R. (1986). Development of intuitive theories of motion: Curvilinear motion in the absence of external forces. *Developmental Psychology*, *22*, 67–71.

Kaiser, M. K., Proffitt, D. R., and Anderson, K. (1985). Judgments of natural and anomalous trajectories in the presence and absence of motion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *11*, 795–803.

Kaiser, M. K., Proffitt, D. R., and McCloskey, M. (1985). The development of beliefs about falling objects. *Perception and*

Psychophysics, 38, 533–539.

Kaiser, M. K., Proffitt, D. R., Whelan, S. M., and Hecht, H. (1992). Influence of animation on dynamical judgments. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 669–89.

Kalish, C. W. (1996). Preschoolers' understanding of germs as invisible mechanisms. *Cognitive Development*, 11, 83–106.

Keil, F. C. (1992). *Concepts, kinds, and cognitive development*. Cambridge, MA: MIT Press.

Keil, F. C. (2003). Folkscience: Coarse interpretations of a complex reality. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 368–373.

Keil, F. C., and Batterman, N. (1984). A characteristic-to-defining shift in the development of word meaning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23, 221–236.

Kelemen, D. (2004). Are children «intuitive theists»? Reasoning about purpose and design in nature. *Psychological Science*, 15, 295–301.

Kelemen, D., Rottman, J., and Seston, R. (2013). Professional physical scientists display tenacious teleological tendencies: Purpose-based reasoning as a cognitive default. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142, 1074–1083.

Kempton, W. (1986). Two theories of home heat control. *Cognitive Science*, 10, 75–90.

Keynes, J. M. (1936). *The general theory of employment, interest, and money*. London: Macmillan. Издание на русском языке: Кейнс, Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег. Избранное / Дж. М. Кейнс. М.: Эксмо, 2007.

Kim, E., and Pak, S. J. (2002). Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1traditional problems. *American Journal of Physics*, 70, 759–765.

Kim, I. K., and Spelke, E. S. (1999). Perception and understanding of effects of gravity and inertia on object motion. *Developmental Science*, 2, 339–362.

Kimel, S. Y., Huesmann, R., Kunst, J. R., and Halperin, E. (2016). Living in a genetic world: How learning about interethnic genetic similarities and differences affects peace and conflict. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 42, 688–700.

Kirschner, P. A., Sweller, J., and Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of

constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75–86.

Klahr, D., and Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15, 661–667.

Klavir, R., and Leiser, D. (2002). When astronomy, biology, and culture converge: Children's conceptions about birthdays. *Journal of Genetic Psychology*, 163, 239–253.

Kloos, H., Fisher, A., and Van Orden, G. C. (2010). Situated naive physics: Task constraints decide what children know about density. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139, 625–637.

Kohn, A. S. (1993). Preschoolers' reasoning about density: Will it float? *Child Development*, 64, 1637–1650.

Kolbert, E. (2006). *Field notes from a catastrophe: Man, nature, and climate change*. London: Bloomsbury.

Kozhevnikov, M., and Hegarty, M. (2001). Impetus beliefs as default heuristics: Dissociation between explicit and implicit knowledge about motion. *Psychonomic Bulletin and Review*, 8, 439–453.

Krist, H. (2010). Development of intuitions about support beyond infancy. *Developmental Psychology*, 46, 266–278.

Kronberger, N., Wagner, W., and Nagata, M. (2014). How natural is «more natural»? The role of method, type of transfer, and familiarity for public perceptions of cisgenic and transgenic modification. *Science Communication*, 36, 106–130.

Kuhlmeier, V. A., Troje, N. F., and Lee, V. (2010). Young infants detect the direction of biological motion in point-light displays. *Infancy*, 15, 83–93.

Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. Издание на русском языке: Кун, Т. Структура научных революций / Т. Кун. М.: Прогресс, 1977.

Куо, Л. (2012, August 28). Bill Nye, The Science Guy, says creationism is not appropriate for children. *Huffington Post*. Retrieved from www.huffingtonpost.com/2012/08/28/bill-nye-science-guy-creationism-evolution_n_1835208.html.

Lack, D. (1947/1983). *Darwin's finches*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lautrey, J., and Mazens, K. (2004). Is children's naïve knowledge consistent? A comparison of the concepts of sound and heat. *Learning and Instruction, 14*, 399–423.

Lawson, R. (2006). The science of cycology: Failures to understand how everyday objects work. *Memory and Cognition, 34*, 1667–1675.

Lazar, A., and Torney-Purta, J. (1991). The development of the subconcepts of death in young children: A short-term longitudinal study. *Child Development, 62*, 1321–1333.

Le Grand, H. E. (1988). *Drifting continents and shifting theories*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Leddon, E. M., Waxman, S. R., and Medin, D. L. (2011). What does it mean to «live» and «die»? A cross-linguistic analysis of parent-child conversations in English and Indonesian. *British Journal of Developmental Psychology, 29*, 375–395.

Lederberg, J. (2000). Infectious history. *Science, 288*, 287–293.

Lee, H. S., Liu, O. L., Price, C. A., and Kendall, A. L. (2011). College students' temporal-magnitude recognition ability associated with durations of scientific changes. *Journal of Research in Science Teaching, 48*, 317–335.

Lee, V., and Kuhlmeier, V. A. (2013). Young children show a dissociation in looking and pointing behavior in falling events. *Cognitive Development, 28*, 21–30.

Legare, C. H., and Gelman, S. A. (2008). Bewitchment, biology, or both: The co-existence of natural and supernatural explanatory frameworks across development. *Cognitive Science, 32*, 607–642.

Legare, C. H., and Gelman, S. A. (2009). South African children's understanding of AIDS and flu: Investigating conceptual understanding of cause, treatment and prevention. *Journal of Cognition and Culture, 9*, 333–346.

Leiserowitz, A., Maibach, E., Roser-Renouf, C., Feinberg, G. and Howe, P. (2013). *Global warming's six Americas*. New Haven, CT: Yale Project on Climate Change Communication.

Lewandowsky, S., Ecker, U. K., Seifert, C. M., Schwarz, N., and Cook, J. (2012). Misinformation and its correction continued influence and successful debiasing. *Psychological Science in the Public Interest, 13*, 106–131.

Lewandowsky, S., Gignac, G. E., and Vaughan, S. (2013). The pivotal role of perceived scientific consensus in acceptance of science. *Nature Climate Change*, 3, 399–404.

Lewis, E. L., and Linn, M. C. (1994). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 657–677.

Li, Y., Johnson, E. J., and Zaval, L. (2011). Local warming: Daily temperature change influences belief in global warming. *Psychological Science*, 22, 454–459.

Libarkin, J. C., and Anderson, S. W. (2005). Assessment of learning in entry-level geoscience courses: Results from the Geoscience Concept Inventory. *Journal of Geoscience Education*, 53, 394–401.

Libarkin, J. C., Anderson, S. W., Dahl, J., Beilfuss, M., Boone, W., and Kurdziel, J. P. (2005). Qualitative analysis of college students' ideas about the earth: Interviews and open-ended questionnaires. *Journal of Geoscience Education*, 53, 17–26.

Libarkin, J. C., and Schneps, M. H. (2012). Elementary children's retrodictive reasoning about earth science. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 5, 47–62.

Lindberg, D. C. (1976). *Theories of vision from al-Kindi to Kepler*. Chicago: University of Chicago Press.

Liu, X., and MacIsaac, D. (2005). An investigation of factors affecting the degree of naive impetus theory application. *Journal of Science Education and Technology*, 14, 101–116.

Livingston, E., and Zylke, J. W. (2012). JAMA obesity theme issue. *Journal of the American Medical Association*, 307, 970–971.

Lombardi, D., and Sinatra, G. M. (2012). College students' perceptions about the plausibility of human-induced climate change. *Research in Science Education*, 42, 201–217.

Lusk, J. (2015). *Food demand survey: January 2015*. Stillwater Oklahoma State University Department of Agricultural Economics.

MacAvoy, A. (2015). *Pentagon plans to exhume, identify hundreds killed in bombing of Pearl Harbor*. www.huffingtonpost.com/2015/04/14/pentagon-pearl-harbor-identify_n_7066902.html.

MacDonald, T., and Wiley, E. O. (2012). Communicating phylogeny: Evolutionary tree diagrams in museums. *Evolution: Education and*

Outreach, 5, 14–28.

MacFadden, B. J., Oviedo, L. H., Seymour, G. M., and Ellis, S. (2012). Fossil horses, orthogenesis, and communicating evolution in museums. *Evolution: Education and Outreach*, 5, 29–37.

Mahajan, N., Barnes, J. L., Blanco, M., and Santos, L. R. (2009). Enumeration of objects and substances in non-human primates: Experiments with brown lemurs (*Eulemurfulvus*). *Developmental Science*, 12, 920–928.

Marques, L., and Thompson, D. (1997). Misconceptions and conceptual changes concerning continental drift and plate tectonics among Portuguese students aged 16–17. *Research in Science and Technological Education*, 15, 195–222.

Marshak, S. (2009). *Essentials of geology*. New York: W. W. Norton and Company.

