

НА ЗАРЕ НАУКИ

1 Попытки объяснить природу

КАК МЫ УЖЕ ПИСАЛИ И — НЕ СОМНЕВАЙТЕСЬ — НАПИШЕМ ЕЩЕ, СЛОВО «ФИЗИКА» ПРИШЛО К НАМ ИЗ ДРЕВНЕГРЕЧЕСКОГО ЯЗЫКА И ОЗНАЧАЕТ ПРОСТО «ПРИРОДА».

А человеку так свойственно изучать окружающий его мир.

Подобно любому живому существу, у которого очень простой выбор — съесть или быть съеденным, древние люди всегда были настороже. Так и мы наблюдаем за нашим окружением, ловя малейшие детали и пытаюсь решить, что будет в следующий момент. Чтобы сделать это, мы полагаемся на наш прошлый опыт, т.е. на то, что происходило в последнее время. Однако мы также способны мыслить абстрактно, принимая во внимание знания, не связанные на первый взгляд с ситуацией. Применение знаний в новых ситуациях — это уникальная черта человека. Поместите себя мысленно в ситуацию, в которой вы никогда не бывали и, возможно, никогда не будете, и вы поймете, что можете представить себе совершенно невообразимые обстоятельства.

Решения, решения

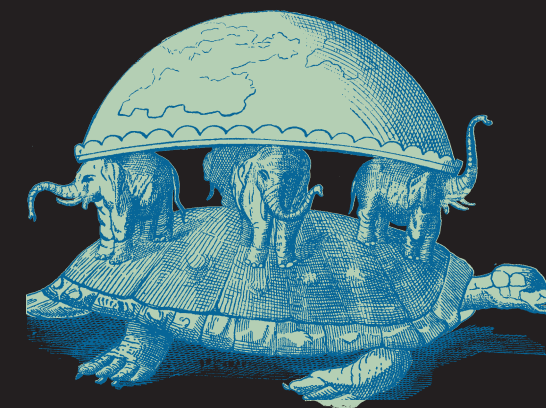
Человек обладает мозгом примата, который по своей природе способен за короткое время принимать значительное количество решений. Добавьте сюда то, что мы испытываем постоянный интерес ко всему новому. (Именно это природное любопытство помогает нам находить актуальные потребности еще до того, когда они реально появятся в нашей жизни.) Мозг человека развит особенно хорошо и позволяет создавать ментальные карты местности, учитывая даже смену времен года. Но больше всего

мы используем свое серое вещество для того, чтобы взаимодействовать с другими представителями человеческого рода, собирая информацию, которая поможет нам выжить. Если при этом мы совершим ошибку, жизнь не даст нам второго шанса. Еще люди способны делиться с другими информацией о своих успехах и неудачах, благодаря чему мы получаем опыт не только свой, но и чужой — от других людей.

Вопросы, вопросы

Этот обобщенный опыт приходит к нам через поколения, создавая зачатки культуры. А культура — это волшебный сундучок знаний и традиций, которые обеспечивают нас ответами на многие важные вопросы. Например, где можно найти пищу в это время года или когда созревает урожай? А может быть, разливается ли эта река весной? Однако на некоторые вопро-

Таким был райский сад Эдем по мнению Иеронима Босха. Грехопадение, описанное в истории Эдема, случилось потому, что Адам и Ева впервые почувствовали стыд и смущение, когда им рассказали об их нагоде. Вся эта история показывает момент становления человеческой сущности и хорошо вписывается в «теорию разума». В этой разделяемой нами концепции есть наши мысли и мысли тех, кто вокруг нас. Неужели и другие живые существа вписываются в теорию разума? Мы так не считаем, однако они тоже могут думать о том, что вокруг них.



сы один лишь опыт ответить не в состоянии. Например, откуда появились мы и вся окружающая нас природа?

