

# Содержание

- 6 Введение
- 9 Как пользоваться книгой

## ИСТОРИЯ

- 12 Древние астрономы
- 13 Греческие философы
- 14 Рождение медицины
- 15 Алхимия
- 16 Исламская наука
- 17 Ренессанс
- 18 Научная революция
- 19 Развитие научных обществ
- 20 Рождение химии
- 21 Наука и промышленная революция
- 22 Естественная история и биология
- 23 Геология и науки о Земле
- 24 Электричество
- 25 Клеточная теория
- 26 Гигиена и санитария
- 27 Новая физика
- 28 Размеры Вселенной
- 29 Наука на благо общества
- 30 Электроника и вычислительная техника
- 31 Генетика
- 32 Космическая гонка
- 33 Эволюция человека
- 34 Нейробиология и психология
- 35 Науки об окружающей среде
- 36 Интернет
- 37 Недостающее во Вселенной
- 38 Генетическая модификация
- 39 Теория струн

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ

- 42 Плаучесть
- 44 Размеры Земли
- 46 Камера-обскура
- 48 Светопреломление и радуга
- 50 Поиск закономерностей

- 52 Закон маятника
- 54 Открытие метаболизма
- 55 Ускорение под действием гравитации
- 56 Кровообращение
- 58 Взвешивание воздуха
- 60 Газовые законы
- 62 Закон Гука
- 64 Открытие микроорганизмов
- 66 Цветовой спектр
- 68 Летающий мальчик
- 70 Открытие фотосинтеза
- 72 Кислород
- 74 Масса Земли
- 76 Закон сохранения массы
- 78 Животное электричество
- 80 Вакцинация
- 82 Доказательство вымирания животных
- 84 Электролиз
- 86 Двухщелевой опыт
- 88 Электромагнитное взаимодействие
- 89 Цикл Карно
- 90 Броуновское движение
- 92 Витализм
- 94 Эффект Доплера
- 96 Механический эквивалент тепла
- 98 Скорость света
- 100 Вращение Земли
- 102 Спектроскопия
- 104 Микробная теория
- 106 Существование генов
- 108 Опровержение существования эфира
- 109 Работа хромосом
- 110 Открытие электромагнитных волн
- 112 Открытие радиоактивности
- 114 Открытие электрона
- 116 Условные рефлексы
- 118 Половые хромосомы
- 120 Измерение заряда
- 122 Диаграмма Герцшпрунга — Рассела
- 124 Космические лучи
- 126 Ядро атома

- 128 Корпускулярно-волновой дуализм
- 130 Антибиотики
- 132 Расширение Вселенной
- 134 Рекомбинация
- 136 Расщепление атома
- 138 Машина Тьюринга
- 139 Цикл лимонной кислоты
- 140 Происхождение жизни
- 142 Двойная спираль
- 144 Эксперимент Милгрэма
- 146 Космический микроволновой фон
- 148 Экзопланеты
- 150 Открытие темной энергии
- 152 LIGO

## **ТЕОРИИ**

- 156 Панспермия
- 157 Законы движения
- 158 Закон всемирного тяготения
- 159 Атомная теория
- 160 Законы термодинамики
- 161 Эволюция путем естественного отбора
- 162 Периодическая таблица
- 163 Относительность
- 164 Тектоника плит
- 165 Четыре фундаментальные силы
- 166 Принцип неопределенности
- 167 Квантовая физика
- 168 Теория валентных связей
- 169 Большой взрыв
- 170 Звездный нуклеосинтез
- 171 Теория ключа и замка
- 172 Центральная догма биологии
- 173 Эндосимбиоз
- 174 Стандартная модель
- 175 Темная материя
- 176 Космическая инфляция
- 177 Многомировая интерпретация
- 178 Антропогенные причины изменения климата
- 179 Формирование Солнечной системы

