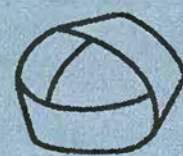


ВЫПУСК

104

Библиотечка КВАНТ



А.Н. Васильев

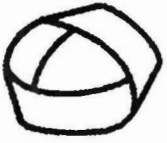
*История науки
в коллекции монет*



Б Ю Р О



КВАНТУМ



БИБЛИОТЕЧКА

КВАНТ

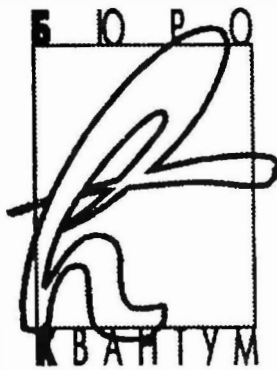
ВЫПУСК

104

Приложение к журналу
«Квант» № 6/2007

А.Н. Васильев

*История науки
в коллекции монет*



Москва

2007

УДК 530.1
ББК 530.1:1
В19

Серия
«Библиотечка «Квант»
основана в 1980 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Б.М.Болотовский, А.А.Варламов, В.Л.Гинзбург,
Г.С.Голицын, Ю.В.Гуляев, М.И.Каганов, С.С.Кротов,
С.П.Новиков, Ю.А.Осипьян (председатель),
В.В.Произолов, Н.Х.Розов, А.Л.Стасенко, В.Г.Сурдин,
В.М.Тихомиров, А.Р.Хохлов,
А.И.Черноуцан (ученый секретарь)

В19 Васильев А.Н.

История науки в коллекции монет. – М.: Бюро Квантум, 2007. – 224 с. (Библиотечка «Квант». Вып. 104. Приложение к журналу «Квант» № 6/2007.)

ISBN 978-5-85843-070-4

В книге собраны материалы о физиках и математиках, представленных на монетах и банкнотах мира. По существу эта книга – об истории науки, хотя основой для ее написания послужила авторская коллекция монет и банкнот, посвященных ученым разных времен и народов.

Книга составлена по материалам, опубликованным в журнале «Квант» в рубриках «Из истории науки» и «Физики и математики на монетах мира».

Для учащихся и учителей средних школ, лицеев и гимназий, для членов и руководителей кружков и факультативов, а также для всех тех, кому интересна не только сама наука, но и ее история.

ББК 530.1:1

ISBN 978-5-85843-070-4

© Бюро Квантум, 2007

ПРЕДИСЛОВИЕ

Когда журнал «Квант» в начале 1998 года объявил новую рубрику «Физики на монетах мира», моя коллекция банкнот и монет по этой теме насчитывала несколько десятков экземпляров. Казалось, что собрано все или почти все, и материала для публикации хватит на несколько номеров журнала. Прошло десять лет, за эти годы коллекция расширилась многократно. На момент выхода данной книги она состоит из 237 памятных и регулярных монет и 114 банкнот.

К настоящему времени складывается впечатление о неисчерпаемости темы. Монетные дворы государств во всех частях света как бы соревнуются в издании все более ярких нумизматических памятников, посвященных выдающимся физикам, математикам, астрономам и изобретателям от седой древности до наших дней. К монетам и банкнотам добавились нотгельды – суррогаты денег в годы инфляции. «Списочный состав» знаменитых ученых превзошел 120 человек – как за счет «недосмотра» в выпусках прошлых лет, так и за счет появления «новых» имен.

Их находок последних лет можно отметить изящную банкноту времен гражданской войны в Северной Америке с изображениями Архимеда и Франклина или целую серию банкнот Шотландии, на которых представлен Уильям Томсон (лорд Кельвин). Изречение поэта и философа Омара Хайяма встретилось на нотгельде, посвященном шахматисту и математику Адольфу Андерсену. Итальянский монетный двор порадовал монетой, посвященной юбилею Джордано Бруно, а монетный двор Ирландии – монетой к юбилею Уильяма Гамильтона. Оказалось, что граждане свободного города Данциг использовали в обращении банкноту с изображением Яна Гевелия. Пришло осознание того факта, что многие прославленные государственные деятели, натуралисты и мореплаватели добились выдающихся результатов в математике и астрономии. Так, список пополнился именами Хорхе Хуана де Сантасилья, Луи Бугенвилля и Томаса Джефферсона. Даже монеты, посвященные монаршим особам, Раме IV и Наполеону Бонапарту, появились в коллекции благодаря увлечению августейших особ естественными науками.

Развитием темы о физиках и математиках на монетах и банкнотах мира стала коллекция, посвященная университетам.

Иногда эти темы пересекаются. Платон и Аристотель беседуют на ступенях Афинской Академии, как показано на итальянской банкноте. На австрийской банкноте с одной стороны представлен портрет Эрвина Шрёдингера, а с другой стороны – здание Венского университета. 275-летие Санкт-Петербургского университета было отмечено выпуском юбилейной монеты, на которой изображены портреты Ухтомского, Смирнова, Фока и Менделеева.

Изучение планов монетных дворов мира позволяет смотреть в будущее с оптимизмом. Так, только в России уже в ближайшее время выйдут в свет монеты, посвященные Нобелевским лауреатам по физике Льву Ландау и Илье Франку. Можно надеяться, что и многие другие блистательные деятели мирового естествознания будут удостоены этой чести.

Книга, которую вы держите в руках, составлена по материалам, опубликованным в журнале «Квант» в рубриках «Из истории науки» и «Физики и математики на монетах мира». Если эта книга вызовет дополнительный интерес широкой публики и монетных дворов к физике, математике и астрономии, автор будет считать свою задачу выполненной.

А.Н.Васильев

МАТЕМАТИКА ДРЕВНОСТИ И ПИФАГОР

Древнегреческий математик Пифагор (около 570 – около 500 до н.э.) является основателем философского учения, исходившего из представления о числе как основе всего существующего. Считается, что пифагорейцы признавали только рациональные числа. Однако памятная монета Уганды, посвященная Пифагору, представляет собой равнобедренный прямоугольный треугольник, гипотенуза которого никоим образом не находится в рациональном отношении к катетам ($\sqrt{2} = 1,4142\dots$). Такой треугольник, разумеется, подчиняется знаменитой теореме Пифагора, но не описывается рациональными пифагоровыми триадами (например, 3–4–5 или 5–12–13).



Пифагор, 2000 шиллингов, Уганда, 2000 г.

Пифагорейцы и сами, по-видимому, понимали, что не все удастся описать рациональными числами, но пытались скрыть это важное обстоятельство, как противоречащее гармоническому устройству мира. Действительно, как можно провозглашать число мерой всех вещей, коли сама эта мера толком не определена. Математики наших дней полагают, что множество действительных чисел образуют множество рациональных и множество иррациональных чисел. При этом если рациональные числа можно пересчитать, то иррациональные числа не поддаются пересчету. К таким числам относятся, например, основание натурального логарифма $e = 2,71828\dots$ или же число $\pi = 3,141596\dots$

Ладно если бы понятия иррациональных и рациональных чисел затрагивали лишь математические проблемы, но теория чисел в те времена касалась самих основ человеческого существования. Так, Пифагор полагал, что единица является всеобщим первоисточником, что мужские числа нечетны, а женские, наоборот, четны. Простые числа в представлении пифагорейцев являлись мужественными, а композитные, т.е. составленные из простых чисел, – женоподобными.

Знание – сила: столь глубокие познания в точных науках,

разумеется, не могли безвозмездно передаваться широкой общественности. Еще жрецы Древнего Египта держали в повиновении простой люд способностью предсказать солнечное затмение или предусмотреть засушливый год. Именно у египтян Пифагор перенял склонность к созданию закрытых мистических обществ.

В Египет Пифагор приехал сложившимся ученым в возрасте около 35 лет. Равно как и сейчас, времена тогда в Средиземноморье были очень беспокойными. На десятый год пребывания Пифагора в Египте персидский царь Камбиз II вероломно напал на Египет и в качестве трофея увез математика в Вавилон. Не менее пяти лет Пифагор провел в вавилонском плену, но и здесь он не терял времени даром. У местных специалистов он перенял их древние ритуалы, достиг совершенства в точных и изящных науках, и в 520 году до н.э. возвратился в Самос.

Увы, нет пророков в своем отечестве. Не найдя понимания у соплеменников, Пифагор отбыл в южную Италию, которая представлялась тогда грекам чуть ли не краем света. Здесь Пифагор основал философскую и религиозную школу, адепты которой полагали математику лежащей в основе всего сущего. Конечно, занятия математикой в понятии пифагорейцев сильно отличались от таковых в современных представлениях. Никто из них даже не пытался формулировать или разрешать математические проблемы. Скорее, они интересовались самими принципами математического мышления, концепциями чисел и геометрических фигур, абстрактной идеей доказательства. Пифагор, в частности, полагал, что все связи и взаимодействия в подлунном мире сводятся к соотношению простых чисел, и эти соотношения он пытался установить.

Наиболее крупным достижением Пифагора явилось доказательство теоремы, названной впоследствии его именем. Следует понимать, однако, что формулировка «квадрат гипотенузы в прямоугольном треугольнике равен сумме квадратов его катетов» вовсе не предполагала тогда перемножения чисел самих на себя. Речь шла скорее о геометрических квадратах, построенных на катетах этого треугольника, и последующем разрезании их на части так, чтобы они заполнили квадрат, построенный на гипотенузе. Пифагорейцы знали о правильных многогранниках (регулярных телах) и задолго до Декарта пытались решать алгебраические уравнения геометрическими методами.

Пифагор умер в изгнании, но дело его жизни продолжается и сейчас. Теория чисел в настоящее время образует один из важнейших разделов математики, а математика, как и предполагалось пифагорейцами, стала основой всех естественных наук.

ДЕМОКРИТ И УЧЕНИЕ ОБ АТОМАХ

Создатель атомистической теории Демокрит прожил девяносто (или сто двадцать?) лет – приблизительно с 460 до 370 года до н.э. Согласно Диогену Лаэртскому, маленький Демокрит часами просиживал на коленях персидских астрономов, возвращавшихся с Дариевыми войсками через его родную Абдеру домой. Полученных от персидских волшебников знаний юному Демокриту явно не доставало, да и в округе спросить было некого. После смерти отца, богатого комедианта, Демокрит отправился в поисках истины в дальнее путешествие. Дорожные расходы по замкнутому маршруту Греция – Египет – Эфиопия – Персия – Индия – Греция с лихвой перекрыли полученное им наследство, так что насущный хлеб он вынужден был добывать публичными лекциями.

Петроний (год рождения неизвестен – 66 н.э.) через пятьсот лет как-то вспоминал, что особенно хорошо Демокриту давались благоприятные прогнозы погоды, которая в те безмятежные времена и впрямь не оставляла желать лучшего. Местные жители доверяли ученому и неоднократно предлагали ему заняться общественно полезным трудом. Однако, как и подобает мыслителю, Демокрит решительно отвергал эти поползновения и предпочитал тихую жизнь затворника в башне из слоновой кости.

Некоторые полагают, что в этой башне Демокрит проводил свободное время в поисках философского камня. Эта гипотеза, однако, не выдерживает критики, просто проецируя мечты средневековых алхимиков на седую древность. Также не задокументированы беседы Демокрита с Гиппократом (около 460 – около 370 до н.э.), в которых предположительно шла речь о душевных расстройствах мыслителя. Особенностью характера Демокрита являлась привычка подтрунивать над людскими



Демокрит, 10 драхм, Греция, 1984 г.



Демокрит, 1 эю, Греция, 1997 г.