В поисках понимания

Для получения картины о мире мы в прошлом делали то, что делаем и сейчас, — представляем себе возможный ответ. Инструменты, которые дает нам культура, штрихами рисуют все более полную картину мира. И в число этих инструментов по-прежнему входит все необходимое, чтобы обезопасить нас от голода, только теперь человек хочет узнать и свое место в природе, а также как появилась сама природа.

И сейчас в культуре людей есть много мифов о творении. Так, люди племени бошонго в Центральной Африке верят, что в древности была только темнота, вода и великий бог Бумба, который однажды заболел, и его вырвало Солнцем, Луной, звездами, животными и, наконец, человеком. Согласно мифам других народов, этот мир является ребенком матери (а иногда отца) — природы. Другие убеждены, что природа сформировалась из хаоса, при этом общепринято, что природа образовалась в одно мгновение из ничего. Но ни одна из этих теорий не имеет надежных доказательств — тут и начинается история физики.

В каком-то смысле физику также можно назвать очередной историей творения. В настоящее время принято, что Вселенная сформировалась из ничего и единственным ее отличием от других теорий является то, что в основе физики лежат проверенные свидетельства. Конечно, со временем почти все научные факты претерпели уточнения, и сейчас мы приступим к самой физической истории создания мира.

Истории творения мира из Индии и Китая изобилуют мифологическими существами в образах различных животных — обычно могучих слонов, длинных змей и крепких черепах.

НЕВСЕСИЛЬНЫЕ БОГИ ОЛИМПА

Вообще говоря, божественная теория создания мира полагается на всесильных божеств, которые знают ответы на все вопросы. Ставя под сомнение достоверность этих божественных историй, мы ставим под сомнение и существование самих богов. Однако древние греки поклонялись целому пантеону божественных существ, живших на горе Олимп. (Эта гора существует в реальности.) Олимпийские боги имели человеческий вид, часто влюблялись и воевали, так что всякому было ясно, что они не держат под контролем даже самих себя. Именно при таких обстоятельствах и появились первые греческие философы, способные задавать действительно глобальные вопросы о Вселенной. Эти философы по праву вошли в историю науки.

Человекоподобные боги Олимпа позируют для семейного портрета.



ПИРАХАН

В 1980 году американский антрополог Дэниэл Эверетт описал мифологические представления бразильского племени Пирахан, народа охотников-собираателей из Амазонии. Выяснилось, что у них нет богов и мифа о творении. Пираханцы верят лишь в то, что воспринимают своими органами чувств, и не верят в то, что им говорят, если сам говорящий не испытал это на себе. Индейцы не пытаются накапливать знания и просто покупают все новинки у соседних племен.

2 Фалес Милетский

Хотя деяния Фалеса оказали большое влияние на развитие науки, как о человеке о нем известно совсем немного.



Если наука и имеет начало, то ее началом нужно признать физику.

Если физика имеет начало, то пошла она из Древней Греции, а именно из Милета. Именно в этом городе Малой Азии родился Фалес, в настоящее время признаваемый отцом всех наук.

Живший на рубеже VII–VI веков до н.э. Фалес, без сомнения, был исторической фигурой. До нас не дошло ни одного его произведения, однако труды более поздних философов неизменно ссылаются на Фалеса. Он был греком, но в том смысле, что принадлежал к культуре древних эллинов. Родился на западном побережье Малой Азии, территорию которой занимает ныне Турция. В те времена это было пересечение торговых путей — довольно бойкое место, — и Фалес, без сомнения, попал под влияние старейших цивилизаций Египта и Вавилона. Есть мнение, что он даже жил там какое-то время. Сам Фалес ученым себя не называл, это сделали его последователи. Он стал первым, кто отказался от мистических объяснений и попытался разобраться в настоящих причинах природных явлений. В своих объяснениях Фалес опирался лишь на то, что видел и чувствовал. С тех пор прошло почти двадцать веков, и с высоты современного понимания науки великие теории Фалеса представляются нам почти детскими. Однако он был первым, кто решил ответить на вопрос, откуда пошел наш мир, наша Вселенная. Фалес был монистом и полагал, что все вещи в мире сделаны из единой субстанции — воды. По его рассуждению, только вода имеет три уникальные характеристики: без нее невозможна жизнь, она может течь и изменяет свою форму.