## **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА**

- 182 Научный метод
- 183 Диаграммы и системы координат
- 184 Теория вероятностей и принцип неопределенности
- 185 Метрическая система мер
- 186 Измерение времени
- 187 Термометры
- 188 Микроскопы
- 189 Телескопы
- 190 Микрофоны и динамики
- 191 Трубка Гейгера — Мюллера
- 192 Фотография
- 193 Электронно-лучевая трубка
- 194 Рентгеновское изображение
- 195 Лазеры
- 196 Сейсмографы
- 197 Радиоуглеродное датирование
- 198 Пузырьковые камеры
- 199 Ускорители частиц
- 200 ATLAS (ЦЕРН)
- 201 Детекторы нейтрино
- 202 Масс-спектрометрия
- 203 Хроматография
- 204 Дистилляция
- 205 ДНК-профилирование
- 206 CRISPR — инструмент геной инженерии
- 207 Стволовые клетки
- 208 Клинические исследования
- 209 Кладистика и таксономия
- 210 Кот Шрёдингера и другие мысленные эксперименты
- 211 Компьютерное моделирование реальности
- 212 Моделирование климата
- 213 Машинное обучение
- 214 Большие данные
- 215 Планетоход
- 216 Алфавитный указатель
- 224 Источники иллюстраций

# Введение

**СТИВЕН ХОКИНГ:** «МЫ ВСЕГО ЛИШЬ ПРОДВИНУТЫЕ ПОТОМКИ ОБЕЗЬЯН, ЖИВУЩИЕ НА МАЛЕНЬКОЙ ПЛАНЕТЕ НИЧЕМ НЕ ПРИМЕЧАТЕЛЬНОЙ ЗВЕЗДЫ. НО МЫ СПОСОБНЫ ПОСТИЧЬ ВСЕЛЕННУЮ. ЭТО ДЕЛАЕТ НАС ПО-НАСТОЯЩЕМУ ОСОБЕННЫМИ».

Наука — инструмент открытия фактов, которые всегда существовали, но оставались неизвестными. Ученые исследуют природу материи, стремясь заглянуть за самый край Вселенной — и даже дальше.

В этой книге отмечены открытия, что лежат в основе нашего нынешнего понимания Вселенной. Здесь рассматриваются физика, которая раскрывает законы управления энергией, материей и движением; химия, которая изучает всевозможные вещества и старается понять, каким образом одно превращается в другое; биология, которая исследует формы жизни. Кроме того, в книге затрагиваются вопросы психологии, астрономии, нейробиологии и геологии.

В науке новые открытия строятся на предшествующих. Информация, кратко изложенная в этой книге, проливает свет на феномен научного познания и показывает, как оно неизменно росло на протяжении веков.

## История

**МАРИЯ СКЛОДОВСКАЯ-КЮРИ:** «В ЖИЗНИ НЕТ НИЧЕГО, ЧЕГО СТОИЛО БЫ БОЯТЬСЯ, ЕСТЬ ЛИШЬ ТО, ЧТО СЛЕДУЕТ ПОСТИЧЬ. НАСТАЛО ВРЕМЯ БОЛЬШЕ ПОНИМАТЬ, ЧТОБЫ МЕНЬШЕ БОЯТЬСЯ».

Потребовались тысячи лет, чтобы наука вышла из тумана суеверий и догм. Современные ученые пользуются выверенными методами, позволяющими направлять мышление, проверять жизнеспособность идей и критически оценивать результаты. Однако простое, но полное силы интуитивное понимание, что правду можно раскрыть через поиск доказательств, возвращает нас к древнему миру.

Наука превратилась в господствующую силу, какой является сейчас, всего лишь около 350 лет назад, в начале эпохи так называемой научной революции. В течение этого периода широкая область исследований постепенно разделилась на области специализаций. К 1850-м годам ученые стали ограничиваться изучением разнообразных узких тем, таких как цитобиология, природа электричества или вес атомов. Один человек больше не мог быть экспертом во всех науках.

## Эксперименты

**РИЧАРД ФЕЙНМАН:** «НАУКА ПРИНОСИТ ПОЛЬЗУ ТОЛЬКО ТОГДА, КОГДА ГОВОРИТ ВАМ О ЕЩЕ НЕ ПОСТАВЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ».

Процесс научного познания состоит из множества этапов; самый известный — это эксперимент, во время которого гипотеза проверяется и оказывается правильной либо ошибочной. Чтобы эксперимент дал результаты, он не должен быть чрезвычайно сложным. В 1950-е годы Стэнли Миллер воспроизвел первичный бульон с помощью круглодонной колбы и нескольких стеклянных трубок. Хватило недели, чтобы в его аппарате стихийно воссоздались химические вещества, необходимые для жизни.