слабостями. Современник Петрония Сенека (около 4 до н.э. – 65 н.э.) писал, что философ редко появлялся на публике, без того чтобы не насмеяться над кем-нибудь. Трудно поверить и в то, что, согласно легенде, к концу своих дней Демокрит ослепил себя с помощью увеличительного стекла. Во-первых, неясно, где он мог его взять, а во-вторых, историки полагают, что в этой ситуации ему трудно было бы писать книги и препарировать для научных целей животных. Из семидесяти написанных им книг, не говоря уже о препарированных животных, не сохранилось ни одной, так что неопровержимые данные о жизненном пути первого атомиста передавались из уст в уста.

Собственно, атомистическая теория возникла в противовес гипотезе элеатов о том, что «все одно и то же». Элеаты – представители философской школы, основанной в Элее. Главными апологетами этой школы были Парменид и Зенон. Элеаты учили о единстве всего сущего, об иллюзорности воспринимаемого чувствами мира явлений. Из этой реакционной гипотезы вытекало, что всяческие изменения и продвижение к лучшему не более чем иллюзия. Парменид же вообще сказал, что и меняться некуда, потому что нет никакого вакуума (если есть нечто, что является ничем ...), чем окончательно запутал дело.



Демокрит, 100 драхм, Греция, 1967 г.



Демокрит, 20 драхм, Греция, 1955 г.

Для прояснения ситуации потребовался весь гений философа-материалиста. Для противостояния Пармениду Демокрит выдвинул концепцию атомов, движущихся в пустом пространстве. Постулатом об этом пространстве в отсутствие атомов сразу же было доказано и существование вакуума. Чтобы преодолеть трудности в определении точки отсчета времени, Демокрит предположил, что такой точки вообще никогда не было, поскольку наблюдаемая в настоящий момент материя существовала всегда, равно как всегда существовало и вечное движение. Справедливости ради, следует отметить, что даже Ньютон, два тысячелетия спустя, не смог проследить до конца логику опередившего свое время грека.

Уже в наши дни стало ясно, что Демокрит нимало не беспокоился о разрешении парменидова парадокса. Он просто игнорировал его. Этот плодотворный метод дискуссии позволил ему, не отвлекаясь на докучные споры, сформулировать понятия движения и изменения. Изменения, как указал он, подтверждаются наблюдениями, а поскольку чувства нас не обманывают, изменения эти реальны. Так было покончено с элеатами и с Парменидом.

Никому из предшественников Демокрита не удалось сформулировать удовлетворительное описание материи. Лишь он, опираясь на разум и чувства, показал, что природа состоит из бесконечно большого числа чрезвычайно малых частиц, названных атомами, т.е. неделимыми. Согласно воззрениям атомистов, полностью заполненные изнутри атомы размещаются в пустоте. Атомы различаются формой и размером и находятся в постоянном хаотическом движении. В качестве поэтического образа для описания этого движения Демокрит выбрал полет мошкары в ясный солнечный день при отсутствии ветра. Движущиеся атомы

неизбежно сталкиваются в пространстве, что в некоторых случаях заставляет их отклоняться от исходного направления. В другой ситуации атомы могут слипаться при столкновениях, образуя доступные наблюдению комплексы. Сегодня неясно, считали ли атомисты первичными элементами воду, воздух, огонь и землю, но они правильно указали, что все эти сущности состоят из мельчайших частиц.

Материалистические воззрения Демокрита не получили широкого распространения у современников и ближайших последователей. Платон (428 или 427 – 348 или 347 до н.э.), например, никогда не ссылался на Демокрита, а Аристотель (384 – 322 до н.э.), сам не во всем согласный с Платоном, отвергал вакуум («природа не терпит пустоты») и склонялся к мысли о бесконечной делимости материи. В то же время, теория Демокрита, несмотря на негативное отношение к ней перипатетиков (представителей философской школы, основанной Аристотелем), была бережно сохранена древними греками и из рук в руки передана древним римлянам. А уж те позаботились донести ее до средневековых ученых схоластов. Последующие исследования лишь укрепили и развили заложенные в античности атомистические представления.

За последние две с половиной тысячи лет неоднократно высказывалась мысль о том, что Демокрит не оригинален. Идея о невозможности бесконечного деления вещей принадлежит, мол, не ему, а его научному руководителю – Левкиппу (5 в. до н.э.), о котором достоверно известно лишь то, что он предположительно существовал. Дабы не умножать число сущностей сверх всякой разумной меры, Левкиппа и Демокрита обычно изображают в виде одного человека.

ЧЖЕН ШЕНЬ И ПЕРВЫЙ СЕЙСМОГРАФ

При дворе императоров династии Хань во I–II веках нашей эры в Сиани проживал астроном и математик Чжен Шень (Чжан Хэн, 78–139). Его взгляды на устройство Вселенной во многом предвосхищали будущие открытия Коперника, Кеплера и Галилея. Уже в год назначения на должность придворного астронома Чжен Шень изготовил небесный глобус, который чудесным образом приводился в движение энергией падающей воды, а скрытые механизмы позволяли регулировать скорость вращения этого глобуса.

Космос представлялся Чжен Шеню воплощением пустоты, в которой изредка попадаются разбросанные по ней небесные тела.

Солнце представлялось ему огнем, излучающим свет, а Луна – водой, отражающей его. Солнечные и лунные затмения, равно как и фазы Луны, он объяснял расположением Земли, Луны и Солнца относительно друг друга. По воспоминаниям современников, Чжен Шень придерживался гелиоцентрической системы мира, и его физическая картина устройства мира не допускала существования хрустальных сфер, столь популярных в средневековой Европе.

Чжен Шеню приписываются многие изобретения древнего Китая, в том числе и первого летательного аппарата. Однако его несомненным шедевром явилось создание в 132 году первого сейсмографа.

Эта многократно описанная конструкция представляла собой бронзовый сосуд диаметром около двух метров, по периметру которого располагались восемь драконов. Челюсти драконов раскрывались при вздрагивании, и в пасти у каждого был спрятан шар. Внутри сосуда находился перевернутый маятник с тягами, присоединенными к головам драконов. Когда в результате подземного толчка маятник приходил в движение, тяга,



Чжен Шень, 5 юаней, Китай, 1986 г.



Чжен Шень, 5 юаней, Китай, 1992 г.

соединенная с головой, обращенной в сторону толчка, раскрывала пасть дракона, шар из нее выкатывался и падал в открытый рот одной из восьми жаб, восседавших у основания сосуда. Прибор был настолько чувствительным, что улавливал подземные толчки, эпицентры которых находились за многие сотни километров от него. Например, однажды шар выпал из пасти одного из драконов, но жители Сиани не почувствовали никакого толчка.

А через несколько дней посланники из Кансу, который находится на северо-востоке Поднебесной, доложили императору, что у них произошло серьезное землетрясение.

Имеются отрывочные сведения о существовании сейсмографов в Персии XII века, но что касается Европы, то здесь сейсмограф был вновь изобретен лишь в начале XVIII века. Еще через полтора века Л.Пальмиери в Италии сконструировал ртутный сейсмограф, в котором U-образные трубки были расположены вдоль направлений сторон света (восток – запад, север – юг). При землетрясении ртуть замыкала электрические контакты в одной из трубок, в результате чего фиксировалось время события. Современные сейсмографы появились в конце XIX века. В них используется свойство инерции, т.е. способность сохранять первоначальное состояние покоя или равномерного движения. Главная часть сейсмографа – маятник, который представляет собой груз, подвешенный на пружине к кронштейну, жестко прикрепленному к корпусу. Корпус сейсмографа закреплен в твердой горной породе и при землетрясении приходит в движение. Барабан с бумажной лентой также прикреплен к корпусу сейсмографа. Когда почва при землетрясении колеблется, груз маятника отстает от ее движения.

Магнитуда землетрясения, т.е. интенсивность, оцениваемая по энергии сейсмических волн, в наши дни измеряется по шкале, предложенной американским сейсмологом Ч.Рихтером в 1935 году. По этой шкале наиболее сильные зарегистрированные землетрясения достигали почти 9 баллов.

Изобретение Чжен Шеня, конечно, не в состоянии предотвратить землетрясение, но его идеи заложили основы целого направления современной науки – сейсмологии.

ВОСТОЧНАЯ МУДРОСТЬ

Из великого множества восточных мыслителей и ученых средних веков на монеты и банкноты мира попали лишь аль-Фараби, Альгазен, Бируни и Авиценна. Каждый из них внес заметный вклад в развитие цивилизации, подхватив эстафету знаний от древних к современным ученым.

Абу Наср Мухаммад аль-Фараби (870–950), или Альфарабиус, был знаменит в свое время как выдающийся врач, музыкант, математик и глубокий последователь учения Аристотеля. Мир, в представлении Фараби, состоял из шести тел, среди которых были тела небесные, тела человеческие, тела животных, растения, минералы и простейшие тела. Классификация природных объектов на этом, однако, не заканчивалась, ибо они, в свою очередь, состояли из первоэлементов. В качестве таковых, как и повсюду в древности, выступали огонь, воздух, вода, земля и другие вещи того же рода. Различные сочетания первоэлементов, согласно Фараби, образуют вселенную: «...Действия элементов друг на друга объединяются с действиями на них небесных тел и образуются в результате бесчисленных комбинаций и сочетаний, которые, в свою очередь, производят в каждом виде многочисленные и чрезвычайно разнообразные явления. Таковы причины существования природных вещей, пребывающих под небесными сферами». Эта концепция мало чем отличается от современных воззрений, где материя представлена в основном полями различного происхождения и элементарными частицами.

Ученые эпохи аль-Фараби обладали, как правило, универсальными познаниями, да и он сам с честью проявил себя во многих дисциплинах. Придя к выводу, что подлинные знания дают лишь астрономия и математика, он выделил из них ариф-



Альфарабиус, 20 тенге, Казахстан, 1993 г.



Альфаробиус, 5000 тенге, Казахстан, 2003 г.

метику и теорию чисел, геометрию, оптику, науку о звездах (астрономию и астрологию), науку о тяжестях (статику) и науку о механизмах (механику). Каждую из этих наук Фараби подразделял на практическую и теоретическую: «Практическая изучает числа постольку, поскольку речь идет о числах считаемых, нуждающихся в определении их числа. Эту науку применяют в рыночных и гражданских делах. Теоретическая наука изучает числа в абсолютном смысле, отвлеченные разумом от тел и всего, что поддается в них счету. Арифметика проникает во все науки». То же самое касается и геометрии. «Теоретик, – писал он, – представляет себе линии в общем, отвлекаясь разумом от того, каково это тело. Он представляет себе геометрическое тело не как дерево, кирпич или железо, а вообще как геометрическое тело». Задолго до Декарта Фараби полагал алгебру наукой общей как для чисел, так и для геометрии, и писал, что она представляет собой разнообразные методы нахождения чисел или решений. Подразделение математических наук на практические и теоретические является, по сути, развитием идей Аристотеля о том, что математические понятия получаются путем абстракции из понятий реального мира.

К настоящему времени сохранилось около семидесяти научных работ аль-Фараби. В «Книге приложений» он изложил основные понятия о тригонометрических линиях и принципы составления тригонометрических таблиц. Наиболее интересным здесь является введение тангенса и котангенса в тригонометрическом круге, которые он определил как отрезки касательных к окружности. В этом сочинении он впервые сформулировал плоскую теорему синусов для произвольного треугольника. В

«Книге духовных искусных приемов и природных тайн о тонкостях геометрических фигур» Фараби изложил теорию геометрических построений. Особо интересными из них являются задачи на построение геометрических фигур с помощью циркуля и линейки, на преобразование многоугольника, а также задачи на построение геометрических фигур на сфере или, как говорят теперь, в сферических координатах. Арифметика, геометрия и тригонометрии используются многократно в трудах по теории музыки.