Но прославился Фалес своими геометрическими открытиями (вспомните теорему Фалеса) и умением предсказывать солнечные затмения, одно из которых, согласно легенде, положило конец войне между двумя государствами.

СЕМЬ МУДРЕЦОВ

Фалес Милетский признан первым из семи мудрецов Древней Греции. В число этих мудрецов вошли философы, политики и законодатели рубежа VII – VI веков до н.э. Про них говорят, что они посеяли семена, из которых вырос современный мир. Остальные шесть мудрецов – Клеобул из Линда, Солон Афинский, Хилон из Спарты, Биант Приенский, Питтак Митиленский и коринфский тиран Периандр.

Сделанный в XIX веке коллаж (образы были взяты с бородатых бюстов) показывает нам семерых мудрецов и их многочисленных гостей на воображаемом банкете. Фалес сидит крайним справа.



3 Атомы: всё из малого

Многие современные физики посвятили свою жизнь тому, чтобы заглянуть внутрь атома. Таким был и Демокрит, греческий философ, который предположил существование атомов еще 2400 лет назад, дав широкую дорогу другим исследователям. В конце концов он оказался прав, почти прав.

ЛЕВКИПП

Впервые идея существования атомов была высказана Левкиппом, учителем Демокрита. Левкипп умер, когда Демокрит был еще юношей. Изначально Левкипп полагал, что атомы перемещаются хаотичным, «недетерминированным» образом. Демокрит пришел к противоположному мнению — характер движения и расположение атомов есть результат специфического межатомного взаимодействия.

Последователи Фалеса Милетского исповедовали монизм¹, но при этом оказались довольно искушенными оппонентами. Например, Парменид, живший в V веке до н.э., мог утверждать примерно следующее: «Все во Вселенной сделано из одной субстанции, поэтому невозможно представить себе «ничто». Но субстанция в своем движении должна занимать место, где прежде было «ничто», которого, по сути, быть не может. Следовательно, любое движение и изменение, которое мы видим вокруг нас, — это иллюзия».

Концепция малых изменений

Новая теория атомизма в своем развитии преодолела это логическое противоречие. Первым ее начал разрабатывать Левкипп, но до конца ее довел Демокрит из фракийского города Абдеры.

Атомистика утверждает, что материю (субстанцию) невозможно до бесконечности делить на все более мелкие частицы. В конце концов вы дойдете до атомов — мельчайших, невидимых и неделимых «кирпичиков», из которых сложено все в мире. (Само слово «атом» переводится с древнегреческого языка как «неделимый».) Любые изменения в природе заключаются в том, что атомы просто меняют свое расположение. Однако идея того, что материя состоит из двух и более составляющих, не уничтожала монизм, и Демокрит предположил, что не все атомы одинаковы. Получалось, что свойства материи на больших масштабах могут быть объяснены составляющими ее атомами в малом масштабе. Например, жидкая вода может быть составлена из гладких, округлых атомов, которые с легкостью скользят относительно друг друга. Твердые тела могут состоять из атомов с крючками, которые цепляются друг за друга. Приписывали атомам и вкус. Так, атомы соли считались особенно солеными, чем и объяснялся ее резкий вкус. Даже душа, по мнению Демокрита, состояла из атомов. Только они были столь малыми, что могли свободно проникать сквозь твердые тела. Атомистика оставалась без доказательств вплоть до 1800-х годов, когда были получены первые свидетельства существования атомов.



Демокрит запомнился современникам своим жизнелюбием и даже получил прозвище «Смеющийся Философ». Эта работа голландского художника Хендрика Тербрюггена, написанная в 1628 году, показывает Демокрита на пиру.