Marvin, U. (1973). *Continental drift: The evolution of a concept*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.

Masson, M. E., Bub, D. N., and Lalonde, C. E. (2011). Video-game training and naive reasoning about object motion. *Applied Cognitive Psychology*, 25, 166–173.

Masson, S., Potvin, P., Riopel, M., and Foisy, L. M. B. (2014). Differences in brain activation between novices and experts in science during a task involving a common misconception in electricity. *Mind, Brain, and Education*, 8, 44–55.

Masson, S., and Vazquez-Abad, J. (2006). Integrating history of science in science education through historical microworlds to promote conceptual change. *Journal of Science Education and Technology*, 15, 257–268.

Mayo Clinic (2014). *Causes of frostbite*. Retrieved from www.mayoclinic.org/diseases-conditions/frostbite/basics/causes/con-20034608.

Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Mayr, E. (2001). *What evolution is*. New York: Basic Books.

Mazens, K., and Lautrey, J. (2003). Conceptual change in physics: Children's naive representations of sound. *Cognitive Development*, 18, 159–176.

McCloskey, M. (1983a). Intuitive physics. *Scientific American*, 248, 122–130.

McCloskey, M. (1983b). Naive theories of motion. In D. Gentner and A. L. Stevens (eds.), *Mental models*, 299–324. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

McCloskey, M., Caramazza, A., and Green, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects. *Science*, 210, 1139–1141.

McFerran, B., and Mukhopadhyay, A. (2013). Lay theories of obesity predict actual body mass. *Psychological Science*, 24, 1428–1436.

McNeil, N. M., Fyfe, E. R., and Dunwiddie, A. E. (2015). Arithmetic practice can be modified to promote understanding of mathematical equivalence. *Journal of Educational Psychology*, 107, 423–436.

Mead, L. S., and Mates, A. (2009). Why science standards are important to a strong science curriculum and how states measure up. *Evolution: Education and Outreach*, 2, 359–371.

Medin, D., Waxman, S., Woodring, J., and Washinawatok, K. (2010). Human-centeredness is not a universal feature of young children's reasoning: Culture and experience matter when reasoning about biological entities. *Cognitive Development*, 25, 197–207.

Meir, E., Perry, J., Herron, J. C., and Kingsolver, J. (2007). College students' misconceptions about evolutionary trees. *American Biology Teacher*, 69, 71–76.

Mendes, N., Rakoczy, H., and Call, J. (2008). Ape metaphysics: Object individuation without language. *Cognition*, 106, 730–749.

Mermelstein, E., and Meyer, E. (1969). Conservation training techniques and their effects on different populations. *Child Development*, 40, 471–490.

Meyer, M., Leslie, S. J., Gelman, S. A., and Stilwell, S. M. (2013). Essentialist beliefs about bodily transplants in the United States and India. *Cognitive Science*, 37, 668–710.

Middleton, W. E. K. (1971). *The experimenters: A study of the Accademia del Cimento*. Baltimore: Johns Hopkins Press.

Miller, C. S., Lehman, J. F., and Koedinger, K. R. (1999). Goals and learning in microworlds. *Cognitive Science*, 23, 305–336.

Miller, J. D., Scott, E. C., and Okamoto, S. (2006). Public acceptance of evolution. *Science*, 313, 765–766.

Miller, S. A. (1973). Contradiction, surprise, and cognitive change: The effects of disconfirmation of belief on conservers and nonconservers. *Journal of Experimental Child Psychology*, *15*, 47–62.

Millman, A. B., and Smith, C. L. (1997). Darwin's use of analogical reasoning in theory construction. *Metaphor and Symbol*, *12*, 159–187.

Mills, C. M., and Keil, F. C. (2004). Knowing the limits of one's understanding: The development of an awareness of an illusion of explanatory depth. *Journal of Experimental Child Psychology*, *87*, 1–32.

Minstrell, J. (1982). Explaining the «at rest» condition of an object. *Physics Teacher*, *20*, 10–14.

Miton, H., Claidiere, N., and Mercier, H. (2015). Universal cognitive mechanisms explain the cultural success of bloodletting. *Evolution and Human Behavior*, *36*, 303–312.

Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G., and Worm, B. (2011). How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS Biology*, *9*, e1001127.

Morris, S. C., Taplin, J. E., and Gelman, S. A. (2000). Vitalism in naive biological thinking. *Developmental Psychology*, *36*, 582–595.

Moss, J., and Case, R. (1999). Developing children's understanding of the rational numbers: A new model and an experimental curriculum. *Journal for Research in Mathematics Education*, *30*, 122–147.

Mungai, E. A., Behravesh, C. B., and Gould, L. H. (2015). Increased outbreaks associated with nonpasteurized milk, United States, 2007–2012. *Emerging Infectious Diseases*, *21*, 119–122.

Murphy, G. L., and Medin, D. L. (1985). The role of theories in conceptual coherence. *Psychological Review*, *92*, 289–316.

Myers, T. A., Maibach, E., Peters, E., and Leiserowitz, A. (2015). Simple messages help set the record straight about scientific agreement on human-caused climate change: The results of two experiments. *PloS One*, *10*, e0120985.

Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A., and Saglam, Y. (2005). Middle school students' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*, 581–612.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2016a). *Genetically engineered crops: Experiences and prospects*. Washington, DC: National Academies Press.

National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (2016b). *Science literacy: Concepts, contexts, and consequences*. Washington, DC: National Academies Press.

National Conference of State Legislatures (2016, Aug. 23). *States with religious and philosophical exemptions from school immunization requirements*. Retrieved from www.ncsl.org/research/health/school-immunization-exemption-state-laws.aspx.

National Science Board (2014). *Science and engineering indicators*. Arlington, VA: National Science Foundation.

National Science Teachers Association (2013). *Next generation science standards*. Washington, DC: National Academies Press.

Needham, A., and Baillargeon, R. (1993). Intuitions about support in 4,5-month-old infants. *Cognition*, 47, 121–148.

Nersessian, N. J. (1989). Conceptual change in science and in science education. *Synthese*, 80, 163–183.

Neurath, O. (1973). *Empiricism and sociology*. Dordrecht: Holland: D. Reidel Publishing Company.

Newport, F. (2010). *Four in 10 Americans believe in strict creationism*. Gallup Organization.

Newton, I. (1687/1999). *The principia: mathematical principles of natural philosophy*. Berkeley: University of California Press. Издание на русском языке: НЬЮТОН, И. Математические начала натуральной философии / И. НЬЮТОН. М.: Наука, 1989.

Nguyen, S. P., McCullough, M. B., and Noble, A. (2011). A theory-based approach to teaching young children about health: A recipe for understanding. *Journal of Educational Psychology*, 103, 594–606.

Nguyen, S. P, and Rosengren, K. S. (2004). Causal reasoning about illness: A comparison between European-and Vietnamese-American children. *Journal of Cognition and Culture*, 4, 51–78.

Nobes, G., Martin, A. E., and Panagiotaki, G. (2005). The development of scientific knowledge of the earth. *British Journal of Developmental Psychology*, 23, 47–64.

Novick, L. R., and Catley, K. M. (2007). Understanding phylogenies in biology: The influence of a Gestalt perceptual principle. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 13, 197–223.

Novick, S., and Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65, 187–

196.

Nussbaum, J., and Novak, J. D. (1976). An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. *Science Education*, 60, 535–550.

O'Connor, A. (2008, November 10). The claim: Tongue is mapped into four areas of taste. *New York Times*, D6.

Obama, B. (2015). Climate change can no longer be ignored. *Office of the Press Secretary*. Retrieved from <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2015/04/18/weekly-address-climate-change-can-no-longer-be-ignored>.

Olsen, S. J., MacKinnon, L. C., Goulding, J. S., Bean, N. H., and Slutsker, L. (2000). Surveillance for foodborne disease outbreaks: United States, 1993–1997. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 49, 1–62.

Onion (2010). *Scientists successfully teach gorilla it will die someday*. <https://www.theonion.com/scientists-successfully-teach-gorilla-it-will-die-somed-1819594897>.

Onion (2015). *Natural selection kills 38 quadrillion organisms in bloodiest day yet*. <https://www.theonion.com/natural-selection-kills-38-quadrillion-organisms-in-blo-1819577415>.

Opfer, J. E., Nehm, R. H., and Ha, M. (2012). Cognitive foundations for science assessment design: Knowing what students know about evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 744–777.

Opfer, J. E., and Siegler, R. S. (2004). Revisiting preschoolers' living things concept: A microgenetic analysis of conceptual change in basic biology. *Cognitive Psychology*, 49, 301–332.

Orenstein, W. A., Papania, M. J., and Wharton, M. E. (2004). Measles elimination in the United States. *Journal of Infectious Diseases*, 189, 1–3.

Oreskes, N. (1999). *The rejection of continental drift: Theory and method in American earth science*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Orwig, J. (2015). The physics of Mario World show the game has a fundamental flaw. *Business Insider*. Retrieved from www.businessinsider.com/mario-brothers-physics-gravity-2015-2.