В «Трактате о звездах» Фараби дал классификацию более или менее вероятных событий, в частности ввел понятие «случайных событий», природа которых неизвестна. Эта классификация событий такова: невозможное, редко возможное, равновероятное, возможное в большинстве случаев, необходимое (достоверное). Идеи Фараби сыграли свою роль в формировании основных концепций теории вероятностей.

Наряду с точными науками аль-Фараби интересовался творческой деятельностью человека, проблемами политики и морали, теорией государства. Интересные мысли он высказывал и о проблеме пророчества. Для того чтобы стать пророком, считал Фараби, человек должен достичь определенного научного уровня. В этом плане пророчество по Фараби ничем не отличается от научного предвидения в современном понимании.

Как и многие ученые своего времени, аль-Фараби много путешествовал по миру. Родился он в небольшом поселении Фараб на Аму-Дарье, а умер в Сирии. Именем Фараби назван Казахский государственный университет, а его портрет украшает ряд монет и банкнот суверенного Казахстана.

Ибн аль-Хайсам, или в латинской транскрипции Альгазен (965–1039), занимает видное место в ряду арабских философов, физиков и математиков, среди которых аль-Хорезми, Омар Хайям и другие. Имя Альгазена символизирует колоссальный вклад арабских ученых в развитие точных наук. Написанная им семитомная монография по оптике оказала существенное влияние на развитие европейской науки и, в частности, на Роджера Бэкона, Леонардо да Винчи, Иоганна Кеплера и даже Исаака Ньютона.

Альгазен родился в Басре, а умер в Каире. В Египет он перебрался еще при верховном правителе аль-Хакиме, который поручил ему регулирование водного стока Нила. Эта затея закончилась неудачей, хотя много позже именно в выбранном им Асуане были построены плотины, избавившие егип-



Альгазен, 10 динар, Ирак, 1992 г.

тян от разрушительных наводнений. Невыполнение указаний халифа, который объявил себя к тому же земным воплощением бога, могло дорого обойтись выдающемуся ученому, так что последний предпочел объявить себя сумасшедшим. Этот прием (небесполезный и для современных естествоиспытателей) позволил Альгазену сконцентрироваться на научных исследованиях, благо незадолго до этого в Каире была воздвигнута мечеть аль-Азхар – по сути, первый университет мусульманского мира.

Из написанных Альгазеном 92 книг до нашего времени сохранились 55, которые показывают его ученым-энциклопедистом, автором основополагающих трудов по теории света, астрономии и математике. Ему, в частности, принадлежит формулировка знаменитой задачи (проблема Альгазена): «При заданном источнике света найти точку на сферическом зеркале, откуда свет отражается в глаз наблюдателю».

Оптическая монография Альгазена была переведена на латынь в 1270 году и получила название «Оптический тезаурус Альгазена» (*Opticae thesaurus Alhazeni*). Эта работа явилась важнейшим вкладом в оптику после знаменитого «Альмагеста» Птолемея. Уже в первой книге своего капитального труда Альгазен отмечал единую природу света, приводя в качестве его источников Солнце, огонь или отражения в зеркалах. В отличие от своих предшественников, он полагал, что свет излучается не из глаз наблюдателя, а непосредственно от объекта. Может быть, сегодня сама постановка такого вопроса представляется наивной, однако понимание этого в то время знаменовало колоссальный прогресс. Экспериментальные исследования Альгазена привели его к использованию камеры-обскуры

(черного ящика с небольшим отверстием), заложив тем самым основы современной фотографии.

Великий энциклопедист Востока Абу Рейхан Мухаммед ибн Ахмед аль-Бируни (973 – около 1050) полагал, что «всеведение Аллаха не оправдывает нашего невежества», и всю жизнь посвятил накоплению знаний. Его интересовали астрономия и география, математика и физика, геология и минералогия, химия и ботаника, история и этнография, философия и филология, и в каждую из этих наук он внес заметный вклад. Как ни удивительно, период великих исторических потрясений на Среднем Востоке совпал с расцветом науки и культуры, так что в одно время с Бируни творили многие выдающиеся ученые, включая аль-Хорезми и Авиценну.

Родился Бируни в южном Хорезме на землях нынешнего Каракалпакистана (страны Черного Колпака) в городе Кят, который в настоящее время носит его имя. Как и многие образованные люди того времени, он писал на арабском языке (что напоминает ситуацию с использованием латыни в средневековой Европе). При дворе местного шаха Мамуна Бируни возглавлял Академию, а после завоевания Хорезма султаном Махмудом переехал в Газни – на территорию нынешнего Афганистана. Переезд ученого к новому месту жительства не был вполне добровольным, ибо султан рассматривал его в качестве некоего трофея. Вместе с тем, правитель создал для Бируни вполне приемлемые условия для работы, а также брал его в свои военные походы. Результатом таких походов в Индию стал фундаментальный труд «Разъяснение принадлежащих индийцам учений, приемлемых разумом или отвергаемых». Эта монография сыграла важнейшую роль в сближении различных культур средневековья, причем Бируни не только знакомил фарсидов и арабов с индийскими достижениями, но и переводил на санскрит труды древних греков. Основываясь на изучении летоисчисления разных народов, Бируни предложил общие принципы составления календарей, заложив тем самым основы новой науки – хронологии.



Бируни, 100 сом, Узбекистан, 1999 г.

После смерти султана Махмуда в 1030 году трон занял его сын Масуд, щедро одаривший философа своими милостями. В 1036–1037 годы Бируни написал свой главный труд – «Канон Масуда». Эта работа посвящена астрономии и математике, ибо именно эти науки определяли успех в поливном земледелии и торговых путешествиях. В указанных дисциплинах достижения Бируни оставались непревзойденными в течение нескольких веков. Он внес вклад в расширение понятия числа, теорию кубических уравнений, сферическую тригонометрию, составил тригонометрические таблицы. Им был изготовлен самый крупный стенной квадрант, позволявший измерять положение Солнца с точностью до $2'$, дано точное определение наклона эклиптики к экватору и векового изменения этой величины. По степени понижения горизонта при наблюдениях с горы им был предложен новый метод определения радиуса Земли и была практически точно определена эта величина (~ 6400 км). Явление утренней и вечерней зари Бируни объяснял как следствие свечения пылинок в лучах скрытого за горизонтом Солнца. Бируни допускал, что Земля вращается вокруг своей оси. Понимая различие между «огненными телами» – Солнцем и звездами и темными телами – Луной и планетами, Бируни высказывал сомнения в справедливости геоцентрической системы мира Птолемея.

Абу Али аль-Хуссейн ибн Абдалла ибн Сина, или же в латинской транскрипции Авиценна (около 980–1037), прожил жизнь в обстановке исключительной политической нестабильности в государствах Центральной Азии.



Авиценна, 100 сом, Узбекистан, 1999 г.

Родился Авиценна в предместье Бухары, где его отец был одним из многочисленных наместников султана Мансура. Уже к шестнадцати годам Авиценна настолько преуспел в науках, в частности в медицине, что был призван ко двору Мансура. Здесь он излечил султана от какой-то неизвестной болезни и получил доступ к его уникальной библиотеке.

Близость к сильным мира сего, может быть, и оказала бы Авиценне неоценимую поддерж-

ку в научных изысканиях, если бы не изменения в политической ситуации. В 999 году Бухара пала под натиском турков, а Авиценна лишился своего могущественного покровителя. В последующие годы странствий Авиценна то возносился к вершинам власти, то оказывался в крайней немилости у очередного правителя. Бурная жизнь Авиценны завершилась в одном из военных походов, где все навыки в медицине не помогли ему справиться с желудочными коликами. Как и много позже в случае с великим датским астрономом Тихо Браге, существовало мнение, что философа просто отравили. Жизнь Авиценны прервалась в Хамадане, но через восемь месяцев после смерти он был перезахоронен в Исфагане.

Несмотря на столь хаотический образ жизни, Авиценна оставил обширное научное наследие из множества трактатов самого высокого уровня. Его наиболее важными трудами являются «Медицинский канон» и «Наука врачевания». Если пятитомный «Медицинский канон» действительно касается лишь сугубо медицинских проблем, то один из четырех томов «Науки врачевания» представляет собой энциклопедический свод познаний в арифметике, геометрии, астрономии и музыке. Каждое из этих направлений подразделяется, в свою очередь, на специальные дисциплины. Так, геометрия подразделяется на геодезию, статику, кинематику, гидростатику и оптику; астрономия делится на календарь, астрономические и географические таблицы; арифметика состоит из алгебры и индийского искусства сложения и вычитания; наконец, музыка подразделяется по музыкальным инструментам.

Что касается собственно геометрической части книги, то она, в основном, опирается на «Элементы» Евклида и рассматривает свойства линий, углов, плоскостей, а также регулярных много-

DA 7666163

20 1999



БОНКИ МИЛЛИИ
ТОҶИКИСТОН

20

БИСТ СОМОНИ



0

DA 7666163

Авиценна, 20 сом, Таджикистан, 1999 г.

гранников и многоугольников. Здесь обсуждаются также свойства круга и сферы, однако без упоминания об иррациональных числах. Как и многие другие арабские математики, Авиценна пытается дать обоснование пятому постулату Евклида, но его геометрия мало похожа на систему доказательств, вытекающих из заранее постулированных положений.

В каждый из более или менее стабильных периодов своей жизни Авиценна проводил астрономические наблюдения. В частности, он наблюдал Венеру как пятнышко на поверхности Солнца и заключил, что она ближе расположена к Земле, чем Солнце. Следующий шаг в этом направлении был сделан лишь в XVIII веке М.В.Ломоносовым, который, выполняя такое же наблюдение, обнаружил еще и существование на Венере атмосферы. Для определения координат звезд Авиценна изобрел инструмент, напоминающий современный верньер. Одна из его направляющих вращалась в горизонтальной плоскости, задавая азимут, а другая настраивалась в вертикальной плоскости, задавая высоту наблюдаемого объекта.

В своих физических изысканиях Авиценна затрагивал наиболее фундаментальные свойства окружающего мира. Он изучал различные формы энергии, в том числе тепло и свет; использовал такие концептуальные понятия, как вакуум и бесконечность. Исходя из того что свет представляет собой поток частиц от излучателя, он полагал, что скорость света конечна. Более того, в трудах Авиценны рассматриваются вопросы о взаимосвязи времени и движения, а также обсуждается проблема гравитации.

Важное значение Авиценна придавал классификации наук. Философия, согласно Авиценне, представляет собой общую форму научного знания, включающую спекулятивную и практическую философию. Спекулятивная философия подразделяется на физику (низшая форма), математику (средняя форма) и метафизику или теологию (высшая форма). В свою очередь, практическая философия делится у Авиценны на этику, экономику и политику. В целом философская система Авиценны не была оригинальной, скорее, он выказывал себя верным последователем Аристотеля с некоторыми заимствованиями из толкований аль-Фараби. Наиболее полно жизненная философия Авиценны характеризуется его собственным изречением: «Пусть река моей жизни будет скорее коротка и широка, нежели длинна и узка».

ИТАЛЬЯНЦЫ ЭПОХИ ВОЗРОЖДЕНИЯ

Возрождение, как одна из наиболее ярких страниц в истории цивилизации, традиционно охватывает XIV—XVI века в Италии и XV—XVI века в других странах Европы. Свое название этот период получил в связи с возрождением интереса к античному искусству и наукам, именно в эпоху Возрождения были заложены основы новой европейской культуры. Так, в архитектуре утвердились творчески переработанные принципы античной ордерной системы и сложились новые типы частных и общественных зданий. Живопись обогатилась линейной и воздушной перспективой, знанием анатомии и пропорций человеческого тела. Не менее впечатляющим оказался расцвет точных наук, причем многие представители Возрождения обладали столь глубокими познаниями в физике и математике и столь явным талантом в изящных искусствах, что определить их принадлежность лишь к одной из этих сфер человеческой деятельности не представляется возможным.