¹ Монизм — философское воззрение, согласно которому разнообразие объектов в конечном счете сводится к единому началу или субстанции.

4 Четыре элемента природы



На этой ксилографии XVI века показано, как во Вселенной из четырех элементов сочетаются представления о мужчине и женщине, о медицине, а также о субстанциях природы.

Оказалось, что низводящих все к воде монистических принципов Фалеса недостаточно, и философия распрощалась с монизмом.

Теперь философы полагались на более основательное, но все равно глубоко интуитивное предположение, что Вселенная состоит из набора простых субстанций, или элементов.

В IV веке до н.э. родился древнегреческий философ Аристотель, ставший учеником Платона и на многие века вперед установивший законы развития физики. К тому времени, когда эти два великих мыслителя западной цивилизации спорили, прогуливаясь в Афинах по оливковой роще около платоновской Академии, концепция монизма уже давно сошла с авансцены философии. Вселенная больше не представлялась в виде круговорота льда, воды и пара. Напротив, на первый план вышла старая идея, появившаяся в цивилизациях Месопотамии и Египта и отразившаяся в мифологических представлениях Индии и Китая. А в V веке

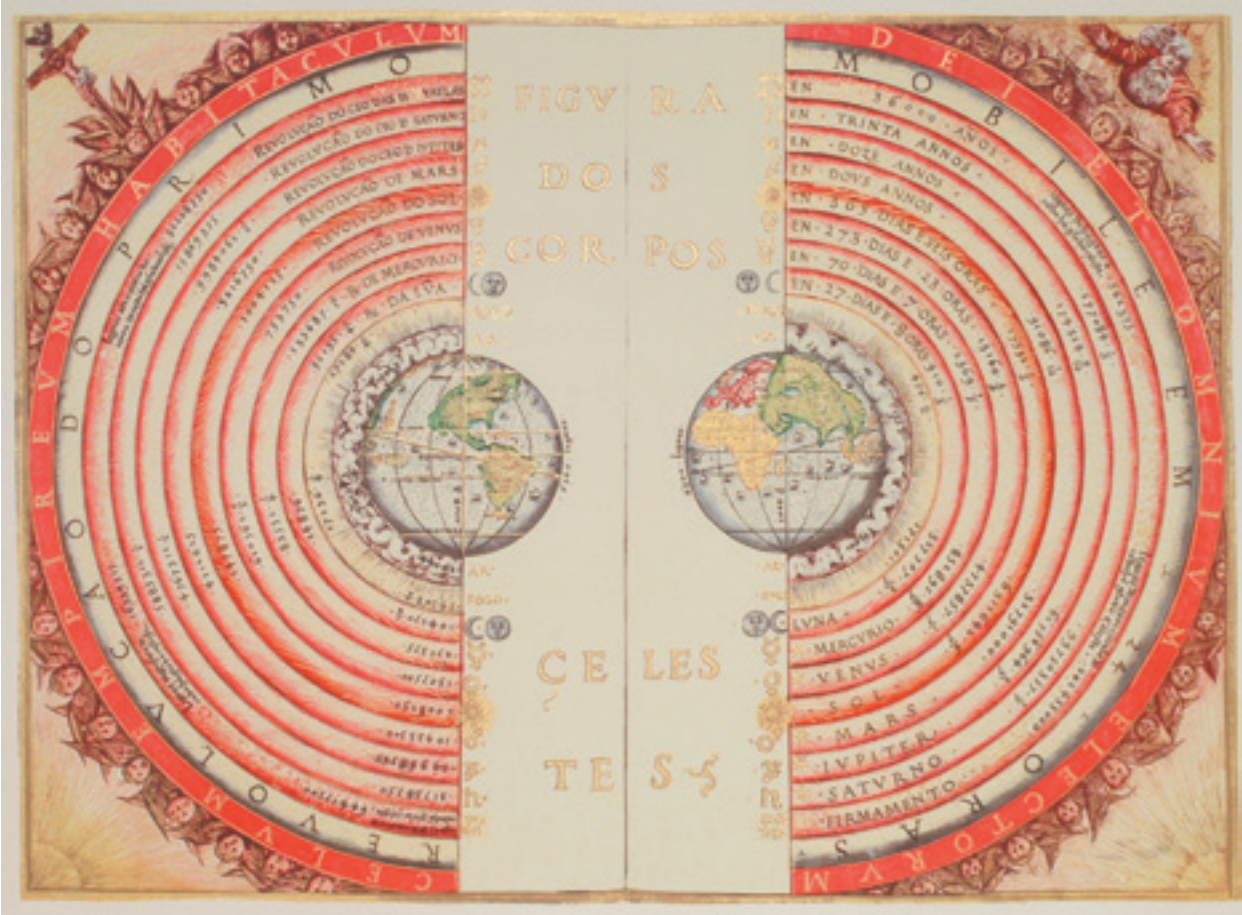
до н.э. Эмпедокл обновил старые идеи, но уже на греческой «почве». Он полагал, что природа действительно состоит из нескольких фундаментальных субстанций — земли, воды, огня и воздуха. Эти субстанции, по-гречески называемые «*stoikheion*»¹, сейчас принято называть стихиями.