## Теории

**АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН:** «ВЕЧНАЯ ЗАГАДКА МИРА — ЭТО ЕГО ПОЗНАВАЕМОСТЬ. САМ ФАКТ ЭТОЙ ПОЗНАВАЕМОСТИ ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ ЧУДОМ».

Наука — творческий процесс. Мы способны обнаруживать скрытую правду, лишь представляя ее. Такое представление называется гипотезой, иногда теорией. Стоит доказать ее — если это удастся, — и гипотеза перестает быть таковой. Ее фиксируют и принимают за факт; иногда же теорию продолжают так называть, даже если ее адекватность успешно доказали\*.

## Методы и средства

**ИСААК НЬЮТОН:** «ЕСЛИ Я И ВИДЕЛ ДАЛЬШЕ ДРУГИХ, ТО ЭТО ПОТОМУ, ЧТО СТОЯЛ НА ПЛЕЧАХ ГИГАНТОВ».

Наука развивается бок о бок с технологиями. Благодаря новым знаниям ученые совершают открытия, необходимые для изобретения новых технологий, а технологии, в свою очередь, показывают ученым новые пути для исследований. История знает несколько случаев, когда происходил большой скачок в развитии доступных науке инструментов и технических средств. В XVI веке производители линз изобрели телескопы и микроскопы, а также медицинское стекло — оно чрезвычайно чутко реагировало на изменение температуры окружающей среды, так что с его помощью смогли создать термометры. Прогресс в очистке металлов позволил

\* В повседневной речи слово «теория» часто используется как синоним гипотезы, но в сфере науки под теорией понимается «целостная система знания <...> [которая] может развиваться... посредством введения различных гипотетических допущений и теоретических моделей» (цит. по: Новая философская энциклопедия : в 4 т. / под ред. В. С. Степина. М. : Мысль, 2001). Другими словами, теория — это модель, объясняющая некий широкий аспект реальности, а гипотеза — один из инструментов проверки, дополнения и корректировки теории. Здесь автор использует слово в качестве синонима гипотезы. *Прим. науч. ред.*

конструировать высокоточные механизмы, электрические и магнитные устройства. Современная наука полагается на компьютерные технологии в том, чтобы контролировать приборы, собирать и анализировать данные. Трудно переоценить степень того, как с помощью компьютеров продвинулась научная практика. Надо полагать, новые виды компьютерных технологий так же сильно повлияют на будущее исследований.

## Немного предыстории

Большинство прорывов в науке были совершены благодаря коллективным усилиям. Лишь в единичных случаях первопроходцы работали в одиночку, но даже их открытия основывались на существовавших к тому времени данных.

Доносить научные знания до широкой публики — дело хорошее (эта книга, кстати, для того и написана), однако у него есть недостаток — чрезмерное упрощение. Крупные достижения принято приписывать небольшому числу конкретных лиц, несмотря на то что научные победы — результат работы широкого круга ученых с разных концов света, часто объединяющих силы или соперничающих друг с другом.

Большинство ученых, получивших признание, — белые мужчины.

От этого факта невозможно отмахнуться, назвав издержками журналистских упрощений. Это не просто неправильно. Это несправедливо; это вредит представителям рас с другим цветом кожи и женщинам — таким образом им отказывают в должном уважении, а в обществе закрепляется представление, что они не способны преуспеть в науке.

Сегодня люди стремятся восстановить справедливость: вернуть недооцененным или несправедливо забытым именам признание, которого они заслуживают. Однако стоит сказать, что на Западе ученые африканского и азиатского происхождения находились в забвении так долго, что теперь при освещении актуальных событий в различных дисциплинах достижения этих меньшинств выходят на первый план. Разумеется, многое еще нужно сделать, чтобы люди всех рас обрели равные возможности.

Женщины долгое время вносили значительный вклад в развитие науки, даже когда были исключены из академических кругов и не имели права получать высшее образование. Ко всеобщему стыду, веками их заслуги приписывались мужчинам. Ранее значимость женского вклада в науку преуменьшалась либо вовсе вымарывалась из истории, поэтому мы надеемся, что наши читатели обратят особое внимание на то, что прибор для измерения размеров Вселенной создала женщина (с. 28); что женщина открыла процесс ядерного распада, который происходит в атомной бомбе (с. 136); что существование темной материи — одной из величайших загадок науки — доказано женщиной (с. 175); что именно женщина впервые продемонстрировала парниковый эффект (с. 178).