Из многочисленной кагорты итальянских физиков и математиков эпохи Возрождения на монеты и банкноты мира попали лишь Пьеро делла Франческа, Лука Пачоли и Леонардо да Винчи. Удивительным образом оказалось, что эти три человека последовательно связаны между собой как учитель и ученик: Пьеро обучал математике Луку, а Лука – Леонардо.

Пьеро делла Франческа (1420 – 1492), известный как знаменитый художник Раннего Возрождения, считался одним из наиболее компетентных математиков своего времени. До сих пор не потерял свою ценность его трактат «О перспективе в живописи», равно как «Счет» или «Книжица о пяти правильных телах».

«О перспективе в живописи» явилось, по сути, развитием принципов теоретика искусства



Пьеро делла Франческа, 500 лир, Италия, 1992 г.

того времени Леоне Баттиста Альберти (1404 – 1472), который в трактате «О живописи» писал: «... ничего не восхищает меня больше, чем математические исследования и демонстрации, особенно когда я могу обратить их на такие полезные занятия, как построение перспективы в живописи и перемещение тяжестей с помощью механических приспособлений».

Альберти и Франческа рассматривали в своих работах математические аспекты перспективы – техники, с помощью которой трехмерные объекты могут быть представлены на плоскости. Эти работы до сих пор не утратили своего значения, хотя, возможно, и потеряли актуальность для некоторых направлений современной живописи.

«Счет» представляет собой сборник математических упражнений, использовавшихся для преподавания арифметики, алгебры и геометрии. В этой книге, так же как и в «Книжице о пяти правильных телах», рассматриваются регулярные многогранники Архимеда, по существу представляющие собой усеченные многогранники Платона. Известные еще древним грекам пять правильных выпуклых многогранников — тела Платона — включают куб, тетраэдр, додекаэдр, октаэдр и икосаэдр. Отличительной чертой этих тел служит тот факт, что все их грани суть одинаковые правильные многоугольники и во всех их вершинах встречается равное количество одинаковых граней. Кубы, тетраэдры и октаэдры представляют собой строительные блоки многих кристаллов, додекаэдры и икосаэдры появляются при переходе от неорганического к органическому миру и встречаются, например, в некоторых вирусах и радиоляриях. Многогранники же Архимеда отличаются тем, что в их вершинах в одной и той же последовательности встречаются два или более видов правильных многоугольников. Архимедовы многогранники оказались вновь открытыми в эпоху Возрождения. Их полный набор был восстановлен в 1619 году Иоганном Кеплером, причем оказалось, что два из этих многогранников обладают асимметрией при замене «правого» на «левое», что есть проявление зеркальной асимметрии Вселенной на всех уровнях (вправо закрученные спиральные раковины, вправо закрученные молекулы ДНК и т.д.).

Ни одну из математических работ Пьеро делла Франческа не опубликовал под своим именем в эпоху Возрождения. Эти работы циркулировали в рукописях и стали известны благодаря включению в работы других авторов. Наиболее важную роль в этом отношении сыграли труды Луки Пачоли «Сумма» (1494 г.) и «Божественная пропорция» (1509 г.).

Лука Пачоли (1445–1514) родился в том же итальянском городе Сан-Сеполькро, что и его учитель Пьеро делла Франческа. Еще в юном возрасте Лука переехал в Венецию, а затем в Рим, где в 1470 году останавливался в доме Леоне Баттиста Альберти. С 1477 года Лука Пачоли начал преподавать математику в различных учебных заведениях, среди которых университеты Перуджи, Задара, Неаполя и Рима. Свою знаменитую «Сумму» – обзор известных сведений из арифметики, алгебры, геометрии и тригонометрии – Лука написал в Сан-Сеполькро, куда он вернулся в 1489 году. Многие разделы «Суммы» содержат пересказ известных ранее трудов Евклида, Фибоначчи и других авторов. Эта, опубликованная в Венеции, книга стала базисом дальнейшего развития европейской науки. Интересно отметить, что в части, касающейся азартных игр, «Сумма» излагает основы того, что в современной науке известно как теория вероятностей. В дальнейшем судьба Луки Пачоли тесно переплетается с судьбой Леонардо да Винчи. Леонардо состоял при Миланском дворе еще с 1482 года, а в 1496 году туда приехал и Пачоли.

С переездом в Милан Лука начал работу над второй своей знаменитой книгой «Божественная пропорция», причем иллюстрации к ней делал именно Леонардо. В первом из трех томов этого издания Лука обсуждает правильные (и неправильные) многогранники, анализирует «божественную пропорцию», или «золотое сечение». Разумеется, Леонардо не был простым иллюстратором книги, он принимал самое деятельное участие в ее обсуждении на всех этапах. Даже термин «золотое сечение», исходно введенный Птолемеом, был популяризирован Леонардо, который придавал важное значение гармоническим соотношениям в живописи, архитектуре и строении человеческого тела. Свое восхищение «золотым сечением» Кеплер, например, выразил в таких словах: «...в геометрии мы обладаем двумя сокровищами: теоремой Пифагора и «золотым сечением». Первое сопоставимо с золотом, а второе – с драгоценным камнем». По традиции, «золотое сечение» вводится в геометрии через построение правильных пятиугольников – как выпуклых, так и звезд-



Лука Пачоли, 500 лир, Италия, 1994 г.

чатых. Без этого сечения невозможно построение упоминавшихся выше додекаэдра (двенадцатигранника) и икосаэдра (двадцатигранника). Считается, что такие процедуры были известны еще в пифагорейских общинах. У пифагорейцев с правильным пятиугольником была связана мысль о таинственных силах, а в средние века пентаграмма играла важную роль в оккультных церемониях. Гуманизм Возрождения заключался, в частности, в том, что пентаграмма была выведена из ведения черной магии, а пропорции «золотого сечения» Леонардо усмотрел в строении человеческого тела.

Знаменитый живописец Леонардо да Винчи (1452–1519) создал бы, наверное, еще больше прекрасных картин, не будь он



Леонардо да Винчи, 1 крона, остров Мэн, 1995 г.

столь увлечен любезной его сердцу математикой. Хотя его должность при дворе Миланского герцога предусматривала занятия как живописью, так и инженерным делом, Леонардо решительно отдавал предпочтение последнему. Круг его интересов охватывал практически все естественные науки, он увлекался конструированием всевозможных приспособлений, военного оборудования и летательных аппаратов. В 1498 году Леонардо написал книгу по механике, а несколько

позже занялся астрономией и описал ряд оптических приборов. Он понимал, что Луна светится отраженным светом, и полагал, что, как и Земля, она располагает морем и сушей.

Автор знаменитой «Джоконды» оставил после себя более 4000 страниц бесценных рукописей по анатомии, зоологии, географии, геологии и палеонтологии (написанных, кстати сказать, с использованием криптографии справа налево). Трудно перечислить его труды по механике, гидравлике и аэродинамике. Завершить краткий рассказ о его научной деятельности можно физическим законом, носящим имя Леонардо.

Исследуя закон трения, он заложил основы научного направления, развитого впоследствии Амонтоном, Эйлером и Кулоном. Закон Леонардо, гласящий, что сила трения не зависит от площади контакта, был выведен им из экспериментов по перемещению бруска по наклонной плоскости. Укладывая брусок

разными гранями, Леонардо нашел, что необходимая для его смещения по плоскости сила определяется лишь весом бруска. К такому же выводу пришел позже и Гильом Амонтон (1663–1705) в экспериментах по смещению грузов по горизонтальной плоскости. Фактор пропорциональности между весом груза и силой трения он называл «фрикционной постоянной». Тогда как Леонардо изучал статическую силу трения, Амонтон работал с динамическими величинами.

Разница между динамическим и статическим трением была осознана лишь Леонардом Эйлером (1707–1783), а Шарлем Кулоном (1736–1806) были поставлены эксперименты по определению трения движения при разных скоростях.

Закон Леонардо выглядит очень парадоксальным. Интуитивно следовало ожидать, что сила трения окажется пропорциональной площади контакта. Этот парадокс разрешается тем, что геометрически видимая площадь контакта вовсе не соответствует реальной площади контакта. Эта реальная площадь намного меньше видимой, и она, разумеется, находится в прямом соответствии с силой трения.



Леонардо да Винчи, 10 евро, Италия, 2006 г.

«СОЛНЦЕ ОСТАНОВИЛ, СДВИНУЛ ЗЕМЛЮ»

Николай Коперник, великий польский астроном и математик, стоял у самых истоков научной революции Нового времени. Внешне жизнь Коперника не была богата событиями. Лишь постоянные притязания на северопольские земли соседнего Тевтонского ордена, угрозы, сменявшиеся грабительскими набегами и прямыми военными действиями, омрачали и услож-



*Николай Коперник, 20 злотых,
Польша, 1995 г.*

няли ее. За исключением лет учения в Кракове, а затем в Италии, Коперник почти всю сознательную жизнь провел в одном из удаленных уголков Польши — маленьком городке Фромборке, расположенном на побережье Балтийского моря. Именно здесь Коперником были выполнены исследования, влияние которых на умы людей и на последующее развитие науки трудно переоценить.

Основной заслугой Коперника было обоснование положения о том, что видимое движение Солнца и звезд объясняется не обращением их вокруг Земли, а суточным вращением самой Земли вокруг собственной оси и годичным обращением ее вокруг Солнца. Этим самым идее гелиоцентризма, высказанной еще в древности Аристархом Самосским, было дано научное обоснование и отвергнута господствовавшая до того геоцентрическая система Клавдия Птолемея. Разработанная Коперником теория позволила ему впервые в истории науки о небе сделать обоснованные выводы о действительном расположении планет в Солнечной системе и с весьма большой точностью определить их относительные расстояния до Солнца.

Учение Коперника было важно не только для астрономии и всего естествознания в целом, но и имело огромное значение для переворота в мировоззрении человечества. Коперник проводил астрономические наблюдения с простыми и примитивными даже для того времени инструментами и с невысокой точностью.

Однако он по праву считается первым представителем нового естествознания – явления окружающей действительности он рассматривал не изолированно друг от друга, а в их взаимосвязи и взаимной обусловленности. Эта методика исследования была впоследствии принята на вооружение и развита многочисленными сторонниками учения Коперника во главе с Галилео Галилеем и Иоганном Кеплером.

Николай Коперник родился 19 февраля 1473 года в польском городе Торунь в обеспеченной семье владельца торговой фирмы, однако в 10-летнем возрасте из-за эпидемии чумы он лишился отца, и его образованием занялся дядя, брат матери Лукаш Ваченроде, сделавший духовную карьеру епископа. Предполагается, что Николай окончил кафедральную школу во Вроцлавеке, славившуюся хорошей постановкой преподавания. В те годы в этой школе преподавал известный астроном и астролог Николай Водка, от которого Коперник и получил первые сведения об этой науке.

Свое образование будущий астроном продолжил в Краковском университете на философском факультете, где преподавался цикл естественно-математических наук. Четыре года, проведенные Коперником в стенах Краковского университета, были для него важнейшим периодом овладения знаниями, без которых его дальнейшая плодотворная научная деятельность вряд ли была бы возможна. Сам Коперник говорил: «Меня породила Торунь, а Краков наукой украсил».