Природа всего

Идея о том, что все на свете состоит из смеси двух или более элементов, понравилась. В те времена казалось, что четыре элемента — это тот минимум, которого вполне хватало для объяснения наблюдаемой природы вещей. Влажность была свидетельством

¹ Греческое слово «*stoikheion*» означает «первопринцип», «материя в своей базовой форме».

К 1543 году прошло уже больше десятилетия после того, как Николай Коперник опубликовал доказательство того, что Земля вращается вокруг Солнца. Однако на этой португальской схеме устройства Вселенной показаны прежние аристотелевы сферы, где Земля покоится в центре.



Фрагмент фрески «Афинская школа» работы Рафаэля (1511), в станце делла Сеньятура Ватиканского дворца. Показаны Платон (слева) и Аристотель (справа). Они являются центральными фигурами и окружены множеством других великих мыслителей. Жестикулируя, Платон показывает вверх, поскольку полагает, что реальность основывается на «формах», которые нельзя почувствовать. Аристотель показывает вперед. Он живет «здесь и сейчас», и весь мир для него открывается в чувствах.



присутствия элемента воды, жар — огня, мягкость — воздуха, а твердость — земли.

Этот излишне самонадеянный подход также распространился и на медицину. Мы до сих пор склонны к таким суждениям. Так, многим из нас доводилось слышать, что «воздушная» кровь делает людей легковесными сангвиниками, а «водная» — флегматиками. Желтая желчь рождает в нас ярость, тогда как земной холод черной желчи приводит нас в состоянии меланхолии. В донаучный период медицина занималась тем, что гармонизировала эти четыре «настроения».

Слоистая Вселенная

Эмпедокл утверждал, что элементы объединяются друг с другом и разъединяются согласно силам любви и, соответственно, ненависти. Эта вечная борьба за гармонию и вызывает изменения во Вселенной. Платон полагал, что материальный мир — это иллюзия, обман со стороны наших чувств, а элементы были и остаются совершенными, не тронутыми временем формами. Потом пришел Аристотель, который попытался объединить эти платоновские идеи, и результатом стала теория о том, что элементы стремятся к своей чистоте, отчего происходят изменения в природе. Это доказывалось слоистым устройством нашей планеты, что в дальнейшем было распространено на всю Вселенную. На нижнем уровне была Земля, а именно твердая каменная опора под ногами. Дальше шла вода, формирующая океан, воздух и, наконец, кольцо огня вокруг планеты. Дождь в данной теории вызывался тем, что вода искала в этой системе свое место, а вулканическая лава представляла собой смесь воздуха, воды и огня, стремящихся убежать от земли. Эти четыре элемента «подлунного» мира простирались до Луны. За Луной располагались концентрические оболочки Солнца, планет и звезд, состоящие из эфира, небесного пятого элемента. Эта аристотелева Вселенная считалась научной истиной вплоть до XIX века.