Osthaus, B., Slater, A. M., and Lea, S. E. (2003). Can dogs defy gravity? A comparison with the human infant and a non-human primate. *Developmental Science*, 6, 489–497.

Ozsoy, S. (2012). Is the earth flat or round? Primary school children's understandings of the planet earth. *International Electronic Journal of*

Elementary Education, 4, 407–415.

Palmer, D. H., and Flanagan, R. B. (1997). Readiness to change the conception that «motion-implies-force»: A comparison of 12-year-old and 16-year-old students. *Science Education*, 81, 317–331.

Panagiotaki, G., Nobes, G., Ashraf, A., and Aubby, H. (2015). British and Pakistani children's understanding of death: Cultural and developmental influences. *British Journal of Developmental Psychology*, 33, 31–44.

Panagiotaki, G., Nobes, G., and Banerjee, R. (2006). Children's representations of the earth: A methodological comparison. *British Journal of Developmental Psychology*, 24, 353–372.

Pemberton, S. G., Gingras, M. K., and MacEachern, J. A. (2007). Edward Hitchcock and Roland Bird: Two early titans of vertebrate ichnology in North America. In W. Miller (ed.). *Trace fossils: Concepts, problems, prospects*, 30–49. Amsterdam: Elsevier.

Pennisi, E. (2003). Modernizing the tree of life. *Science*, 300, 1692–1697.

Pew Research Center (2009). *Public opinion on religion and science in the United States*. Washington, DC: Pew Research Center.

Pew Research Center (2015). *Public and scientists' views on science and society*. Washington, DC: Pew Research Center.

Phillips, B. C., Novick, L. R., Catley, K. M., and Funk, D. J. (2012). Teaching tree thinking to college students: It's not as easy as you think. *Evolution: Education and Outreach*, 5, 595–602.

Piaget, J. (1929/2007). *The child's conception of the world*. New York: Routledge. Издание на русском языке: Пиаже, Ж. Речь и мышление ребенка / Ж. Пиаже. М.: Педагогика-Пресс, 1994.

Piaget, J. (1941/2001). *The child's conception of number*. New York: Routledge. Издание на русском языке: Пиаже, Ж. Генезис числа у ребенка // Пиаже Ж. Избранные психологические труды. М.: Просвещение, 1969 и 1994.

Piaget, J. (1937/1954). *The construction of reality in the child*. New York: Basic Books.

Poling, D. A., and Evans, E. M. (2004). Religious belief, scientific expertise, and folk ecology. *Journal of Cognition and Culture*, 4, 485–524.

Poling, D. A., and Hupp, J. M. (2008). Death sentences: A content analysis of children's death literature. *Journal of Genetic Psychology*, 169,

165–176.

Potter, M. E., Kaufmann, A. F., Blake, P. A., and Feldman, R. A. (1984). Unpasteurized milk: The hazards of a health fetish. *Journal of the American Medical Association*, *252*, 2048–2052.

Potvin, P., Masson, S., Lafortune, S., and Cyr, G. (2015). Persistence of the intuitive conception that heavier objects sink more: A reaction time study with different levels of interference. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *13*, 21–43.

Priest, S. H., Bonfadelli, H., and Rusanen, M. (2003). The «trust gap» hypothesis: Predicting support for biotechnology across national cultures as a function of trust in actors. *Risk Analysis*, *23*, 751–766.

Public Policy Polling (2013). *Democrats and Republicans differ on conspiracy theory beliefs*. Raleigh, NC: Public Policy Polling.

Punter, P., Ochando-Pardo, M., and Garcia, J. (2011). Spanish secondary school students' notions on the causes and consequences of climate change. *International Journal of Science Education*, *33*, 447–464.

Quoidbach, J., Gilbert, D. T., and Wilson, T. D. (2013). The end of history illusion. *Science*, *339*, 96–98.

Raman, L., and Gelman, S. A. (2004). A cross-cultural developmental analysis of children's and adults' understanding of illness in South Asia (India) and the United States. *Journal of Cognition and Culture*, *4*, 293–317.

Raman, L., and Gelman, S. A. (2005). Children's understanding of the transmission of genetic disorders and contagious illnesses. *Developmental Psychology*, *41*, 171–182.

Raman, L., and Winer, G. A. (2004). Evidence of more immanent justice responding in adults than children: A challenge to traditional developmental theories. *British Journal of Developmental Psychology*, *22*, 255–274.

Ranney, M. A., and Clark, D. (2016). Climate change conceptual change: Scientific information can transform attitudes. *Topics in Cognitive Science*, *8*, 49–75.

Rappolt-Schlichtmann, G., Tenenbaum, H. R., Koepke, M. F., and Fischer, K. W. (2007). Transient and robust knowledge: Contextual support and the dynamics of children's reasoning about density. *Mind, Brain, and Education*, *1*, 98–108.

Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M. T. H., and Resnick, L. B. (2000). Naive physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction, 18*, 1–34.

Renken, M. D., and Nunez, N. (2010). Evidence for improved conclusion accuracy after reading about rather than conducting a belief-inconsistent simple physics experiment. *Applied Cognitive Psychology, 24*, 792–811.

Renken, M. D., and Nunez, N. (2013). Computer simulations and clear observations do not guarantee conceptual understanding. *Learning and Instruction, 23*, 10–23.

Riedel, S. (2005). Edward Jenner and the history of smallpox and vaccination. *Baylor University Medical Center Proceedings, 18*, 21–25.

Rosenberg, R. D. (2008). *Infants' and young children's representations of objects and non-cohesive entities: Implications for the core cognition hypothesis (unpublished doctoral dissertation)*. Cambridge, MA: Harvard University.

Rosenberg, N. A., Pritchard, J. K., Weber, J. L., Cann, H. M., Kidd, K. K., Zhivotovsky, L. A., and Feldman, M. W. (2002). Genetic structure of human populations. *Science, 298*, 2381–2385.

Rosengren, K. S., Miller, P. J., Gutierrez, I. T., Chow, P. I., Schein, S. S., and Anderson, K. N. (2014). Children's understanding of death: Toward a contextualized and integrated account. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 79*, 1–162.

Roser, M. E., Fugelsang, J. A., Handy, T. C., Dunbar, K. N., and Gazzaniga, M. S. (2009). Representations of physical plausibility revealed by event-related potentials. *NeuroReport, 20*, 1081–1086.

Ross, N., Medin, D., Coley, J. D., and Atran, S. (2003). Cultural and experiential differences in the development of folkbiological induction. *Cognitive Development, 18*, 25–47.

Roughgarden, J. (2004). *Evolution's rainbow: Diversity, gender, and sexuality in nature and people*. Berkeley: University of California Press.

Rozenblit, L., and Keil, F. (2002). The misunderstood limits of folk science: An illusion of explanatory depth. *Cognitive Science, 26*, 521–562.

Rozin, P. (1990). Development in the food domain. *Developmental Psychology, 26*, 555–562.

Rozin, P., Fallon, A., and Augustoni-Ziskind, M. (1985). The child's conception of food: The development of contamination sensitivity to

«disgusting» substances. *Developmental Psychology*, *21*, 1075–1079.

Rozin, P., Millman, L., and Nemeroff, C. (1986). Operation of the laws of sympathetic magic in disgust and other domains. *Journal of Personality and Social Psychology*, *50*, 703–712.

Samarapungavan, A., Vosniadou, S., and Brewer, W. F. (1996). Mental models of the earth, sun, and moon: Indian children's cosmologies. *Cognitive Development*, *11*, 491–521.

Samarapungavan, A. and Wiers, R. W. (1997). Children's thoughts on the origin of species: A study of explanatory coherence. *Cognitive Science*, *21*, 147–177.

Sanchez, C. A., and Wiley, J. (2014). The role of dynamic spatial ability in geoscience text comprehension. *Learning and Instruction*, *31*, 33–45.

Sanner, M. A. (2001). People's feelings and beliefs about receiving transplants of different origins: Questions of life and death, identity, and nature's border. *Clinical Transplantation*, *15*, 19–27.

Santos, L. R. (2004). Core knowledges: A dissociation between spatiotemporal knowledge and contact-mechanics in a non-human primate? *Developmental Science*, *7*, 167–174.

Santos, L. R., and Hauser, M. D. (2002). A non-human primate's understanding of solidity: Dissociations between seeing and acting. *Developmental Science*, *5*, F1–F7.

Santos, L. R., Seelig, D., and Hauser, M. D. (2006). Cotton-top tamarins' (*Saguinus oedipus*) expectations about occluded objects: A dissociation between looking and reaching tasks. *Infancy*, *9*, 147–171.

Schaller, M., Miller, G. E., Gervais, W. M., Yager, S., and Chen, E. (2010). Mere visual perception of other people's disease symptoms facilitates a more aggressive immune response. *Psychological Science*, *21*, 649–652.

Schneps, M. H., Sadler, P. M., Woll, S., and Crouse, L. (1988). *A private universe*. Santa Monica, CA: Pyramid Films. https://www.learner.org/vod/vod_window.html?pid=9.