В 1496 году дядя Лукаш направил Николая для продолжения образования в Болонский университет, желая, чтобы он сделал церковную карьеру. Однако уже в то время интересы Коперника были далеки от церковной юриспруденции. Его интересовали точные науки вообще и астрономия в частности. В Италии этот интерес только усилился. В то время в Болонском университете точные науки преподавал астроном Доменико Мария Новара, учеником и помощником которого стал Коперник. Вместе они провели ряд интересных астрономических наблюдений, в частности – изучали положение Луны и наклон эклиптики Солнца, следили за соединениями Сатурна с Луной. В 1500 году Коперник посещает Рим, где выступает с докладом перед аудиторией.



*Николай Коперник, 1000 песет,
Зап. Сахара, 2000 г.*

Еще в 1497 году Николай Коперник по ходатайству дяди получает духовный чин каноника в небольшом городке Фромборке на берегу Балтийского моря. В 1501 году пришло время возвращаться к месту службы, однако Николаю было разрешено



Николай Коперник, 5000 злотых, Польша, 1989 г.

продолжить образование, для чего он был направлен в Падую с целью изучения медицины (члены капитула решили, что им надо иметь в своей среде хорошо обученного врача). К изучению медицины Коперник подошел с большим желанием, чем к изучению канонического права. Позже он прослыл весьма знающим и искусным врачом, хотя так и не получил степени доктора медицины. Этому мешали многие обстоятельства: желание из первых рук познакомиться с идеями

падуанских гуманистов, продолжить изучение астрономии и как-то завершить изучение канонического права, чтобы добыть удостоверяющий это докторский диплом. Летом 1503 года Коперник получил этот диплом, после чего был отозван на родину.

За семь лет пребывания в Италии Коперник проникся гуманистическим духом, выработал в себе привычку критически подходить к догматическим суждениям и умение сопоставить и анализировать обнаруженное в ходе наблюдений. В это же время он еще глубже овладел математическим аппаратом астрономии и вычислительными навыками, которые ему весьмагодились. В Италии Коперник в совершенстве освоил греческий язык, что позволило ему изучить произведения многих античных авторов (и Птолемея в том числе) в оригинале.

На родине Коперник некоторое время был помощником своего дяди-епископа, а после его смерти в 1512 году осел в Фромборке, где выполнял обязанности каноника и другие поручения церковного капитула, а также имел медицинскую практику и принимал активное участие в политической жизни страны. Самым главным для него занятием в этот период стали, однако, астрономические наблюдения и размышления над ними. Свои наблюдения Коперник производил из служившей ему квартирой башни кафедрального собора, которая так и стала называться «башней Коперника», а также с площадки звонницы. Из большого количества наблюдений, выполненных Коперником, до

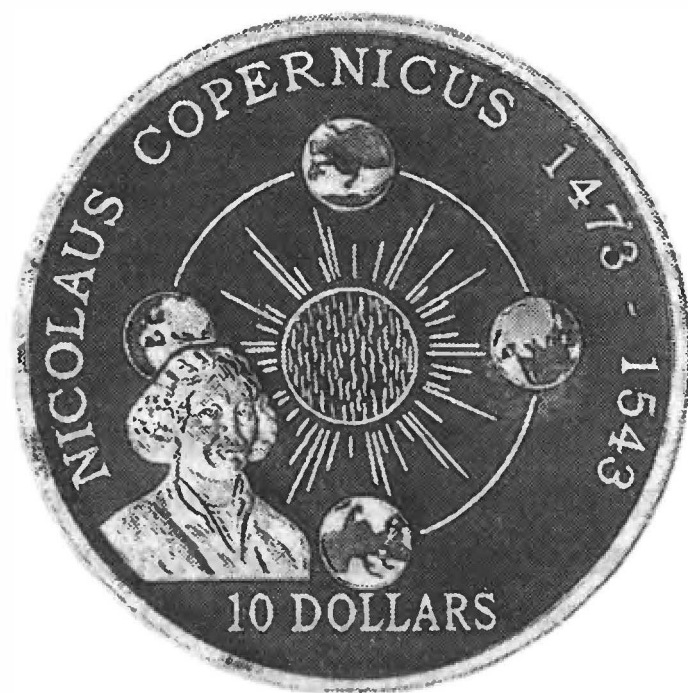
нашего времени сохранились сведения о 63 наблюдениях за Луной, Солнцем, планетами и о 3 наблюдениях за звездами.

Для своих наблюдений астроном пользовался не самыми совершенными даже для того времени приборами. Так, для определения угла наклона эклиптики – большого круга небесной сферы, по которому происходит видимое годичное движение Солнца, – Коперник использовал «гороскопий», или солнечные часы. Этот прибор представлял собой плоскость с нанесенной на ней четвертью круга, разбитого на 90 частей, каждая из которых подразделялась еще на 60 частей. В плоскость вбивался хорошо обточенный штырь, и в дни летнего и зимнего солнцестояния производилось наблюдение над тенями полуденного Солнца, падающими от этого штыря. Это позволяло определять направление между тропиками, а затем и угол наклона эклиптики к экваториальной плоскости.

Для определения широты и эклиптической долготы Луны и планет Коперник использовал армиллярную сферу, представлявшую собой шесть выточенных из дерева концентрических колец. Первое из них (внешнее) закреплялось на подставке и устанавливалось вертикально в плоскости меридиана, остальные, связанные с первым шарнирно, располагались в плоскостях экватора, эклиптики, других меридианов и т.д.

Во Фромборке в период с 1512 по 1516 год Коперником выполнен полный цикл наблюдений движения Солнца за год, определены положения Сатурна и Марса в моменты их противостояния, проведены наблюдения Луны и пр. Дальнейшая работа свелась к глубокому анализу полученных результатов.

К началу научной деятельности Коперника в астрономии общепринятой считалась система мира, предложенная Птолемеем. Согласно этой системе, Землю окружали семь планетных сфер: Луны, Меркурия, Венеры, Солнца, Марса, Юпитера и Сатурна, которые вращались с соответствующими эпициклами и эксцентрами. Сферы иногда понимались как чисто геометрические (идеальные), а иногда как материальные. Эти планетные сферы окружала восьмая материальная сфера, на которой закреплены неподвижные звез-



Николай Коперник, 10 долларов, острова Кука, 1992 г.

ды; она вращается вокруг полюсов Земли, делая один оборот за 24 часа. Вне этой сферы философы помещали бесконечное пространство, заполненное тонкой материей – эфиром, а средневековая церковь считала, что вне сферы звезд помещается эмпирей, т.е. царство Бога, ангелов, а также душ добродетельных людей и святых. Астрономы предпочитали не касаться этого вопроса, находящегося вне сферы их ведения.

Птолемей исходил из некоторого среднего равномерного вращения планет, к которому прибавлялись поправки, так называемые неравенства. Основных поправок было две. Одна из них вызывалась тем, что в действительности планета движется не по окружности, а по эллипсу, поэтому в различных местах орбиты меняется ее скорость. Эта поправка заключалась во введении эксцентра (или деферента). Другая поправка появлялась из-за того, что наблюдения велись с движущейся Земли, поэтому планета совершала то прямое движение, то обратное, а в некоторых точках даже останавливалась. Эта поправка заключалась во введении дополнительной окружности – эпицикла, центр которой перемещался к эксцентру, в то время как сама планета совершала движение по эпициклу.

Размышляя, нельзя ли найти более рациональное сочетание кругов, по которым движутся планеты, объясняющее все видимые неравномерности их движения, Коперник пришел к выводу, что этого можно добиться при помощи меньшего числа сфер, введя ряд аксиом. Главными из них были такие:

1) Центр Земли не является центром мира, а только центром тяготения и центром Лунной орбиты.

2) Все сферы движутся вокруг Солнца, расположенного как бы в центре всего.

3) Все движения, замечающиеся у небесной тверди, принадлежат не ей самой, но Земле; именно Земля вращается в суточном движении вокруг неизменных своих полюсов.

4) Все замечаемые у Солнца движения не свойственны ему, но принадлежат Земле, вместе с которой мы вращаемся вокруг Солнца, как и всякая другая планета, – таким образом, Земля имеет несколько движений.

Свои построения Коперник развивал не на пустом месте. Он прочитал все доступные ему философские труды, желая найти, не высказывались ли ранее мнения, что мировые сферы движутся иначе, чем считалось по теории Птолемея. И он обнаружил, что такие взгляды имели еще античные ученые – у Цицерона встречается упоминание о том, что Гикетас считал, что Земля движется, у Плутарха упоминается о ранних сторонниках этой

идеи. Но все это, естественно, стало только отправной точкой при построении новой теории.

Предварительное изложение своего учения Коперник дал в книге «Малый комментарий» в 1516 году, однако основной его труд, книга «О вращениях небесных сфер», был опубликован лишь в 1543 году. Для подтверждения своей теории Коперник провел математические расчеты и сравнил их выводы с собственными астрономическими наблюдениями и с имевшимися в его распоряжении наблюдениями Птолемея. Следует отметить, что для этого Коперник должен был овладеть всеми известными к тому времени методами математического исследования. Ощущая неполноту имеющихся в его распоряжении знаний, он вынужден был самостоятельно заняться совершенствованием математических средств и методов, имеющих важные приложения в астрономических исследованиях. При этом он упорядочил аппарат сферической тригонометрии, дал оригинальные выводы основных ее теорем, отличающиеся простотой и изяществом. Тригонометрическая часть сочинения Коперника «О вращениях небесных сфер» вышла отдельной книгой, которая заканчивалась оригинальными таблицами синусов, вычисленными до седьмой цифры с шагом в $1'$, впервые приспособленными для вычисления синусов дополнительных дуг, иначе говоря косинусов. Копернику принадлежит также идея введения в вычислительную математику секанса.

Хотя полностью труд Коперника был опубликован только в 1543 году, некоторые сведения о его работе распространились по Европе задолго до этого. Большую роль в подготовке и публикации рукописи сыграл ученик и сподвижник Коперника немецкий астроном и математик Георг Иоахим Ретик. Он стал страстным пропагандистом учения Коперника.

К сожалению, выпуск книги Коперника совпал со временем его тяжелой болезни. Николай Коперник скончался 24 мая 1543 года. Он похоронен под плитами фромборкского кафедрального собора. В 1830 году в Варшаве был открыт памятник Николаю Копернику работы известного датского скульптора Торвальдсена. На пьедестале этого первого памятника великому ученому высечены слова, вынесенные в заголовок этого рассказа.

ПЕРВАЯ КАРТА МИРА

Известный фламандский картограф Герард Кремер (1512–1594) рано овладел латынью и сам себе определил новое имя – Меркатор. Это имя означает «купец», хотя торговал Меркатор лишь географическими картами собственного изготовления. Роль Меркатора в географии не уступает роли Коперника в астрономии. И тот и другой противостояли системе Птолемея, хотя один больше интересовался делами земными, а другой – делами небесными.



*Герард Меркатор, 5 марок,
Германия, 1969 г.*

С 1530 года Меркатор обучался философии в Лёвенском университете, после окончания которого у него развилась стойкая неприязнь именно к философии. Для преодоления этого, как сказали бы сейчас, экзистенциального кризиса Меркатор предпринял целый ряд путешествий по Фландрии и вернулся в Лёвен в 1534 году с тем, чтобы заняться математикой.

Математика интересовала Меркатора прежде всего как инструмент географии и астрономии. Помимо теоретических изысканий, он овладел также искусством гравирования и изготовления математических инструментов.

В 1536 году Меркатор изготовил глобус, который был приобретен императором Карлом V для рассматривания коронных и иных земель. При создании этого глобуса впервые были использованы медные, а не деревянные матрицы, что позволило вложить в него несравненно больший объем информации. Через год после этого Меркатор изготовил также небесный глобус.

Первая карта мира, созданная Меркатором, появилась в 1538 году. Она знаменита тем, что впервые представила Америку как континент, простирающийся практически от полюса до полюса. Вскоре после этого Меркатор выработал стратегию картографирования мира по его отдельным частям. По сути, этой схемы придерживается любой современный атлас, но даже это название



Герард Меркатор, 1000 франков, Бельгия, 1975 г.