КИТАЙСКОЕ МИРОУСТРОЙСТВО

Идея фундаментальных элементов на Востоке имела свои особенности, которых не было на Западе. Классическая китайская философская мысль выделяла другие пять элементов — земля, огонь, дерево, металл и вода. Воздуха среди них не было. Сам термин «элемент» на Востоке понимался немного иначе. Там эти пять элементов также были фундаментом, однако они представляли этапы в бесконечном цикле роста, смерти и обновления. Дерево кормит огонь, огонь создает землю (пепел), земля порождает металл (руда), металл переносится водой (водонепроницаемые сосуды плавают), а вода стимулирует рост деревьев.



ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Правильный многогранник представляет собой трехмерный объект, в котором одинаковы все стороны, грани и углы. Самым очевидным примером является куб, однако существует и четыре других — тетраэдр, октаэдр, додекаэдр и икосаэдр. Эти пять многогранников больше известны как Платоновы тела. Отчасти это потому, что Платон верил, что такие совершенные геометрические формы (к тому же их немного) должны быть связаны с «тканью» Вселенной. Платон предположил, что первые четыре тела соответствуют форме четырех элементов природы. Но как же быть с пятым, икосаэдром с 20-ю гранями? Может быть, это всепроникающий эфир — еще один элемент, который заполняет пространство между остальными? Идея пятого элемента, или же «квинтэссенции» (слово «квинтэссенция» пошло от латинского *quintus*, означающего «пять»), и символизирует нечто наиболее существенное, продержалась в физике необычайно долго. Так, эфир все еще фигурировал в некоторых теориях даже на пороге XX века.

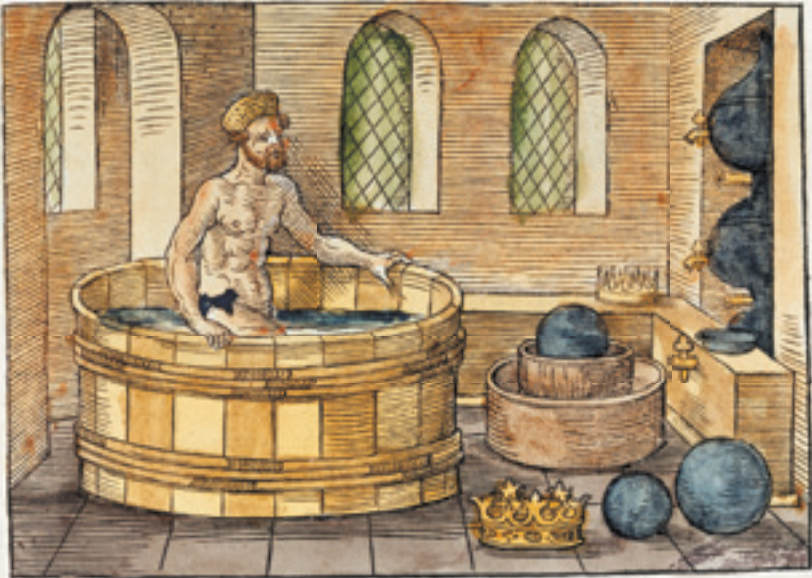
5 Эврика! Закон Архимеда

Многие ученые древности сумели изменить мир, но наибольший вклад принадлежит Архимеду.

Одно из своих самых известных и великих достижений он совершил, погрузившись в ванну.

Действительно, почему твердые тела плавают? Когда мы познаем мир вокруг нас, этот вопрос часто поднимается в первые строчки нашего списка. Но ответ на этот вопрос был получен вовсе не с целью познания природы. Напротив, он был решен в ходе древнего дела о мошенничестве. Развязку истории легенда относит к общественным термам (банным) в городе Сиракузы — одной из первых эллинских колоний на восточном берегу острова Сицилия. Именно там великий изобретатель древности Архимед испытал свое первое в жизни озарение. Оттуда пошло и знаменитое слово «Эврика!», которое переводится с древнегреческого языка как «Нашел!». Но что же Архимед искал?