Scholl, B. J. (2001). Objects and attention: The state of the art. *Cognition*, *80*, 1–46.

Sclater, P. L. (1864). The mammals of Madagascar. *Quarterly Journal of Science*, *1*, 213–219.

Shea, N. A. (2015). Examining the nexus of science communication and science education: A content analysis of genetics news articles. *Journal of Research in Science Teaching*, 52, 397–409.

Sheppard, K. (2015). Watch a U. S. Senator use a snowball to deny global warming. *Mother Jones*. <https://www.motherjones.com/blue-marble/2015/02/inhofe-snowball-climate-change/>.

Shermer, M. (2001). Fox's Flapdoodle: Tabloid television offers a lesson in uncritical thinking. *Scientific American*, 284, 37.

Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naive and scientific theories of evolution. *Cognitive Psychology*, 52, 170–194.

Shtulman, A. (2008). The development of core knowledge domains. In E. M. Anderman and L. Anderman (eds.), *Psychology of classroom learning: An encyclopedia*, 320–325. Farmington Hills, MI: Thompson Gale.

Shtulman, A. (2013). Epistemic similarities between students' scientific and supernatural beliefs. *Journal of Educational Psychology*, 105, 199–212.

Shtulman, A. (2014). *Using the history of science to identify conceptual prerequisites to understanding evolution*. Poster presented at the 40th meeting of the Society for Philosophy and Psychology, Vancouver, Canada.

Shtulman, A., and Calabi, P. (2012). Cognitive constraints on the understanding and acceptance of evolution. In K. S. Rosengren, S. Brem, E. M. Evans, and G. Sinatra (eds.), *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution*, 47–65. Cambridge, UK: Oxford University Press.

Shtulman, A., and Calabi, P. (2013). Tuition vs. intuition: Effects of instruction on naive theories of evolution. *Merrill-Palmer Quarterly*, 59, 141–167.

Shtulman, A., and Checa, I. (2012). Parent-child conversations about evolution in the context of an interactive museum display. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 5, 27–46.

Shtulman, A., and Harrington, K. (2016). Tensions between science and intuition across the lifespan. *Topics in Cognitive Science*, 8, 118–137.

Shtulman, A., and Lombrozo, T. (2016). Bundles of contradiction: A coexistence view of conceptual change. In D. Barner and A. Baron (eds.),

Core knowledge and conceptual change, 49–67. Oxford, UK: Oxford University Press.

Shtulman, A., and Schulz, L. (2008). The relationship between essentialist beliefs and evolutionary reasoning. *Cognitive Science*, *32*, 1049–1062.

Shtulman, A., and Valcarcel, J. (2012). Scientific knowledge suppresses but does not supplant earlier intuitions. *Cognition*, *124*, 209–215.

Shutts, K., Keen, R., and Spelke, E. S. (2006). Object boundaries influence toddlers' performance in a search task. *Developmental Science*, *9*, 97–107.

Siegal, M., Butterworth, G., and Newcombe, P. A. (2004). Culture and children's cosmology. *Developmental Science*, *7*, 308–324.

Siegal, M., Nobes, G., and Panagiotaki, G. (2011). Children's knowledge of the Earth. *Nature Geoscience*, *4*, 130–132.

Siegal, M., and Share, D. L. (1990). Contamination sensitivity in young children. *Developmental Psychology*, *26*, 455–458.

Siegler, R. S., DeLoache, J. S., and Eisenberg, N. (2010). *How children develop*. New York: Macmillan.

Skamp, K., Boyes, E., and Stanisstreet, M. (2013). Beliefs and willingness to act about global warming: Where to focus science pedagogy? *Science Education*, *97*, 191–217.

Slaughter, V., and Griffiths, M. (2007). Death understanding and fear of death in young children. *Clinical Child Psychology and Psychiatry*, *12*, 525–535.

Slaughter, V., and Lyons, M. (2003). Learning about life and death in early childhood. *Cognitive Psychology*, *46*, 1–30.

Slotta, J. D., and Chi, M. T. (2006). Helping students understand challenging topics in science through ontology training. *Cognition and Instruction*, *24*, 261–289.

Slotta, J. D., Chi, M. T., and Joram, E. (1995). Assessing students' misclassifications of physics concepts: An ontological basis for conceptual change. *Cognition and Instruction*, *13*, 373–400.

Smith, C. (2007). Bootstrapping processes in the development of students' commonsense matter theories: Using analogical mappings, thought experiments, and learning to measure to promote conceptual restructuring. *Cognition and Instruction*, *25*, 337–398.

Smith, C., Carey, S., and Wiser, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, *21*, 177–237.

Smith, C., Maclin, D., Grosslight, L., and Davis, H. (1997). Teaching for understanding: A comparison of two approaches to teaching students about matter and density. *Cognition and Instruction*, *15*, 317–393.

Smith, C., Solomon, G. E., and Carey, S. (2005). Never getting to zero: Elementary school students' understanding of the infinite divisibility of number and matter. *Cognitive Psychology*, *51*, 101–140.

Smith, C., and Unger, C. (1997). What's in dots-per-box? Conceptual bootstrapping with stripped-down visual analogs. *Journal of the Learning Sciences*, *6*, 143–181.

Solomon, G. E. (2002). Birth, kind and naive biology. *Developmental Science*, *5*, 213–218.

Solomon, G. E., and Cassimatis, N. L. (1999). On facts and conceptual systems: young children's integration of their understandings of germs and contagion. *Developmental Psychology*, *35*, 113–126.

Solomon, G. E., Johnson, S. C., Zaitchik, D., and Carey, S. (1996). Like father, like son: Young children's understanding of how and why offspring resemble their parents. *Child Development*, *67*, 151–171.

Sousa, P., Atran, S., and Medin, D. (2002). Essentialism and folkbiology: Evidence from Brazil. *Journal of Cognition and Culture*, *2*, 195–223.

Speece, M. W., and Brent, S. B. (1984). Children's understanding of death: A review of three components of a death concept. *Child Development*, *55*, 1671–1686.

Spelke, E. S. (1994). Initial knowledge: Six suggestions. *Cognition*, *50*, 431–445.

Spelke, E. S. (2005). Sex differences in intrinsic aptitude for mathematics and science? A critical review. *American Psychologist*, *60*, 950–958.

Spelke, E. S., Breinlinger, K., Macomber, J., and Jacobson, K. (1992). Origins of knowledge. *Psychological Review*, *99*, 605–632.

Spelke, E. S., and Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science*, *10*, 89–96.

Spencer, S. J., Steele, C. M., and Quinn, D. M. (1999). Stereotype threat and women's math performance. *Journal of Experimental Social*

Psychology, 35, 4–28.

Springer, K. (1995). Acquiring a naive theory of kinship through inference. *Child Development*, 66, 547–558.

Springer, K., Ngyuen, T., and Samaniego, R. (1996). Early understanding of age-and environment-related noxiousness in biological kinds: Evidence for a naive theory. *Cognitive Development*, 11, 65–82.

Stavy, R., and Wax, N. (1989). Children's conceptions of plants as living things. *Human Development*, 32, 88–94.

Steinberg, M. S., Brown, D. E., and Clement, J. (1990). Genius is not immune to persistent misconceptions: Conceptual difficulties impeding Isaac Newton and contemporary physics students. *International Journal of Science Education*, 12, 265–273.

Stenn, F. (1980). Nurture turned to poison. *Perspectives in Biology and Medicine*, 24, 69–80.

Stevenson, R. J., Oaten, M. J., Case, T. I., Repacholi, B. M., and Wagland, P. (2010). Children's response to adult disgust elicitors: Development and acquisition. *Developmental Psychology*, 46, 165–177.

Straatemeier, M., van der Maas, H. L., and Jansen, B. R. (2008). Children's knowledge of the earth: A new methodological and statistical approach. *Journal of Experimental Child Psychology*, 100, 276–296.

Sylvia, C., Novak W. (1997). *A change of heart: A memoir*. New York: Time Warner.

Thagard, P (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Thagard, P. (1999). *How scientists explain disease*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Thagard, P. (2014). Explanatory identities and conceptual change. *Science and Education*, 23, 1531–1548.

Tomasello, M., and Carpenter, M. (2007). Shared intentionality. *Developmental science*, 10, 121–125.

Tomasello, M., and Herrmann, E. (2010). Ape and human cognition: What's the Difference? *Current Directions in Psychological Science*, 19, 3–8.

Toulmin, S., and Goodfield, J. (1982). *The architecture of matter*. Chicago: University of Chicago Press.

Trend, R. D. (2001). Deep time framework: A preliminary study of UK primary teachers' conceptions of geological time and perceptions of

geoscience. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 191–221.

Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (2nd ed.). Cheshire, CT: Graphics Press.

Перевод книги Эдварда Тафти «Представление информации» на русский язык: <http://envisioninginformation.daiquiri.ru/>.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (1970). *The race concept: Results of an inquiry*. Westport, CT: Greenwood Press.