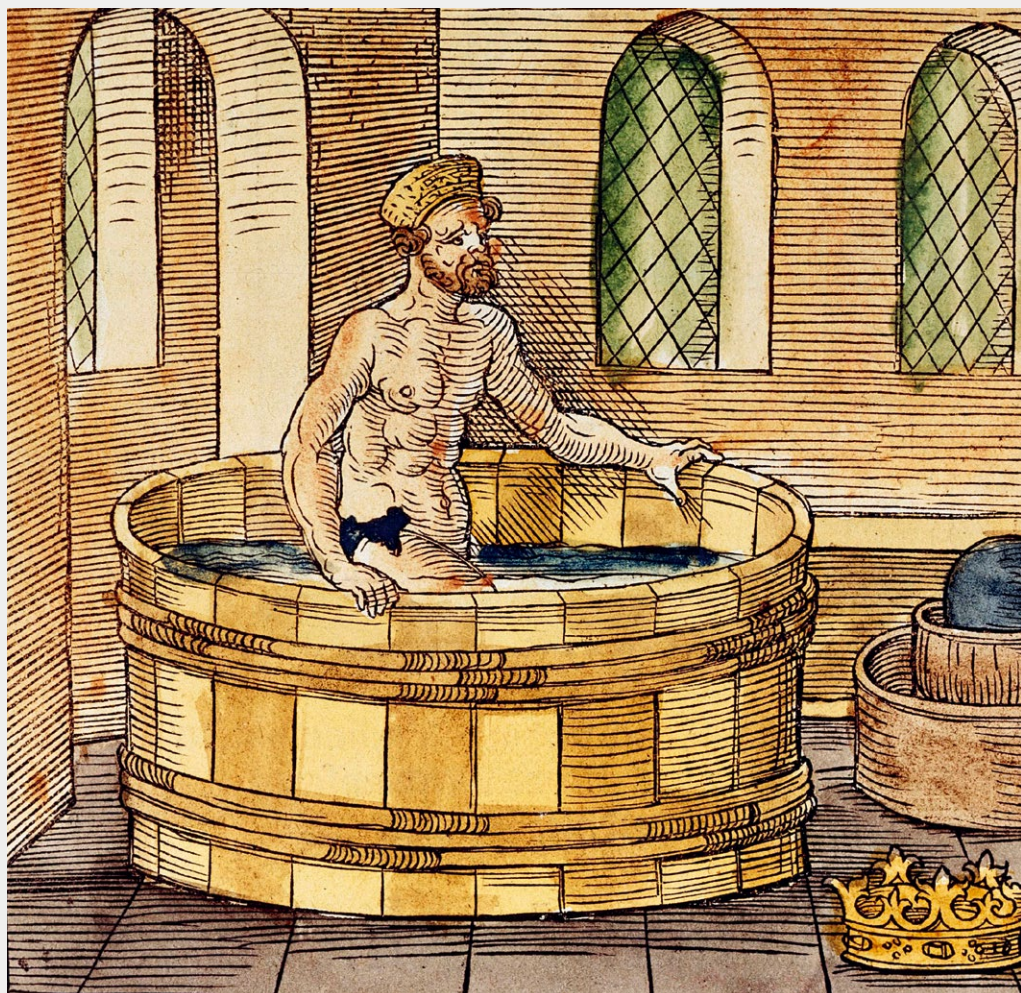
Наука — не для избранных. Она существует — или по меньшей мере должна существовать — для каждого.



# Плавучесть

ок. 250 г.  
дон. э.

**АРХИМЕД:** О ПЛАВАЮЩИХ ТЕЛАХ • СИРАКУЗЫ, СИЦИЛИЯ, ИТАЛИЯ



## КЛЮЧЕВЫЕ ТРУДЫ АРХИМЕДА

*Измерение круга**Стомахийон**Исчисление песчинок*

Греческий ученый Архимед (ок. 287 — ок. 212 гг. до н. э.) известен тем, что сделал великое открытие, сидя в ванне. Он выпрыгнул из воды с криком «Эврика!», что означает «Нашел!». Тем, что обнаружил Архимед, теперь объясняют, почему одни предметы тонут, а другие нет.