Эту историю полнее всего пересказал в 15 году до н.э. — т.е. 250 лет спустя — Витрувий, римский архитектор и механик, ученый-энциклопедист и большой почитатель Архимеда. Тиран Сиракуз Гиерон II заказал себе золотую корону, чтобы носить ее как дар богов. Но, получив корону, он заподозрил мастера в том, что тот добавил в золото другой металл. Желая узнать истину, Гиерон обратился к Архимеду, считавшемуся самым умным в городе человеком, но запретил ему плавить корону или разрезать ее. Это заставило Архимеда искать иные пути решения.



Шутливая ксилография 1547 года показывает кульминационный момент этой истории. Архимед собирается принимать ванну, причем на полу комнаты лежат металлические шары и драгоценная корона. Обратите внимание на концентрическую конструкцию. Внешний круг должен собрать воду, которая будет вытеснена тонущим предметом из внутреннего.

Банный день

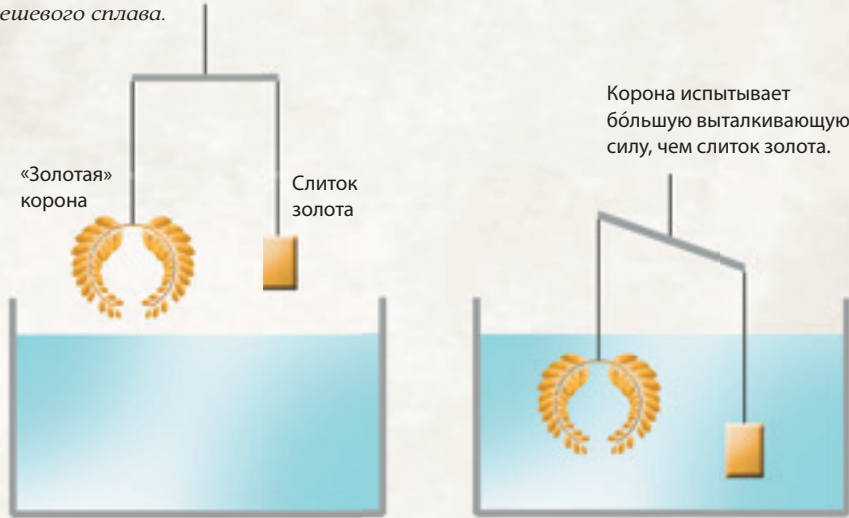
Итак, Архимеду потребовалось рассчитать плотность металла, из которого была сделана корона. Сравнив плотность чистого золота с полученной величиной, он мог бы ответить на вопрос Гиерона. Легенда рассказывает нам о том, что однажды Архимед окунулся в ванную, увидел, как его тело вытесняет воду, и его осенило, что в этом и кроется ответ. Если опустить корону в воду, она вытеснит ровно такой объем воды, какой имеет сама. Поделив массу короны на ее объем, можно узнать ее плотность. Эврика!

Метод гидростатического взвешивания, как сказали бы в наши дни, показал, что коварного Гиерона действительно хотели обмануть. Плотность короны свидетельствовала о том, что она была сделана из сплава серебра и золота.