Van der Linden, S., Leiserowitz, A. A., Feinberg, G. D., and Maibach, E. W. (2015). The scientific consensus on climate change as a gateway belief: Experimental evidence. *PloS One*, 10, e0118489.

Venville, G., Gribble, S. J., and Donovan, J. (2005). An exploration of young children's understandings of genetics concepts from ontological and epistemological perspectives. *Science Education*, 89, 614–633.

Vosniadou, S. (1994a). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45–69.

Vosniadou, S. (1994b). Universal and culture-specific properties of children's mental models of the earth. In L. A. Hirschfeld and S. A. Gelman (eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*, 412–430. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Vosniadou, S., and Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51–67.

Vosniadou, S., and Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535–585.

Vosniadou, S., and Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123–183.

Vosniadou, S., Skopeliti, I., and Ikospentaki, K. (2004). Modes of knowing and ways of reasoning in elementary astronomy. *Cognitive Development*, 19, 203–222.

Vosniadou, S., Skopeliti, I., and Ikospentaki, K. (2005). Reconsidering the role of artifacts in reasoning: Children's understanding of the globe as a model of the earth. *Learning and Instruction*, 15, 333–351.

Ware, E. A., and Gelman, S. A. (2014). You get what you need: An examination of purpose-based inheritance reasoning in undergraduates, preschoolers, and biological experts. *Cognitive Science*, 38, 197–243.

Waxman, S., Medin, D., and Ross, N. (2007). Folkbiological reasoning from a cross-cultural developmental perspective: Early essentialist notions are shaped by cultural beliefs. *Developmental Psychology*, *43*, 294–308.

Webb, N. (1993). *Helping bereaved children: A handbook for practitioners*. New York: Guilford.

Wegener, A. (1929/1966). *The origin of continents and oceans*. New York: Dover.

Wellman, H. M., and Gelman, S. A. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Review of Psychology*, *43*, 337–375.

White, B. Y. (1984). Designing computer games to help physics students understand Newton's laws of motion. *Cognition and Instruction*, *1*, 69–108.

Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J. P., Gallese, V., and Rizzolatti, G. (2003). Both of us disgusted in my insula: The common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*, *40*, 655–664.

Widen, S. C., and Russell, J. A. (2013). Children's recognition of disgust in others. *Psychological Bulletin*, *139*, 271–299.

Willis, B. (1910). Principles of paleogeography. *Science*, *31*, 241–260.

Winer, G. A., and Cottrell, J. E. (1996). Effects of drawing on directional representations of the process of vision. *Journal of Educational Psychology*, *88*, 704–714.

Winer, G. A., Cottrell, J. E., Karefilaki, K. D., and Chronister, M. (1996). Conditions affecting beliefs about visual perception among children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, *61*, 93–115.

Winer, G. A., Cottrell, J. E., Karefilaki, K. D., and Gregg, V. R. (1996). Images, words, and questions: Variables that influence beliefs about vision in children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, *63*, 499–525.

Wiser, M., and Amin, T. (2001). «Is heat hot?» Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena. *Learning and Instruction*, *11*, 331–355.

Wiser, M., and Carey, S. (1983). When heat and temperature were one. In D. Gentner and A. L. Stevens (eds.), *Mental models*, 267–297. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Zacharia, Z. C., and Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and*

Instruction, 21, 317–331.

Zaitchik, D., Iqbal, Y., and Carey, S. (2014). The effect of executive function on biological reasoning in young children: An individual differences study. *Child Development*, 85, 160–175.

Zaitchik, D., and Solomon, G. E. (2008). Animist thinking in the elderly and in patients with Alzheimer's disease. *Cognitive Neuropsychology*, 25, 27–37.

Zaitchik, D., and Solomon, G. E. (2009). Conservation of species, volume, and belief in patients with Alzheimer's disease: The issue of domain specificity and conceptual impairment. *Cognitive Neuropsychology*, 26, 511–526.

Zamora, A., Romo, L. F., and Au, T. K. F. (2006). Using biology to teach adolescents about STD transmission and self-protective behaviors. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 27, 109–124.

Zimmerman, C., and Cuddington, K. (2007). Ambiguous, circular and polysemous: Students' definitions of the «balance of nature» metaphor. *Public Understanding of Science*, 16, 393–406.

Zuger, A. (2003, March 4). «You'll catch your death!» An old wives' tale? *New York Times*, F1.

Благодарности

Выше я писал, что обучение противоречащим интуиции научным идеям похоже на «корабль Нейрата», который приходится перестраивать и переделывать в море, потому что он оказался непригодным к плаванию. Это хорошая метафора и для моей книги. Ее пришлось перестраивать и переделывать несколько раз в процессе написания, и я не справился бы с этим без советов и помощи многих друзей и коллег.

Во-первых, это те, без кого не состоялся бы спуск этого корабля на воду. Я глубоко признателен Полу Блуму, Элисон Гопник, Стиву Пинкеру, Майклу Шермеру и Карло Вальдесоло за то, что они помогали мне сориентироваться в море литературных агентов и издательств профессиональной литературы. Особенно я благодарен Стиву Пинкеру, который дал мне неоценимые советы о том, когда и как писать книгу по моей специальности, и ввел меня в этот незнакомый мир.

Во-вторых, я хочу поблагодарить тех, кто увидел в этой работе потенциал и вместе со мной сделал ее достойной «выхода в море»: Макса Брокмана, Ти-Джея Келлехера и Хелен Бартелеми. Макс, литературный агент, очень помог отточить и сформулировать мои идеи. Ти-Джей, мой редактор, сделал рукопись интереснее и понятнее. А благодаря Хелен, помощнику редактора, я законным образом получил иллюстрации.

В-третьих, я благодарен людям, которые прочитали черновики моей рукописи. Это Макс Ратнер, Шаранг Тику, Джош Валькарсель, Андреа Вийалобос и Нил Янг. Особая благодарность Шарангу, Андреа и Нилу: они прочли всю книгу целиком, и их комментарии позволили сделать ее значительно лучше.

Наконец, Иэн Силверстейн и Саммер Пит помогли моей книге стать визуально привлекательнее. Иэн отвечал за картинки, схемы и изображения мозга, а Саммер иллюстрировал задачи, материалы и составлял графики. Их рисунки живее и интереснее, чем то, что я рисовал в воображении, пока не привлек их к работе.

Кроме тех, кто помогал мне писать эту книгу, есть многие другие, благодаря которым я обдумал изложенные в ней идеи. Я благодарен

многочисленным коллегам, с которыми обсуждал на протяжении многих лет свои исследования интуитивных теорий и концептуальных изменений. Это в том числе: Элизабет Аллен, Мелисса Аллен, Эрик Эмсел, Дейв Барнер, Энди Барон, Хилари Барт, Игорь Баскандзиев, Джейк Бек, Джонатан Байер, Питер Блейк, Стефаан Бланк, Лиз Бонавиц, Дафна Буксбаум, Люк Батлер, Прассиди Калаби, Морин Калланан, Эрик Черис, Микки Чи, Джон Коли, Сара Кордес, Катлин Корриво, Стив Крокер, Файери Кашмэн, Джудит Данович, Ярроу Данэм, Натали Эммонс, Лиза Фейгенсон, Анна Фишер, Джейсон Френч, Ори Фридман, Эрин Фуртак, Патрисия Ганеа, Сьюзан Гелман, Тамсин Герман, Уилл Жерве, Талия Голдстейн, Ноа Гудман, Сара Готтлиб, Том Гриффитс, Джастин Халберда, Кайли Хэмлин, Пол Харрис, Пэт Хоули, Бен Хедди, Барбара Хофер, Брюс Худ, Джен Джипсон, Сьюзи Джонсон, Чак Калиш, Деб Келемен, Кейти Кинцлер, Джош Ноуб, Мелисса Кениг, Барбара Козловски, Тамар Кушнир, Элши Ландрум, Джон Лейн, Матье Ле Корр, Сан А Ли, Кристин Легар, Марьяна Линдеман, Даг Ломбарди, Таня Ломброзо, Джессика Марш, Эми Масник, Колин Маккринк, Брэд Моррис, Стеллан Ольссон, Кристина Олсон, Джон Опфер, Джонатан Филлипс, Патрис Потвин, Линдси Пауэлл, Сандип Прасада, Майк Рэнни, Марджори Роудс, Бека Ричерт, Реба Розенберг, Карл Розенгрэн, Джош Роттман, Марк Саббаг, Дилан Сабо, Билл Сандовал, Лори Сантос, Барбара Сарнецка, Ребекка Сакс, Майкл Шнейдер, Лора Шульц, Энн Сенгас, Вивьен Сейрайани, Карисса Шафто, Пэт Шафто, Анна Шустерман, Кристин Шуттс, Гейл Синатра, Кэрол Смит, Эрин Смит, Джесси Снедекер, Дейв Собел, Грег Соломон, Лиз Спелке, Махел Шринивасан, Кристина Старманс, Элсбет Стерн, Джош Тененбаум, Эрик Тьессен, Джей-Ди Траут, Дэвид Уттал, Тесса ван Шейндел, Стелла Восниаду, Лора Вагнер, Кэрег Уокер, Сэнди Уоксмэн, Дина Вейсберг, Майкл Вейсберг, Джозеф Джей Уильямс, Натан Уинклер-Роудз, Джастин Вуд, Джекки Вулли, Дебби Зайчик и Коринн Циммерман.