– атлас – было впервые использовано Меркатором. Проблема картографирования осложнялась притоком новой информации, что приводило к быстрому устареванию карт. Дополнительные сложности здесь возникли еще и потому, что моряки, двигаясь строго по компасу, полагали, что прокладывают по карте прямой путь. На самом деле, как показал Нуньес, они движутся по румбам, или локсодроме. Осознание этого факта и ознакомление с трудами известного португальца позволили Меркатору существенно улучшить точность производимых им карт.

Новый небесный глобус Меркатора, заверченный в 1551 году, располагал звезды на небе, основываясь уже на коперниковой системе мироздания.

В 1552 году Меркатор переехал в Дуйсбург, где планировалось открытие нового университета и где Меркатор предполагал заниматься математикой. Университет, однако, был открыт несколько позже и в настоящее время носит имя Меркатора. В 1564 году Меркатор был назначен придворным космографом при дворе герцога Вильгельма фон Клеве, и в эти же годы он занялся разработкой географической проекции, которая заключалась в том, что все долготы, широты и румбы могли быть представлены на ней в виде прямых линий. Исправленные и дополненные карты Римской империи Птолемея Меркатор начал издавать с 1578 года. Меркатору удалось опубликовать карты Франции, Германии, Нидерландов, Балкан и Греции.

Меркатор по праву считается одним из основоположников географии, причем его подход к этой науке отличается математической строгостью.

И ВСЕ-ТАКИ ОНА ВЕРТИТСЯ...

Один из основоположников современного естествознания Галилео Галилей родился 15 февраля 1564 года в итальянском городе Пизе в обедневшей дворянской семье (его отец был видным теоретиком музыки и математиком). Еще подростком Галилей познакомился с трудами греческих и латинских философов в монастырской школе во Флоренции. В 17 лет он поступил в Пизанский университет для получения медицинского образования, однако основным его занятием стало изучение физики Аристотеля, сочинений Евклида и Архимеда. В 1584 году он оставил медицину и уже через два года опубликовал оригинальную работу об изобретенных им гидростатических весах и геометрическое исследование о центрах тяжести телесных фигур. Известность и научный авторитет Галилея быстро росли, чему способствовали не только его обширные знания, но и редкая способность по-новому увидеть, казалось, давно знакомые вещи и, как писал Лагранж, «извлечь законы из явлений, постоянно совершающихся перед глазами и все же никем не объясненных».



Галилео Галилей, 10 долларов, Науру, 1994 г.

С 25 лет Галилей – профессор физики и математики в крупнейших итальянских университетах: сначала в Пизанском (1589–1592) и Падуанском (1592–1610), а затем в университете Флоренции, где он занимал почетную должность первого математика и придворного философа при Тосканском герцоге Козимо II Медичи. Большим авторитетом Галилей пользовался также среди высших духовных лиц Флоренции.

Такова была внешняя сторона жизни Галилея до 1632 года, до выхода его знаменитой книги «Диалог о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой», которая обесмертила его имя, но при жизни принесла ему много унижений и лишений.

Уже в ранние годы своей преподавательской деятельности в письмах к друзьям и ученикам (получавших затем распространение в копиях) и в своих заметках (долгое время остававшихся в рукописях) Галилей начал наступление на старую и догматизированную физику Аристотеля, на узаконенное католической церковью представление о строении мира – геоцентрическую систему Птолемея. Физика в то время сводилась по существу к механике, проблемами которой Галилей занимался в течение всей жизни, но вместе с тем охватывала и широкий круг общих мировоззренческих проблем.



Галилео Галилей, 1000 франков, Чад, 1999 г.

До Галилея в физике господствовали представления аристотелевской школы о принципиальном различии «земных» и «небесных» явлений, о существовании «насильственных» и «естественных» движений, определяемых якобы самой природой тела. Так, согласно Аристотелю, для совершенных небесных тел «естественным» было равномерное движение по окружностям, тогда как на Земле одни тела в силу своей природы (например, из-за присущего им свойства тяжести) обладали «естественным» для них движением вниз, а другие, не имеющие такого свойства (например, огонь), – движением вверх. Причем тела «тяжелые» должны были, по мнению Аристотеля, падать с различными скоростями в зависимости от их веса. К «насильственным» движениям относились движения под действием некоторой силы (например, движение стрелы, выпущенной из лука), однако закономерности таких движений изучены не были.

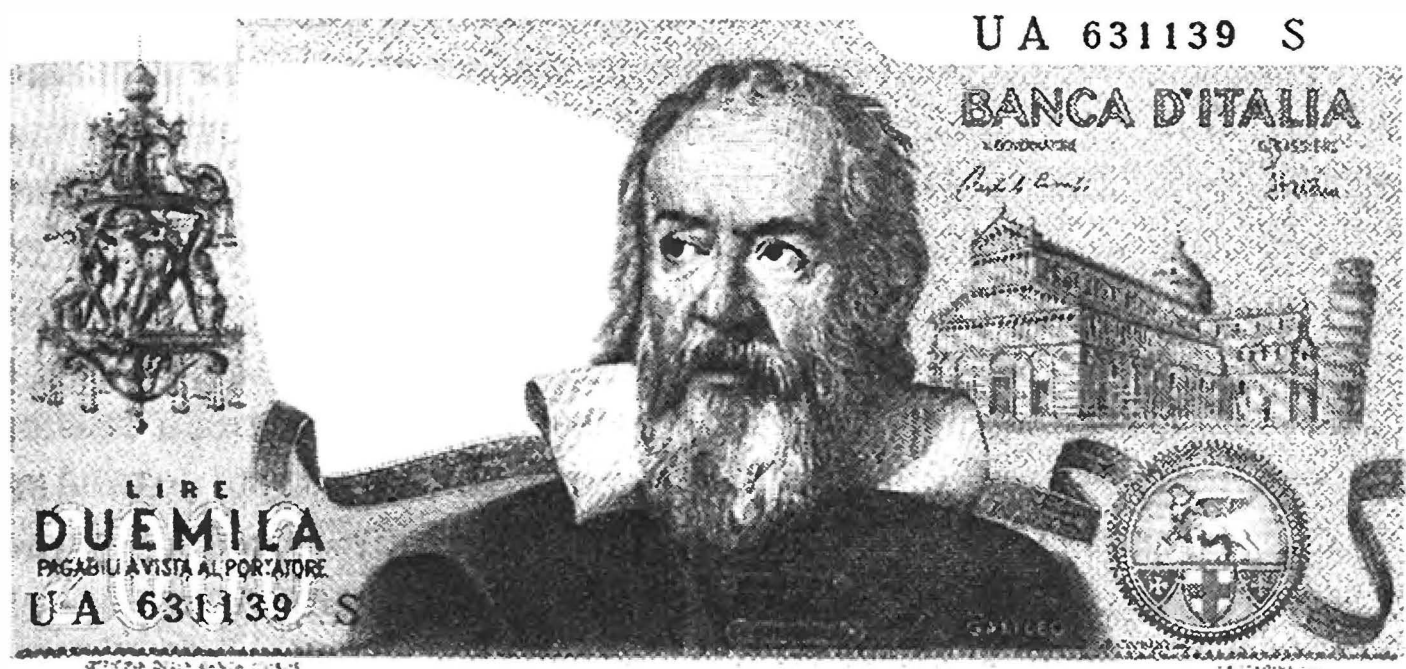
На месте этих приблизительных, а порой даже неправильных и наивных представлений Галилей построил точную науку о движении – кинематику, законы которой впервые были выведены им как обобщение научного эксперимента. Сравнивая движение тел по наклонной плоскости и их свободное падение, Галилей установил единство этих движений, открыл закон свободного падения тел – если тело, выйдя из состояния покоя, падает равномерно ускоренно, то расстояния, проходимые им за определенные промежутки времени, относятся между собой как квадраты времен – и построил теорию равномерно ускорен-

ного движения. Своими исследованиями в механике он заложил фундамент нового научного метода выявления общих законов природы путем анализа наблюдаемых частных явлений, постепенного мысленного приближения этих явлений к некоторым идеальным условиям, в которых законы, управляющие ими, могли бы проявиться, так сказать, в чистом виде. Такой метод получил название индуктивного метода познания.

Начав с небольшой работы «Диалог о движении», Галилей завершил исследования по механике в своем последнем труде «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению, с приложением о центрах тяжести различных тел» (1638 г.). Это сочинение явилось итогом и вершиной творчества Галилея-физика. Главными его достижениями были: открытие основных законов равномерно ускоренного и ряда более сложных видов движения, например – качание маятника; установление основных понятий кинематики и динамики и некоторых общих принципов классической механики, например – принципа относительности. В современной формулировке принцип относительности Галилея звучит так: все механические явления протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета. Галилей понимал его как независимость (инвариантность) уравнений механики относительно преобразований координат движущейся материальной точки и времени при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой.

Исследования Галилея в области механики, которые он сам считал основными в своей деятельности, в значительной степени определили дальнейшее развитие этой науки. Однако первостепенную роль в формировании нового, современного мировоззрения в области естествознания сыграли астрономические открытия Галилея. Во времена Галилея птолемея система мира с неподвижной Землей в центре Вселенной превратилась в догму, поддерживаемую авторитетом церкви. Новое, гелиоцентрическое учение Коперника все еще оставалось теорией. Даже тех немногих, кто начинал склоняться к признанию этой системы по причине ее большой простоты и логичности, немало смущал тот факт, что только у Земли имеется спутник – Луна и это как-то выделяет Землю среди других планет.

Свои астрономические наблюдения Галилей начал в 1609 году, когда он узнал об изобретении в Голландии зрительной трубы, значительно приближающей удаленные предметы. Заинтересовавшись этим сообщением, Галилей самостоятельно сконструировал зрительную трубу из свинца с двумя стеклянными



Галилео Галилей, 2000 лир, Италия, 1973 г.

линзами: плосковыпуклым объективом и плосковогнутым окуляром. Она давала мнимое прямое увеличенное изображение предмета. Увеличение трубы, первоначально равное 3, было затем доведено Галилеем до 32. Галилей сразу же использовал этот инструмент для наблюдения неба – так зрительная труба стала телескопом, положившим начало современной телескопической астрономии.

Впервые Галилей направил зрительную трубу на звездное небо 7 января 1610 года. Он увидел лунный пейзаж с кратерами и холмами, который поразил его своей необычной красотой. При этом Галилеем, уже давно стремящимся к физическому обоснованию гелиоцентризма, овладевает мысль о том, что Луна очень похожа на Землю. Наблюдаемые холмы и хребты на Луне были видимым опровержением аристотелева противопоставления небесных тел, которые он считал идеальными и неизменными, Земле. Галилей писал, что Луна «не имеет гладкой полированной поверхности, но представляет неровности и возвышения подобно земной поверхности, покрыта огромными горами, глубокими пропастями, обрывами». Он же впервые оценил высоту самых больших лунных гор (около 7 км, что близко к современным данным) и отметил характерные для Луны кольцевые горы (цирки).

Галилей обнаружил также в сплошном свечении Млечного Пути огромное скопление звезд, невидимых невооруженным глазом, что подтвердило древнюю гениальную догадку Демокрита о звездном составе этой бледной полосы. Позже он обнаружил и в других частях неба существование скоплений звезд, которые простому глазу представлялись маленькими млечными пятнами (Ясли в созвездии Рака, скопление возле звезды Ориона). Таким

образом, на основе непосредственных наблюдений Галилей впервые сделал вывод о звездном составе наблюдавшихся туманностей, которые до того принимались за более плотные части твердой небесной сферы, якобы отражавшей солнечные лучи.