Архимед пытался выяснить, из чистого ли золота сделана новая корона его короля. Когда он опустил в наполненную до краев ванну, часть воды выплеснулась. Ученый понял, что выяснит объем короны, если соберет вытесненную воду. Зная точный объем, можно сравнить плотность короны с плотностью куска золота того же веса. Если корона сделана из чистого золота, она выместит столько же воды, сколько слиток.

Архимед сравнил плавучесть этих предметов, подвесив их на коромысловые весы и погрузив в воду. Тело своим весом выталкивает воду, но и вода сопротивляется погружению тела с так называемой силой выталкивания. Если последняя больше веса тела, предмет остается на поверхности, если меньше — тонет. Это легло в основу закона Архимеда: сила выталкивания, действующая на тело, равна весу воды, вытесненной этим телом. Архимед знал, что на два предмета, которые он сравнивал, действует одинаковая сила, однако плечо весов с короной поднялось выше плеча со слитком; а значит, корона имела меньшую плотность и в золоте, из которого она состояла, были примеси более легких — и дешевых — металлов.

**АРХИМЕД**

Архимед — один из самых плодовитых математиков и изобретателей древнего мира; он жил в Сиракузах, греческом городе на Сицилии. Помимо прочего, он высчитал наиболее точное на тот момент значение числа пи ( $\pi$ ) — 3,1408. Согласно легенде Архимед помогал создавать оружие для отражения атаки римлян: искривленные зеркала фокусировали солнечные лучи, концентрируя тепловую энергию, с которой потом поджигали военные корабли противника. Архимеда убили, когда римляне в ходе Пунических войн наконец захватили город.

Немецкая гравюра (XVI в.) иллюстрирует момент, когда, согласно легенде, Архимед открыл закон, теперь носящий его имя





# Размеры Земли

**ЭРАТОСФЕН:** *О КРУГОВРАЩЕНИИ НЕБЕСНОГО СВОДА* (РАБОТА КЛЕОМЕДА)  
АЛЕКСАНДРИЯ, ЕГИПЕТ

ок. 200 г.  
до н. э.

В последние годы третьего столетия до нашей эры Эратосфен (ок. 276 — ок. 194 г. до н. э.), греческий эрудит из египетского города Александрии, нашел способ измерить окружность Земли. Идея посетила его, когда он услышал о необычном колодце на острове Элефантина близ города Сиены (нынешнего Асуана) на Ниле. Говорили, что в полдень в день летнего солнцестояния в этом глубоком колодце нет теней и солнце отражается в его водах. Эратосфен понял, что светило в этот период находится строго над Сиеной. Однако он знал, что в Александрии в тот же момент положение солнца другое. Поэтому Эратосфен установил в Александрии невысокий столб и измерил длину его тени в полдень. Затем учел эту величину и длину столба, построил от них прямоугольный треугольник и высчитал, что солнечные лучи падают на Александрию под углом в  $7^\circ$ . Эратосфен понял, что если бы его столб доходил до центра Земли, то он образовал бы тот же угол в  $7^\circ$  с прямой, проведенной из центра Земли до Сиены. Это означало, что расстояние между двумя городами составляло примерно одну пятидесятую часть окружности планеты (одна седьмая круга в  $360^\circ$ ). Эратосфен опросил путешественников и заключил, что Сиена удалена от Александрии на 5000 египетских стадий, а значит, обхват Земли равен 250 000 стадиям, или 39 375 километрам. Это всего лишь на 1,7% меньше современной оценки — 40 075 километров.



Колодец Эратосфена на острове Элефантина в египетском городе Асуане



## КЛЮЧЕВЫЕ ТРУДЫ

ЭРАТОСФЕНА

*Платоник**Гермес**Эригона**Хронографии**Победители Олимпийских игр***ЭРАТОСФЕН**

Эратосфен родился в Кирене, греческой колонии на побережье, которое ныне занимает Ливия. Юношей он учился у выдающихся философов того времени в Платоновской академии в Афинах. Стал знаменитым поэтом и был приглашен в Александрию в качестве служащего библиотеки. К 35 годам возглавил Александрийскую библиотеку и многое сделал для того, чтобы она превратилась в научный центр древнего мира.