Еще я хотел бы поблагодарить студентов, которые много лет помогали мне изучать интуитивные теории и концептуальные изменения. Это в том числе: Кейти Эбелсон, Элла Афхамнеджад, Сара Аронов-Вернер, Элисон Бэн, Сара Беркофф, Джиллиан Бинни, Сэм Боулэнд, Валери Бурасса, Изабель Чека, Лайза Комарт, Александр Флад-Бризман, Джессика Гейл, Роза Гликлик, Хана Глоссер, Тори

Халоут, Джулия Гамильтон, Келси Хэррингтон, Харпер Хейс, Рурк Хили, Сара Хеннесси, Джен Хичар, Изабель Хаббард, Ник Ханг, Джесс Ингл, Мэриэм Кэндил, Кэтрин Кианг, Уильям Краузе, Тори Леон, Алекс Левин, Джей Левин, Габриель Линдквист, Мэдэлин Лонг, Лайза Мацуката, Кейт Маккаллум, Кейтлин Морган, Рокси Мирум, Аниша Нараян, Кара Нил, Эллисон Пауэрс, Мадлен Раш, Макс Раттнер, Хейди Рейнер, Ли Ричардсон, Дэн Рубин-Уиллс, Аманда Шлитт, Том Селстэд, Коламбия Шафер, Илана Шер, Девин Шермер, Роза Зилбер-Маркер, Дебра Скиннер, Джек Стерлих, Лея Теодору, Эван Томас, Шаранг Тику, Лестер Тонг, Джош Валкарсел, Андреа Виллалобос, Линнин Уоррен, Дэн Уотсон, Рейчел Ю и Стефани Янг.

Я хочу отдать должное и моим коллегам с кафедры психологии и кафедры когнитивистики Оксидентал-колледжа за поддержку и воодушевление с их стороны. Финансирование предоставил Национальный научный фонд и Фонд Джеймса Смита Макдоннелла.

Поддержка моей семьи бесценна. Родители, Джо и Мэрилин, всегда разделяли мои научные устремления, и, может быть, они — единственные, кто читает все мои научные статьи. Моя супруга Кейти не такой прилежный читатель, но она очень помогает мне. Кейти, наверное, сформировала мое мышление больше, чем любой коллега, поскольку именно с ней я сначала беседую обо всем, что мне кажется важным.

Наконец, я должен сказать о человеке, который стал истинным вдохновением для написания книги. Это Сьюзан Кэри. Она была научным руководителем моей дипломной работы, и именно благодаря ей я занялся изучением интуитивных теорий и концептуальных изменений. Почти все, что я знаю на эту тему, я узнал от нее. Более того, почти все, что вообще известно в этой области, связано с ее именем. Она дала определение концептуальным изменениям и заложила основы их изучения, сделала это явление передовой областью в исследованиях развития. Эта книга не была бы возможна без Сьюзан Кэри как в прямом смысле, поскольку она моя наставница, так и в высшем смысле — благодаря ее пионерским исследованиям. Спасибо Вам за то, что Вы показали всем нам мощь и важность этой темы.

Об авторе



Эндрю Штульман — адъюнкт-профессор психологии и когнитивистики в Оксидентал-колледже, руководитель Лаборатории мышления в том же учебном заведении. Получил степень PhD по психологии в Гарвардском университете (2006). Опубликовал несколько десятков научных статей о концептуальном развитии и концептуальных изменениях. Живет в Пасадене.

Над книгой работали



Главный редактор *Артем Степанов*
Шеф-редактор *Ренат Шагабутдинов*
Ответственный редактор *Татьяна Рапопорт*
Литературный редактор *Сергей Захаров*
Арт-директор *Алексей Богомолов*
Верстка обложки *Наталья Майкова*
Верстка *Екатерина Матусовская*
Корректоры *Евлалия Мазаник, Лилия Семухина*

ООО «Манн, Иванов и Фербер»

Книга скачана с сайта SlivUp.me

notes

Примечания

1

Hotchkiss, 2001.

Stenn, 1980.

Hotchkiss, 2001; Potter, Kaufmann, Blake and Feldman, 1984.

Potter, Kaufmann, Blake and Feldman, 1984.

Olsen, MacKinnon, Goulding, Bean and Slutsker, 2000; Mungai, Behraves and Gould, 2015.

Pew Research Center, 2015.

Barber, 1961; Kuhn, 1962; Thagard, 1992.

Pew Research Center, 2009; Leiserowitz, Maibach, Roser-Renouf, Feinberg and Howe, 2013; Lewandowsky, Ecker, Seifert, Schwarz and Cook, 2012; Miller, Scott and Okamoto, 2006.

Galilei, 1632/1953.

Gopnik, 1997; Keil, 1992; Murphy and Medin, 1985; Wellman and Gelman, 1992.

Gopnik and Wellman, 2012.

Carey, 2009; Shtulman, 2008; Vosniadou, 1994a.

Evans and Lane, 2011; Gelman and Legare, 2011; Shtulman and Lombrozo, 2016.

Chi, Roscoe, Slotta, Roy and Chase, 2012; Wiser and Amin, 2001.

Carey, 1991; Nersessian, 1989; Vosniadou and Brewer, 1987.

Конан О'Брайен — американский комик. *Прим. ред.*

Jarrett, 2014; O'Connor, 2008.

Chi, 2005; Vosniadou, 1994a. Еще одна точка зрения представлена в: DiSessa, 2008.

Clark, D'Angelo and Schleigh, 2011; Eckstein and Kozhevnikov, 1997; Halloun and Hestenes, 1985; Howe, Tavares and Devine, 2012; Kaiser, Proffitt and McCloskey, 1985; Kaiser, McCloskey and Proffitt, 1986; Liu and MacIsaac, 2005.

Galilei, 1590/1960.

Kaiser, Jonides and Alexander, 1986; McCloskey, Caramazza and Green, 1980.

Piaget, 1929/2007; Opfer and Siegler, 2004; Stavy and Wax, 1989.

Babai, Sekal and Stavy, 2010; Goldberg and Thompson-Schill, 2009.

Shtulman and Harrington, 2015; Shtulman and Lombrozo, 2015; Shtulman and Valcarcel, 2012.

Chai-Elsholz, Carruthers and Silec, 2011.

Foisy, Potvin, Riopel and Masson, 2015; Masson, Potvin, Riopel and Foisy, 2014.

Buchholz, 2015.

Kahan et al., 2012.

Au et al., 2008.

Kempton, 1986.

McFerran and Mukhopadhyay, 2013.

Piaget, 1941/2000.

Elkind, 1961; Gottesman, 1973; Miller, 1973.

Siegler, DeLoache and Eisenberg, 2010.

Elkind, 1961.

Field, 1987.

Mermelstein and Meyer, 1969.

Brainerd and Allen, 1971; Field, 1987.

Toulmin and Goodfield, 1982.

Smith, 2007.

Smith, 2007.

Carey, 1991.

Kohn, 1993.

Hardy, Jonen, Moller and Stern, 2006; Kloos, Fisher and Van Orden, 2010; Rappolt-Schlichtmann, Tenenbaum, Koepke and Fischer, 2007.

Smith, Solomon and Carey, 2005.

Nakhleh, Samarapungavan and Saglam, 2005; Novick and Nussbaum, 1981.

Piaget, 1937/1954.

Diamond and Goldman-Rakic, 1989.

Diamond, 1985.

Baillargeon, Spelke and Wasserman, 1985.

Baillargeon, 1987.

Spelke, 1994.

Huntley-Fenner, Carey and Solimando, 2002; Rosenberg, 2008.

Mahajan, Barnes, Blanco and Santos, 2009.

Scholl, 2001.

Smith and Unger, 1997.

Smith, 2007; Smith, Maclin, Grosslight and Davis, 1997.

Moss and Case, 1999.

Shtulman and Valcarcel, 2012; Shtulman and Harrington, 2015.

Potvin, Masson, Lafortune and Cyr, 2015.

Shtulman (дата публикации неизвестна).

Bynum, 2012.

Middleton, 1971.

Wiser and Carey, 1983.

Wiser and Carey, 1983.

Fox, 1971.

Chiou and Anderson, 2010.

Chang and Linn, 2013; Erickson, 1979.

Erickson, 1979.

Clough and Driver, 1985; Clark, 2006.

Cross and Rotkin, 1975.

Corlett, Wilson and Corlett, 1995.

Slotta, Chi and Joram, 1995.

Chi, Slotta and De Leeuw, 1994.

Chi, Roscoe, Slotta, Roy and Chase, 2012; Slotta and Chi, 2006.

Slotta and Chi, 2006.

Hrepic, Zollman and Rebello, 2010.

Hrepic, Zollman and Rebello, 2010.

Mazens and Lautrey, 2003.

Mazens and Lautrey, 2004.