Разложение отдельных туманностей на звезды явилось первым реальным свидетельством колоссальных размеров звездной Вселенной. К этому выводу Галилея приводили и другие наблюдения. Он отметил, что планеты в поле зрения его телескопа имели вид кружков, в то время как звезды оставались точками, лишь увеличиваясь в яркости. Это было вторым, после отмеченной Коперником ненаблюдаемости параллаксов у звезд (углов, под которыми со звезды виден диаметр земной орбиты), свидетельством огромной удаленности звезд по сравнению с планетами.

Еще большее впечатление на Галилея произвело открытие им спутников у Юпитера и фаз у Венеры. Уже во время первых наблюдений в 1610 году Галилей убедился, что обнаруженные им вблизи Юпитера четыре маленькие звездочки, расположенные на одной прямой, изменяют свое положение относительно планеты. Продолжив свои наблюдения, он установил периодичность в движении этих тел, оказавшихся, таким образом, спутниками планеты. Открытые им звезды Галилей назвал медичейскими – в честь герцога Козимо II Медичи и его братьев. Теперь Земля перестала быть единственной планетой, у которой имелся спутник. Луна более не была исключением в системе Коперника, а Земля – единственным центром, вокруг которого должны были, согласно Птолемею, обращаться все небесные тела.

В конце 1610 года Галилей сообщил об открытии фаз Венеры. В письме Джулиано Медичи он писал: «Я посылаю Вам шифрованное сообщение о еще одном моем новом необычном наблюдении, которое приводит к разрешению важнейших споров в астрономии и которое содержит решающий аргумент в пользу пифагорейской и коперниковой системы». Наблюдаемые у Венеры фазы были подобны лунным – последовательные периодические изменения видимой формы планеты, зависящие от ее положения по отношению к Солнцу и Земле. Впоследствии, в 1613 году, Галилей решительно говорил: «Эти явления – фазы Венеры – не оставляют места для какого-либо сомнения в том, как происходит обращение Венеры; мы с абсолютной неизбежностью приходим к выводу, соответствующему положениям пифагорейцев и Коперника, что она обращается вокруг Солнца, подобно тому как вокруг него же, как центра, обращаются и прочие планеты». Еще до открытия фаз Венеры Галилей и его

друзья предполагали, что из системы Коперника вытекает существование фаз и наблюдения их станут решающим доказательством идей гелиоцентризма.

К тому времени общепринятая догма об особом мире совершенных небесных тел была поколеблена и другими наблюдателями, в числе первых воспользовавшихся телескопами. Речь идет об открытии солнечных пятен. Летом 1611 года голландский астроном Фабрициус первый со всей определенностью

установил существование темных пятен на поверхности Солнца (которое он, как и другие в его время, считал твердым) и открыл по их видимому перемещению вращение Солнца. В этом же году наблюдал темные пятна на Солнце и Галилей. В отличие от ранее открытых изменений пятен за счет эффекта перспективы (при приближении их к краю диска), Галилей впервые отметил реальные и довольно быстрые изменения формы солнечных пятен и уподобил их поэтому облакам в земной атмосфере. Солнце, таким образом, также не выдержало испытания на «совершенство» и «неизменность». Для окончательного подтверждения вращения Солнца чрезвычайно важным было открытие Галилеем в конце 1612 года маленьких ярких образований, которые перемещались по диску Солнца, подобно темным пятнам. Эти свои наблюдения Галилей описал в знаменитом письме «О солнечных пятнах» (1613 г.).

Как видно из писем и комментариев Галилея, он был совершенно убежден в истинности гелиоцентрической системы Коперника. Однако открыто провозгласить это в Италии XVII века значило повторить трагическую судьбу сожженного на костре Джордано Бруно. Поэтому прежде всего необходимо было убедить в благонамеренности своих открытий католическую церковь. Но уже опубликованный Галилеем «Звездный вестник» и особенно письмо о солнечных пятнах, где автор утверждал первостепенную роль чувственного опыта в исследовании окружающего мира, вызвали резкие нападки на ученого и обвинения его в отступлении от священного писания. Галилей неоднократно ездил в Рим для объяснения с папой, высшим духовенством и инквизицией. Несмотря на официальный запрет в 1616 году



Галилео Галилей, 2 евро, Сан-Марино, 2005 г.

пропаганды системы Коперника, Галилей все еще надеялся на приемлемость для католической церкви его взглядов, правда изложенных в осторожной форме. Система Коперника должна была при этом представляться лишь одной из возможных и чисто абстрактных математических теорий.

В 1632 году Галилей напечатал, с разрешения римской духовной цензуры, свой основной астрономический труд «Диалог о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой». Его форма крайне осторожна на первый взгляд: трое друзей ведут неторопливую беседу, причем каждый искренне старается понять точку зрения другого, допуская сначала ее справедливость. Однако, несмотря на это, догмы аристотелевой физики, которые лежали в основе мировоззрения, принятого католической церковью, как и сама система Птолемея, терпят в «Диалоге» очевидный крах, а новые идеи Коперника, дополненные еще более революционными идеями Джордано Бруно о бесконечности Вселенной, предстают перед читателями во всей своей очевидности. Поэтому уже через несколько месяцев после выхода «Диалог» был изъят из продажи и внесен в папский «Индекс» запрещенных книг, а над Галилеем в 1633 году инквизицией был учинен суд, завершившийся торжественным покаянием и публичным отречением Галилея от «заблуждений», а затем и домашним арестом.

Последние годы жизни ученый провел под надзором инквизиции в своем доме близ Флоренции, но и здесь он продолжал свой научный труд. Доказательством тому были изданные им «Беседы» о механике. Умер Галилей 8 января 1642 года. Его могила находится во Флоренции рядом с могилами двух других великих сынов Италии – Микеланджело и Данте.

Существует легенда, что после отречения от теории Коперника Галилей воскликнул: «*Errig si muove*» (и все-таки она вертится). В действительности подобные слова ни в день отречения, ни позже не были произнесены. И тем не менее, несказанная легендарная фраза выражает действительный смысл жизни и творчества Галилео Галилея.

«Я НЕБЕСА ИЗМЕРЯЛ...»

Астрономия – это мировоззрение. Наблюдая за звездами, человек отрешается от земной суеты и определяет свое место в структуре мироздания. На этом пути он все дальше уходит от представлений о своем особом положении во Вселенной. Оказывается, что не только он сам, но и Земля, и Солнце – всего лишь крупинки бесконечной и вечной материи. Приобретаемые человеком знания, однако, никоим образом не противоречат гуманистической традиции осознания человеком важности своего места и своего предназначения в мире. Наблюдательная астрономия, как часть натуральной философии, сыграла ключевую роль в становлении современного естествознания, и значение деятельности Иоганна Кеплера в этом трудно переоценить.

В поисках высшей гармонии и высокого организующего начала в строении Солнечной системы Кеплер заложил фундамент теоретической астрономии и проложил путь к открытию гравитационного притяжения небесных тел. Открытые им и носящие его имя законы движения планет являются главным результатом его деятельности, однако и в других точных науках его трудами вписаны новые страницы. Так, в связи с измерениями объемов тел вращения он предвосхитил интегральное исчисление, в оптике ввел понятие светового луча, исследовал преломление света и придал зрительной трубе поныне применяемую в рефракторах конструкцию. Заметный след оставлен им и в кристаллографии.

Кеплер прожил трудную жизнь, полную религиозных гонений, невзгод и лишений, и только благодаря железной воле и необычайной настойчивости его талант и природные дарования принесли человечеству столь богатые плоды.

Иоганн Кеплер родился 27 декабря 1571 года в доме своего



Иоганн Кеплер, 5 марок, Германия, 1971 г.

деда – бургомистра провинциального немецкого города Вейля. Он рос болезненным ребенком, к тому же страдал врожденным недостатком зрения – сильной близорукостью и множественностью зрения (состояние глаза, при котором одиночный объект наблюдения кажется множественным). Два ярких воспоминания, имевших, кстати, отношение к будущей профессии Кеплера, остались у него с самого детства: в 6 лет он впервые увидел комету, в 9 лет наблюдал затмение Луны. В семилетнем возрасте родители отдали его в начальную немецкую школу, а затем перевели в латинскую школу, где обучали будущих служителей церкви и государственных учреждений. Дальнейшее образование Кеплер продолжил в семинарии, а в 1589 году поступил в Тюбингенский университет. Образование в тогдашних университетах начиналось на факультете искусств, где читались лекции по математике и астрономии, греческому и древнееврейскому языкам. Кеплер рано увлекся чтением, а о прочитанной им книге Скалигера «Эзотерические упражнения Юлия Цезаря» позже писал: «Эта книга пробудила во мне размышления о всевозможных вопросах: о небе, о душах и духах, о стихиях, о природе огня, о происхождении источников, о морских отливах и приливах...» Профессор математики и астрономии Тюбингенского университета М. Местлин вскоре заметил необычайные способности Кеплера, который, в частности, выводил математические теоремы, убеждаясь лишь задним числом в том, что они уже хорошо известны. Местлин ввел молодого Кеплера в круг немногих своих воспитанников, среди которых он пропагандировал гелиоцентрическую систему Николая Коперника.

Окончив факультет искусств, Кеплер продолжил обучение на теологическом факультете, готовясь к духовной карьере. Однако незадолго до выпуска постановлением сената Тюбингенского университета он был направлен преподавателем математики в Грац, главный город австрийской провинции Штирия. Будучи в Граце, Кеплер продолжал интересоваться астрономией. В числе первых проблем, которые он пытался разрешить, был вопрос о существовании именно шести видимых невооруженным глазом планет (в то время Уран, Нептун и Плутон еще не были открыты), а не двадцати или, скажем, ста. Этот вопрос предстояло решить вместе с объяснением относительной величины расстояний между траекториями движения планет. С попытки ответить на эти вопросы начались многолетние исследования, которые в конце концов и привели к открытию законов движения планет.

В поисках гармонии в структуре солнечной системы Кеплер предположил, что между параметрами планетарных орбит должны быть простые соотношения, выражающиеся целыми числами. Потерпев неудачу с этой гипотезой, он предположил существование дополнительных, еще не открытых малых планет, одну из которых он поместил между Меркурием и Венерой, а другую – между Марсом и Юпитером. Этот прием, однако, также не привел его к желаемым результатам.

В 1595 году Кеплер, решая с учениками какую-то геометрическую задачу, начертил равносторонний треугольник с вписанной в него и описанной вокруг него окружностями. Внезапно его озарила мысль, являющаяся, по его мнению, ключом к разгадке тайны Вселенной. Прикинув отношение между радиусами окружностей, он заметил, что оно близко к отношению радиусов круговых орбит Сатурна и Юпитера, как они были вычислены Коперником. Далее Кеплер попытался вписать в следующий интервал между Юпитером и Марсом квадрат, между Марсом и Землей – пятиугольник, между Землей и Венерой – шестиугольник. Но дело не ладилось. Тогда Кеплер решил использовать для подгонки орбит в пространстве правильные трехмерные многогранники. Как известно, число многогранников, все грани которых являются правильными и равными между собой многоугольниками и все двугранные углы которых равны между собой, ограничено пятью: это тетраэдр (4 грани), гексаэдр (6 граней), октаэдр (8 граней), додекаэдр (12 граней) и икосаэдр (20 граней). Важным свойством правильных многогранников является существование для каждого из них вписанного и описанного шаров, центры которых совпадают между собой и с центром многогранника. Кеплер решил, что мудрость творца заключена в совпадении числа промежутков между планетами с числом правильных многогранников. Тем самым, решался вопрос и об относительных расстояниях между орбитами планет: в сферу, на которой расположена орбита Сатурна, вписан куб, в него вписана следующая сфера – с орбитой Юпитера, далее последовательно вписаны тетраэдр, сфера Марса, додекаэдр,



Иоганн Кеплер, 10 евро, Австрия, 2002 г.