# Камера-обскура

ИБН АЛЬ-ХАЙСАМ: КНИГА ОПТИКИ • КАИР, ЕГИПЕТ

ок. 1000



## КЛЮЧЕВЫЕ ТРУДЫ

АЛЬ-ХАЙСАМА

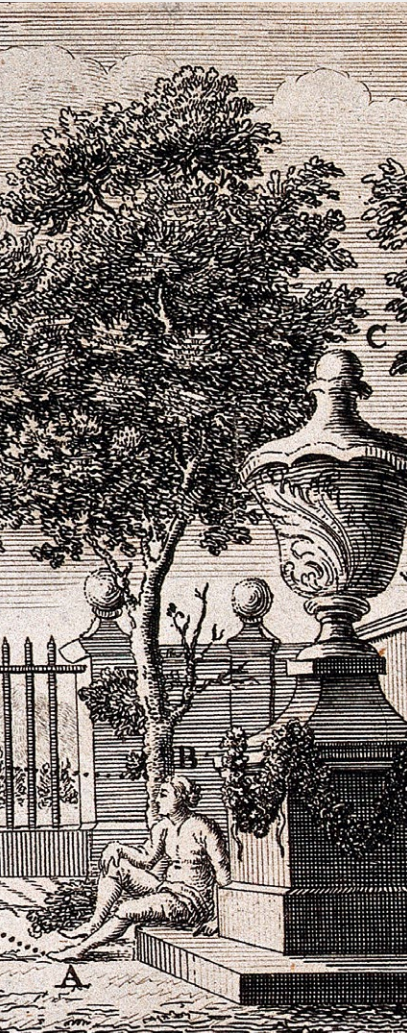
*Трактат о свете**О конфигурации мира**Сомнения относительно**Птолемея**Модель движения каждой**из семи планет*

Ибн аль-Хайсам (ок. 965 — ок. 1040), известный также под латинизированным именем Альхазен, был основоположником оптики — науки о том, как ведут себя лучи света. В большей части своих изысканий он сосредоточивался на камере-обскуре (*лат.* camera obscura — «темная комната»). Во времена аль-Хайсама эффект, который проявлялся в камере-обскуре, был широко известен. Комната (или шатер), используемая в этих целях, была совершенно темной, лишь в одной из стен виднелось крошечное отверстие. Наблюдая солнечное затмение из комнаты вроде этой, аль-Хайсам заметил, что на стене, противоположной отверстию, появилось перевернутое изображение солнца. Он представил, как лучи снаружи сходятся в этом отверстии и пересекаются, создавая внутри перевернутую картинку. Это побудило его использовать геометрический подход к оптике — при нем световые лучи всегда воспринимаются как прямые линии, которые меняют направление и угол падения, если отражаются от поверхности либо преломляются в ней. Также аль-Хайсам опроверг древнюю теорию эмиссии, то есть «испускания» — согласно ей лучи исходят из глаз, отражаются от предмета и, вернувшись, рисуют изображение. Вместо этого ученый расширил интроспективную теорию зрения, которая гласит, что свет от солнца или другого источника, отражаясь от объекта, попадает в глаз наблюдателя и создает картинку — точно так же, как в камере-обскуре.

**АЛЬ-ХАЙСАМ**

Рожденный в Басре (город нынешнего Ирака) в период расцвета династии Фатимидов, аль-Хайсам стал визирем, то есть советником, при местном эмире. Когда прошел слух, что у аль-Хайсама есть план, как регулировать разливы Нила, каирский халиф аль-Хаким надлежащим образом пригласил его к себе. Однако вскоре ученый осознал несостоятельность своего проекта и, согласно наиболее мрачным жизнеописаниям, симулировал сумасшествие, дабы избежать гнева халифа. Аль-Хайсам долгие годы просидел под домашним арестом и в это время занимался исследованиями в области оптики.