Barman, Barman and Miller, 1996.

Cottrell and Winer, 1994.

Lindberg, 1976.

Winer, Cottrell, Karefilaki and Gregg, 1996; Winer and Cottrell, 1996;
Winer, Cottrell, Karefilaki and Chronister, 1996.

Gregg, Winer, Cottrell, Hedman and Fournier, 2001.

Reiner, Slotta, Chi and Resnick, 2000.

American Burn Association, 2013; Mayo Clinic, 2014; Dokov and Dokova, 2011.

Lewis and Linn, 1994.

Shtulman and Harrington, 2016; Kelemen, Rottman and Seston, 2013; Goldberg and Thompson-Schill, 2009.

Dunbar, Fugelsang and Stein, 2007; Foisy, Potvin, Riopel and Masson, 2015.

Masson, Potvin, Riopel and Foisy, 2014.

James, 1890/1950.

Spelke and Kinzler, 2007.

Spelke, Breinlinger, Macomber and Jacobson, 1992.

Needham and Baillargeon, 1993.

Baillargeon, Needham and DeVos, 1992.

Baillargeon and Hanko-Summers, 1990.

Krist, 2010.

Hespos and Baillargeon, 2008.

Spelke, 1994.

Mendes, Rakoczy and Call, 2008; Santos, 2004.

Cacchione and Krist, 2004.

Hood, 1995.

Hood, 1998; Hood, Santos and Fieselman, 2000.

Hood, Carey and Prasada, 2000.

Berthier, DeBlois, Poirier, Novak and Clifton, 2000; Shutts, Keen and Spelke, 2006.

Lee and Kuhlmeier, 2013.

Bascandziev and Harris, 2011; Hood, Wilson and Dyson, 2006.

Cacchione and Call, 2010; Hood, Hauser, Anderson and Santos, 1999; Osthaus, Slater and Lea, 2003.

Santos, 2004; Santos, Seelig and Hauser, 2006.

Cacchione, Call and Zingg, 2009.

Cacchione and Burkart, 2012; Santos and Hauser, 2002; Santos, Seelig and Hauser, 2006.

Hood, Hauser, Anderson, and Santos, 1999; Osthaus, Slater, and Lea, 2003.

Tomasello and Carpenter, 2007; Tomasello and Herrmann, 2010.

Jaswal, 2010.

Bascandziev and Harris, 2010; Joh, Jaswal and Keen, 2011.

Public Policy Polling, 2013.

Shermer, 2001.

Frappart, Raijmakers and Frède, 2014; Galili, 2001.

Blown and Bryce, 2013.

Готье Мецский — французский священник и поэт. Известен благодаря своей энциклопедической поэме «Картина мира», написанной в 1245 году. *Прим. ред.*

Альберт Саксонский — немецкий средневековый философ, логик, математик, механик и естествоиспытатель. Его перу принадлежат «Вопросы к четырем книгам Аристотеля о небе и мире», в которых были сформулированы шесть доводов в пользу движения Земли. *Прим. ред.*

Neurath, 1973.

Fischbein, Stavy and Ma-Naim, 1989; McCloskey, 1983b.

Champagne, Klopfer and Anderson, 1980; Halloun and Hestenes, 1985.

Eckstein and Kozhevnikov, 1997; Kaiser, Proffitt and McCloskey, 1985; McCloskey, 1983b.

Kaiser, McCloskey and Proffitt, 1986; McCloskey, Caramazza and Green, 1980.

Kaiser, Jonides and Alexander, 1986.

Clement, 1982; Palmer and Flanagan, 1997.

Clement, 1993; Minstrell, 1982.

McCloskey, 1983 b; Steinberg, Brown and Clement, 1990.

Clagett, 1961.

Steinberg, Brown and Clement, 1990.

McCloskey, 1983a.

Roser, Fugelsang, Handy, Dunbar and Gazzaniga, 2009.

Kaiser, Proffitt and Anderson, 1985.

Kaiser, Proffitt, Whelan and Hecht, 1992.

Howe, Tavares and Devine, 2012.

Kim and Spelke, 1999.

Freyd and Jones, 1994; Kozhevnikov and Hegarty, 2001.

Kim and Pak, 2002.

Masson and Vazquez-Abad, 2006; White, 1984.

Masson, Bub and Lalonde, 2011.

Miller, Lehman and Koedinger, 1999; Renken and Nunez, 2013; Zacharia and Olympiou, 2011.

Orwig, 2015.

Kirschner, Sweller and Clark, 2006.

Renken and Nunez, 2010; Klahr and Nigam, 2004.

Clement, 1993.

Clement, 1993.

Clement, Brown and Zietsman, 1989.

Андреа ДиСесса — профессор педагогики и автор книги Turtle Geometry («Геометрия черепахи»). *Прим. ред.*

DiSessa, 2008.

Harrison, 1981.

Coupric, 2011.

Nussbaum and Novak, 1976; Vosniadou and Brewer, 1992.

Vosniadou and Brewer, 1992, 1994; Vosniadou, Skopeliti and Ikospentaki, 2004, 2005; Diakidoy, Vosniadou and Hawks, 1997; Samarapungavan, Vosniadou and Brewer, 1996.

Vosniadou, 1994a.

Hannust and Kikas, 2010; Nobes, Martin and Panagiotaki, 2005.

Panagiotaki, Nobes and Banerjee, 2006; Straatemeier, van der Maas and Jansen, 2008; Vosniadou, Skopeliti and Ikospentaki, 2004.

Vosniadou, Skopeliti and Ikospentaki, 2005.

Hayes, Goodhew, Heit and Gillan, 2003.

Samarapungavan, Vosniadou and Brewer, 1996.

Diakidoy, Vosniadou and Hawks, 1997.

Vosniadou, 1994b.

Siegal, Butterworth and Newcombe, 2004.

Anscombe, 1959.

Vosniadou and Brewer, 1994.

Harlow, Swanson, Nylund-Gibson and Truxler, 2011.

Schneps, Sadler, Woll and Crouse, 1988.

Dunbar, Fugelsang and Stein, 2007.

Carbon, 2010.

Marshak, 2009.

Le Grand, 1988; Marvin, 1973; Oreskes, 1999.

Sclater, 1864.

Wegener, 1929/1966.

Oreskes, 1999.

Gould, 1992.

Willis, 1910.

Chamberlin, 1928.

Libarkin and Anderson, 2005.

Libarkin, Anderson, Dahl, Beilfuss, Boone and Kurdziel, 2005;
Marques and Thompson, 1997.

Sanchez and Wiley, 2014.

Libarkin and Schneps, 2012.

Darwin, 1859.

Catley and Novick, 2009.

Lee, Liu, Price and Kendall, 2011; Trend, 2001.

National Science Board, 2014.

«Денни и Динозавр» — книга известного американского карикатуриста и автора детских произведений Сиды Хоффа. Была опубликована в 1958 году издательством Harper & Brothers. *Прим. ред.*

Kolbert, 2006.

Lombardi and Sinatra, 2012.

Sheppard, 2015.

Donner and McDaniels, 2013.

Boyes and Stanisstreet, 1993; Punter, Ochando-Pardo and Garcia, 2011.

Skamp, Boyes and Stanisstreet, 2013.

Leiserowitz, Maibach, Roser-Renouf, Feinberg and Howe, 2013.

National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2016b.

Ranney and Clark, 2016.

Lewandowsky, Gignac and Vaughan, 2013; Myers, Maibach, Peters and Leiserowitz, 2015.

Cialdini and Goldstein, 2004; Shtulman, 2013.

Ding, Maibach, Zhao, Roser-Renouf and Leiserowitz, 2011; Van der Linden, Leiserowitz, Feinberg and Maibach, 2015.

Obama, 2015.

Callanan and Oakes, 1992.

Carey, 1985.

Bidet-Ildei, Kitromilides, Orliaguet, Pavlova and Gentaz, 2014;
Kuhlmeier, Troje and Lee, 2010.

Anggoro, Waxman and Medin, 2008; Hatano, Siegler, Richards, Inagaki, Stavy and Wax, 1993; Piaget, 1929/2007.

Carey, 1988.

Carey, 1985; Gutheil, Vera and Keil, 1998; Herrmann, Waxman and Medin, 2010; Stavy and Wax, 1989.

Coley, 2012; Medin, Waxman, Woodring and Washinawatok, 2010;
Ross, Medin, Coley and Atran, 2003.

Geerds, Van de Walle and LoBue, 2015.

210

Стромингер, личная беседа.

Lazar and Torney-Purta, 1991; Panagiotaki, Nobes, Ashraf and Aubby, 2015; Speece and Brent, 1984; Slaughter and Griffiths, 2007.

Rosengren, Miller, Gutierrez, Chow, Schein and Anderson, 2014.

Rosengren, Miller, Gutierrez, Chow, Schein and Anderson, 2014;
Poling and Hupp, 2008.

Astuti and Harris, 2008; Harris and Gimenez, 2005.

Bering, 2006.