Почему предметы плавают

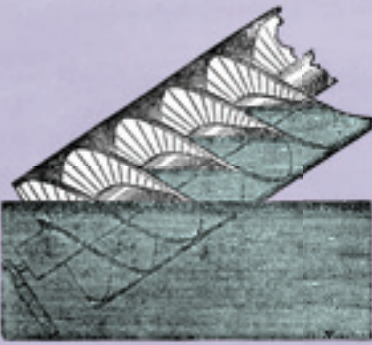
Архимед не оставил этой загадки и решил разобраться во всем до конца. Примерно в 250 году до н.э. он написал труд «О плавающих телах», в котором утверждал: «Любое плавающее тело вытесняет воду соответственно того, сколько весит само». Более полная версия этого утверждения в настоящее время носит название гидростатического закона Архимеда, который гласит: «На тело, погруженное в воду, действует сила выталкивания соответственно весу этого тела и вытесненной им воды». Если тело может полностью погрузиться под воду, но не лечь на дно, значит, вес вытесненной воды равен весу самого тела, и оно будет плавать под водой. (Плотность такого тела равна плотности воды.) Если вес тела будет больше веса вытесняемой воды, то тело утонет. Силы выталкивания будет недостаточно, чтобы противостоять силе тяжести (иначе называемой весом). Если же вес тела меньше веса вытесняемой им воды (т.е. плотность тела меньше плотности воды), тело будет плавать на поверхности воды. Вполне очевиден вывод, что движение тела в воде (или его отсутствие в случае нейтральной плавучести) является результатом действия противоположно направленных сил. В полной мере ценность этой идеи людям еще только предстоит оценить.

На этом рисунке показано, как Архимед решил задачу с короной. Решение оказалось настолько простым, что ученый даже воскликнул: «Эврика!» Если бы корона была сделана из чистого золота, то выталкивающая ее из воды сила была бы такой же, как и у куска чистого золота того же веса. Но корона вытеснила больше воды, чем слиток золота, значит, ее должна выталкивать большая сила. Стало быть, корона сделана из менее плотного и более дешевого сплава.



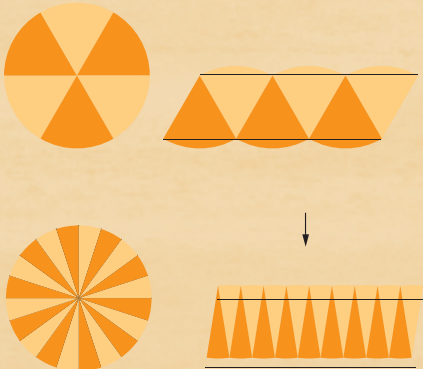
АРХИМЕДОВ ВИНТ

Это удивительное изобретение приписывают Архимеду, но оно ему не принадлежало. Сейчас полагают, что этот винт был изобретен в Египте и использован в Вавилоне для полива висячих садов Семирамиды. И лишь потом через Грецию он попал в Европу. На взгляд человека неискушенного, архимедов винт нарушал законы тяготения, заставляя воду течь снизу вверх. Однако в этом не было ничего удивительного, учитывая, что это был огромный винт, по резьбе которого при его вращении вода поднималась вверх. Столь эффектное зрелище воспринималось людьми как чудо.



ВЫЧИСЛЕНИЕ ЧИСЛА ПИ

Число пи, обозначаемое греческой буквой π , представляет собой отношение длины окружности к ее радиусу. Измерение этого соотношения наложением дело непростое, так как эти две длины никак не сопоставить. Вавилоняне пришли к оценке 3,125 (3 и 1/8), тогда как в Египте получили значение 256/81 (3,16). Чтобы ответить на этот вопрос, Архимед вооружился самым мощным инструментом греков — геометрией. Он представил круг в виде правильного многоугольника с большим числом сторон. Добавляя еще стороны к многоугольнику, он рассчитывал его периметр и сумел приблизиться к точному значению длины окружности. Затем Архимед рассчитал число пи. Он начал свои расчеты с шестиугольника, затем четыре раза удваивал количество сторон и закончил с 96-сторонним многоугольниками, вписанными в круг и описанными. Это дало ему значение числа π между 3,140845 и 3,142857. Результат, не превзойденный за последующие 500 лет.



Преобразуя круг в многоугольник с все большим числом сторон, вы будете все больше приближаться к точному значению длины окружности. Однако никогда не дойдете до точного значения.