Гравюра 1752 года иллюстрирует принцип перевернутого отражения на стене камеры-обскуры



# Светопреломление и радуга

ок. 1300

**ТЕОДОРИК ФРАЙБЕРГСКИЙ:** О РАДУГЕ И ВОЗДЕЙСТВИЯХ ЛУЧЕЙ  
(*DE IRIDE ET RADIALIBUS IMPRESSIONIBUS*) • ТУЛУЗА, ФРАНЦИЯ



При образовании радуги падающий белый свет распадается на составляющие цвета и создает арку из полос красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового цветов



#### КЛЮЧЕВЫЕ ТРУДЫ ТЕОДОРИКА ФРАЙБЕРГСКОГО

*О свете и его происхождении (De luce et ejus origine)*

*О цветах (De coloribus)*

*От смешиваемого к смешанному (De miscibilibus in mixto)*

*Об элементах естественных тел (De elementis corporum naturalium)*

Связь между радугой и брызгами воды (а не только дождем) была установлена еще Сенекой-младшим (ок. 4 г. до н. э. — 65 г. н. э.). Заметив, что радуга всегда появляется в небе напротив солнца, Сенека предположил, что красочное явление объясняется отражением света от каждой отдельной капли. Аль-Хайсам же полагал, что радуга получается из-за того, что капли формируют вогнутое зеркало. Теодорик Фрайбергский (ок. 1250 — ок. 1310) положил конец спору, воссоздав эффект радуги с помощью наполненного водой шара. Когда свет попадал на переднюю поверхность сферы, он преломлялся и расходился на узкий цветовой спектр, который отражался от задней внутренней стенки шара. Выходя из передней части сферы, свет преломлялся снова. В целом свет отражался под углом в  $318^\circ$ , то есть практически возвращался к источнику. Преломление — процесс, когда световой луч смещается при переходе из одной прозрачной среды (здесь из воздуха) в другую (в воду). Угол преломления зависит от относительной скорости света в каждой среде (например, в воде она ниже). (Скорость света в среде определяется показателем преломления; у каждого цвета (то есть у каждой длины волны света) свой показатель, таким образом, каждый цвет преломляется под своим углом, образуя распределение цветов в пространстве.) Каждая капля воды преломляет свет так же, как остальные, и это совокупное действие создает в небе радугу.

#### ТЕОДОРИК ФРАЙБЕРГСКИЙ

Известный также под именем Дитрих, Теодорик был лучшим учеником Альберта Великого, влиятельного немецкого философа, ученого и теолога. Подобно своему наставнику, Теодорик стал доминиканским монахом и долго работал в академиях Франции и Германии. Наравне с естествознанием он интересовался метафизикой — наукой о природе бытия.



# Поиск закономерностей

ок. 1550

**ПЬЕР БЕЛОН:** *ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПТИЦ (L'HISTOIRE DE LA NATURE DES OYSEAUX)* • ПАРИЖ, ФРАНЦИЯ

Один из краеугольных камней теории эволюции — сравнительная анатомия, которая изучает два явления. Первое: как общие для многих животных части тела могут принимать разные формы, чтобы соответствовать разным условиям среды. Например, как получилось, что скелеты кита и летучей мыши состоят из одних и тех же (тождественных) костей? Второе: как различные анатомические структуры могут принимать схожий вид, чтобы приспособиться к одинаковым условиям среды, как это произошло с дельфинами, акулами и ихтиозаврами (вымершими морскими рептилиями).

Основателем сравнительной анатомии стал Пьер Белон (1517–1564), опубликовавший в 1550-е годы серию книг, в которых исследуются морские животные со схожим анатомическим строением. В 1555-м Белон издал труд под названием «История развития птиц», где в деталях продемонстрировал, насколько птичий скелет гомологичен (подобен по структуре) человеческому.

Публикация работы Белона означала, что вопрос о том, как и почему птицы и млекопитающие с одинаковой структурой скелета со временем развили разную анатомию, теперь открыт для обсуждения. Благодаря находкам в области сравнительной анатомии постепенно сформировалось мнение, что всевозможные формы жизни происходили или развивались от общих предков.

## ПЬЕР БЕЛОН

Уроженец французского города Ле-Мана, Пьер Белон выучился на фармацевта и поступил на службу к епископу Клермонскому. Белон заинтересовался зоологией, наукой о животных, а поступив в Виттенбергский университет, увлекся еще и изучением растений. В 1540-е он некоторое время посвятил учебе в Парижской медицинской школе, однако врачом так и не стал. Вместо этого с энтузиазмом принялся исследовать Европу и Ближний Восток, где стал прославленным анатомом. По возвращении в Париж был убит во время ограбления.