«*Дух в машине*» — термин, введенный английским философом Гилбертом Райлом в работе «Понятие сознания» (1949) для обоснования своей критики субстанциального дуализма. *Прим. ред.*

Zaitchik, Iqbal and Carey, 2014.

Slaughter and Lyons, 2003.

Onion, 2010.

Slaughter and Griffiths, 2007.

Webb, 1993.

MacAvoy, 2015.

Bering, 2002.

Leaddon, Waxman and Medin, 2011.

Coley, Medin, Proffitt, Lynch and Atran, 1999.

Shtulman (неопубликованные данные).

Goldberg and Thompson-Schill, 2009.

Zaitchik and Solomon, 2008.

Klavir and Leiser, 2002.

Bechtel and Richardson, 1998.

Inagaki and Hatano, 1993; Morris, Taplin and Gelman, 2000.

Anggoro, Waxman and Medin, 2008.

Inagaki and Hatano, 1996.

Opfer and Siegler, 2004.

Nguyen, McCullough and Noble, 2011.

Nguyen, McCullough and Noble, 2011.

Johnson and Carey, 1998.

Gripshover and Markman, 2013.

McFerran and Mukhopadhyay, 2013.

Livingston and Zylke, 2012.

McFerran and Mukhopadhyay, 2013.

Gelman and Wellman, 1991.

Astuti, Solomon and Carey, 2004; Atran, Medin, Lynch, Vapnarsky, Ek and Sousa, 2001; Sousa, Atran and Medin, 2002; Diesendruck and Haber, 2009; Waxman, Medin and Ross, 2007.

Diesendruck and Haber, 2009; Donovan, 2014; Haslam, Rothschild and Ernst, 2000; Kimel, Huesmann, Kunst and Halperin, 2016.

Meyer, Leslie, Gelman and Stilwell, 2013; Sanner, 2001.

Sylvia, 1997.

Carey, 1985.

Quoidbach, Gilbert and Wilson, 2013.

Priest, Bonfadelli and Rusanen, 2003.

Lusk, 2015.

Christensen, Jayaratne, Roberts, Kardia and Petty, 2010.

Rosenberg, Pritchard, Weber, Cann, Kidd, Zhivotovsky and Feldman, 2002.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization,
1970.

Blancke, Van Breusegem, De Jaeger, Braeckman and Van Montagu, 2015; Dar-Nimrod and Heine, 2011.

Gelman and Wellman, 1991.

Dar-Nimrod and Heine, 2011; Kronberger, Wagner and Nagata, 2014.

National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2016a.

Johnson and Solomon, 1997.

Solomon, Johnson, Zaitchik and Carey, 1996.

Solomon, 2002.

Byers-Heinlein and Garcia, 2015.

Keil and Batterman, 1984.

Уэллс Г. Остров доктора Моро. М.: АСТ, 2007. *Прим. ред.*

Keil, 1992.

Keil, 1992.

Zaitchik and Solomon, 2008.

Springer, 1995.

Venville, Gribble and Donovan, 2005.

Duncan and Tseng, 2011.

Shea, 2015.

Dar-Nimrod, Cheung, Ruby and Heine, 2014.

Dar-Nimrod and Heine, 2006.

Spelke, 2005; Spencer, Steele and Quinn, 1999.

Wicker, Keysers, Plailly, Royet, Gallese and Rizzolatti, 2003.

Schaller, Miller, Gervais, Yager and Chen, 2010.

Curtis, Aunger and Rabie, 2004.

Haidt, McCauley and Rozin, 1994.

Rozin, Millman and Nemeroff, 1986.

Stevenson, Oaten, Case, Repacholi and Wagland, 2010.

Widen and Russell, 2013.

Fallon, Rozin and Pliner, 1984.

Rozin, Fallon and Augustoni-Ziskind, 1985.

Dawson, Han, Cox, Black and Simmons, 2007.

Heinrich, 1999.

Rozin, 1990.

Thagard, 1999.

Miton, Claidiere and Mercier, 2015.

Johnson, 2007.

Lederberg, 2000; Thagard, 1999.

Au, Sidle and Rollins, 1993; Blacker and LoBue, 2016; Kalish, 1996; Siegal and Share, 1990; Springer, Nguyen and Samaniego, 1996.

DeJesus, Shutts and Kinzler, 2015.

Solomon and Cassimatis, 1999.

Raman and Gelman, 2005.

Zuger, 2003.

Au, Chan, Chan, Cheung, Ho and Ip, 2008.

Zamora, Romo and Au, 2006.

Bearon and Koenig, 1990.

Legare and Gelman, 2008; Legare and Gelman, 2009.

Nguyen and Rosengren, 2004; Raman and Gelman, 2004.

Raman and Winer, 2004.

Cancer Research UK, 2015.

Mayr, 1982.

Gregory, 2009; Mayr, 1982.

Darwin, 1859.

Gould, 1996; Mayr, 2001.

Bowler, 1992.

Dobzhansky, 1973.

Shtulman, 2006; Shtulman and Calabi, 2013; Shtulman and Schulz, 2008.

Gregory, 2009; Shtulman and Calabi, 2012.

Bishop and Anderson, 1990; Shtulman, 2006; Ware and Gelman, 2014.

Roughgarden, 2004.

Lack, 1947/1983.

Медиана — число, характеризующее выборку (например, набор чисел). Если все элементы выборки различны, то медиана — это такое число выборки, что ровно половина из элементов выборки больше него, а другая половина меньше него. *Прим. ред.*

Andersen, 1844/1981.

Gelman, Ware and Kleinberg, 2010.

Shtulman and Schulz, 2008.

Emmons and Kelemen, 2015.

Onion, 2015.

Millman and Smith, 1997; Gruber, 1981.

Zimmerman and Cuddington, 2007.

Shtulman and Valcarcel, 2012.

Shtulman, 2014.

Зуйки — род куликов семейства ржанковых, распространенных на всех материках кроме Антарктиды.

Губанчики — род лучеперых рыб семейства губановых, распространенных в Индийском и Тихом океанах. *Прим. ред.*

De Waal, 2006.

Brulliard, 2016.

National Science Teachers Association, 2013.

Berkman and Plutzer, 2011; Mead and Mates, 2009.

Evans, Spiegel, Gram, Frazier, Tare, Thompson and Diamond, 2010;
Opfer, Nehm and Ha, 2012.

Catley, Novick and Shade, 2010; Shtulman, 2006.

Анагенез — адаптивные преобразования организмов, ведущие к общему усовершенствованию их строения и функционирования и открывающие путь к дальнейшей прогрессивной эволюции всей филогенетической ветви. *Прим. ред.*

Кладогенез — эволюционный процесс, в ходе которого из одной группы организмов (вида) формируются несколько родственных. Кладогенез отличается от видообразования тем, что включает всякое увеличение разнообразия в процессе эволюции. *Прим. ред.*

Poling and Evans, 2004; Shtulman, 2006.

Gould, 1997.

Catley and Novick, 2008; MacDonald and Wiley, 2012.

Секвенирование нуклеиновых кислот — ДНК и РНК — это определение их аминокислотной или нуклеотидной последовательности. В результате секвенирования перекрывающихся участков ДНК получают последовательности участков генов, целых генов, тотальной матричной РНК и даже полных геномов организмов.
Прим. ред.

Meir, Perry, Herron and Kingsolver, 2007; Novick and Catley, 2007; Phillips, Novick, Catley and Funk, 2012.

Catley and Novick, 2008; MacDonald and Wiley, 2012.

Tufte, 2001.

MacDonald and Wiley, 2012; MacFadden, Oviedo, Seymour and Ellis, 2012.

Mayr, 2001.

Shtulman and Checa, 2012.

Gould, 1997.

Mora, Tittensor, Adl, Simpson and Worm, 2011.

Pennisi, 2003.

Филогенетика, или *филогенетическая систематика* — область биологической систематики, которая занимается выявлением и прояснением эволюционных взаимоотношений среди разных видов жизни на Земле, как современных, так и вымерших. *Прим. ред.*

Evans, 2001; Kelemen, 2004; Samarapungavan and Wiers, 1997.

Miller, Scott and Okamoto, 2006; Gervais, 2015; Poling and Evans, 2004.

Heddy and Nadelson, 2012.

Heddy and Nadelson, 2013.

IFLScience, 2015.

Berkman and Plutzer, 2011.

Mayr, 1982.

Darwin, 1844.

Newport, 2010.

Newport, 2010.

Pemberton, Gingras and MacEachern, 2007.

Thagard, 2014.

Chi, Slotta and De Leeuw, 1994; Chi, Roscoe, Slotta, Roy and Chase, 2012.

Biederman and Shiffrar, 1987.

McNeil, Fyfe and Dunwiddie, 2015.

Rozenblit and Keil, 2002; Mills and Keil, 2004; Keil, 2003.

Lawson, 2006.

Keynes, 1936.

Riedel, 2005.

Orenstein, Papania and Wharton, 2004.

Centers for Disease Control, 2015.

National Conference of State Legislatures, 2016; Horne, Powell, Hummel and Holyoak, 2015.

Kuo, 2012.