сфера Земли, икосаэдр, сфера Венеры, октаэдр, сфера Меркурия, а в центре всей системы находится Солнце.

Казалось, тайна Вселенной раскрыта. Расчет радиусов сфер, проведенный Кеплером, отличался от вычисленных Коперником расстояний планет от Солнца на 3 – 10%, причем во всех случаях в сторону ухудшения точности. Однако Кеплер уже не мог отбросить мысль о зависимости между межпланетными расстояниями и правильными многогранниками. Предположив, что каждая из планетных сфер имеет некоторую толщину, Кеплер, как ему казалось, убедительно объяснил видимые расхождения.

Свои размышления Кеплер изложил в монографии «Космографическая тайна», вышедшей в 1596 году. Если отбросить неправильную «рабочую гипотезу», мистические и теологические наслоения, в этой книге можно найти множество ценных мыслей, предвосхитивших будущие открытия Кеплера. Уже во введении автор проявил себя убежденным сторонником гелиоцентрической системы Коперника. Свою книгу Кеплер послал многим ученым, в том числе знаменитому датскому астроному Тихо Браге и молодому, но уже признанному авторитету в механике Галилео Галилею. Галилей приветствовал появление нового сторонника гелиоцентрической системы, а Браге, хотя и выразил отрицательное отношение к теории, опережающей наблюдения, пригласил Кеплера в свою обсерваторию в Вандбеке. Их встреча состоялась в 1600 году в Праге и открыла новую главу в жизни Иоганна Кеплера.

Выдающийся астроном Тихо Браге построил на острове Вен лучшую в мире обсерваторию и посвятил 35 лет жизни астрономическим наблюдениям. Обработка и изучение этих материалов дали возможность впоследствии раскрыть многие тайны строения Солнечной системы. К сожалению, использовать в полной мере накопленные богатства Браге не смог, и в значительной мере потому, что не воспринял систему Коперника. Браге принял Кеплера в свою группу и поручил ему наблюдение за Марсом. Постепенно Браге оценил трудолюбие и талант Кеплера, однако их сотрудничество прервалось в 1601 году из-за смерти Браге. Кеплеру была поручена забота об инструментах и рукописях Браге, ему присвоили звание имперского математика. Наступил наиболее благоприятный в жизни Иоганна Кеплера период (с 1601 года по 1612 год), в течение которого он выполнил важнейшие исследования по астрономии и оптике.

Именно тогда Кеплером была опубликована «Новая астрономия» – выдающееся сочинение по теоретической астрономии.

Значение этой книги состоит прежде всего в том, что в ней дан вывод двух из трех знаменитых законов движения планет, названных впоследствии именем Кеплера. В современной формулировке эти законы звучат так:

Все планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых (общем для всех планет) находится Солнце.

Площади, описываемые радиусами-векторами планет, пропорциональны времени.

Третий закон был опубликован Кеплером позже (в 1619 году) в книге «Гармония мира»:

Квадраты периодов обращений планет относятся как кубы их средних расстояний от Солнца.

Для открытия законов движения планет большой удачей оказалось то, что Браге поручил Кеплеру наблюдать именно за перемещениями Марса. Как выяснилось позже, его орбита более других отличается от круговой, и в то же время Марс чрезвычайно удобен для наблюдений. Сам Браге и его сотрудники не могли согласовать теорию с данными наблюдений за Марсом, так как исходили из того, что планеты движутся по круговым орбитам.

Кеплер начал свое исследование составлением на основании наблюдений Браге полного списка моментов, долгот и широт всех противостояний Марса с 1580 года. Для достижения успеха в своих исследованиях Кеплеру необходимо было отрешиться от некоторых догм, следование которым было причиной неудач многих его предшественников. Еще Коперник, следуя Птолемею, считал центр земной орбиты истинным центром орбит всех планет. Браге также определял противостояние планеты как положение, противоположное этой точке – так называемому «среднему Солнцу». Кеплер уже в «Космографической тайне» указал, что Солнце само является естественным центром планетарной системы, и считал, что противостояние следует брать по отношению к реальному, а не к «среднему» Солнцу. Это было первым существенным нововведением в методы исследования. Кеплер предположил, что движение планет происходит вследствие воздействия на них некоей «магнитной силы», исходящей от Солнца. Для объяснения видимой неравномерности движения



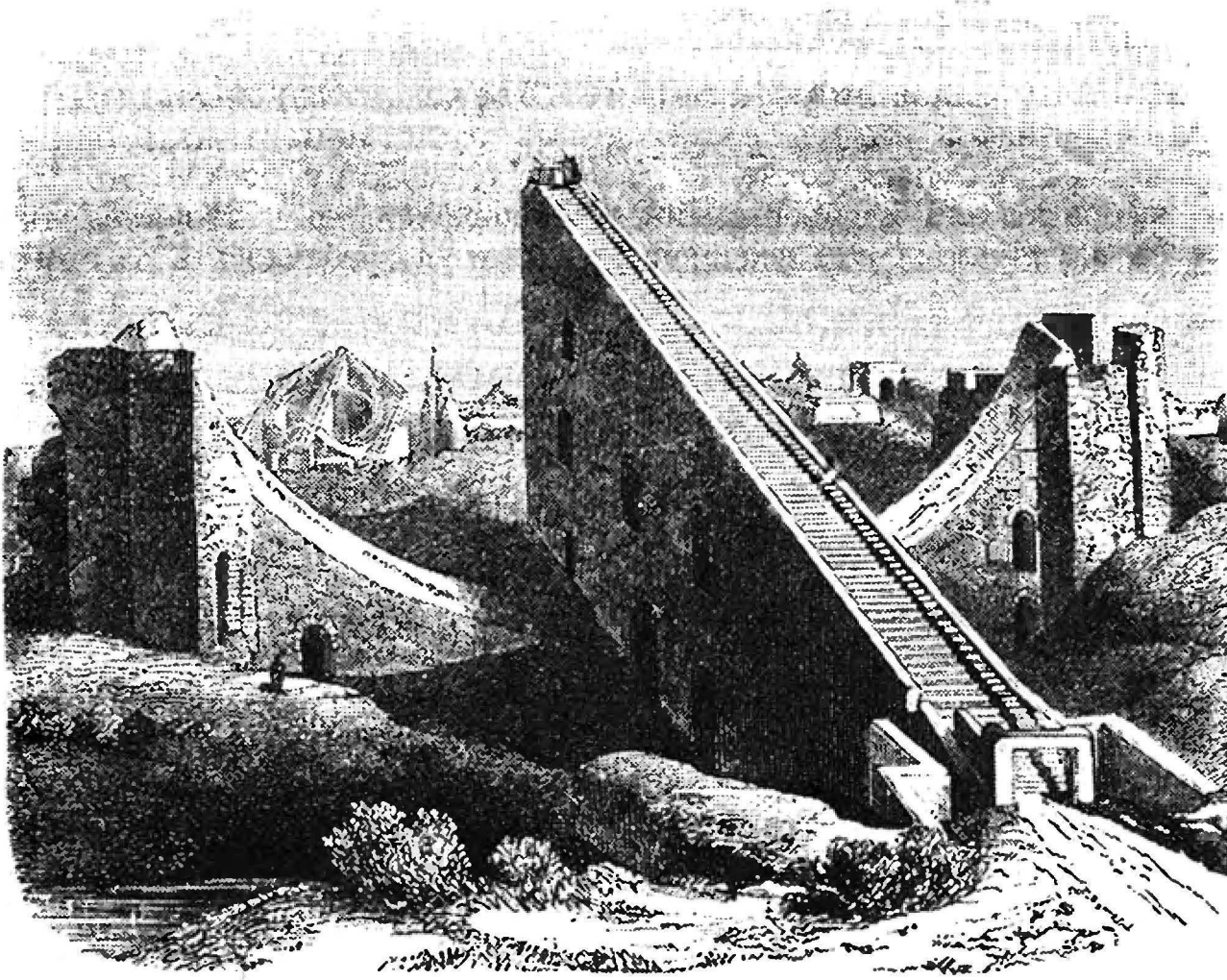
Иоганн Кеплер, 50 долларов, Соломоновы острова, 2004 г.

планет Кеплер наделил некоей силой и каждую планету, считая, что, являясь объектом воздействия двух противоборствующих сил, каждая планета то приближается к Солнцу, то уходит от него.

Второе нововведение Кеплера заключалось в следующем. Орбиты всех планет лежат не совсем в одной плоскости – их плоскости образуют одна с другой небольшие углы (например, плоскости орбит Земли и Юпитера составляют угол в $1^{\circ}18'30''$). Естественно, плоскости всех планетных орбит проходят через центр Солнца – этот факт сейчас очевиден, но не был известен в докеплеровой астрономии. Если не учитывать этого факта, трудно объяснить некоторые особенности наблюдаемых с Земли положений Марса. Коперник, например, считал, что плоскость орбиты Марса колеблется в пространстве, не интересуясь физической причиной такого странного явления. Предположив, что имеются некоторые постоянные углы между плоскостями планетных орбит, Кеплер из данных наблюдений Браге без труда убедился в правильности этой гипотезы и нашел, что угол между плоскостями орбит Земли и Марса равен $1^{\circ}50'$.

Третье нововведение Кеплера – более радикально. Ранее астрономы были уверены в том, что планеты совершают свои круговые движения с постоянной скоростью. Кеплер же, сохраняя на первых порах движение круговым, отбрасывает аксиому равномерного движения, основываясь на физических соображениях: если Солнце – источник движения, то его действие на планету более интенсивно, когда она находится ближе к источнику, и менее интенсивно, когда планета от него удалится. Следовательно, планета будет двигаться с большей или меньшей скоростью в зависимости от ее расстояния до Солнца.

Кеплер начал решение задачи о движении Марса с вычисления некоторых параметров его орбиты (радиуса, центра, направления оси, соединяющей Марс с Солнцем), полагая ее круговой. Об огромном объеме проделанной им работы говорят сохранившиеся черновики расчетов, занявшие 900 листов мелким почерком. Однако полученные параметры, хорошо согласующиеся с наблюдениями противостоят Марса, при вычислении промежуточных его положений обнаруживали существенное расхождение с данными наблюдений. Это привело Кеплера к выводу, что орбита Марса не является круговой. Для определения ее формы требовалось прежде всего уточнить орбиту самой Земли, с которой велось наблюдение. Но как определить истинный путь Земли вокруг Солнца? Для этого нужно было выбрать в про-



Обсерватория в Дельги

странстве некоторый ориентир, который в течение длительного времени сохранял бы свое положение неизменным.

Решение этой задачи ясно демонстрирует творческий гений Иоганна Кеплера. Пусть в определенный момент времени Земля находится на прямой, соединяющей Солнце (C) с ориентиром (M). Если в этот момент визировать направление на ориентир M с Земли, то будет получено направление Солнце C – ориентир, т.е. CM . Фиксируем его на небесном своде. Пусть теперь Земля (Z) сместится в другое положение. Если и Солнце C , и ориентир M видны с Земли Z , то в этой системе координат становится известен угол $\alpha = \angle CЗM$. Направление прямой CM относительно неподвижных звезд определено раз и навсегда. Тогда, определив направление $ZС$ на Солнце прямым наблюдением, определится и угол $\beta = \angle ЗСМ$. Треугольник $СЗМ$ может быть построен по стороне CM и двум углам α и β для каждого положения Z , при этом определится и само положение Z относительно заданного базиса CM . Так можно определить необходимое число точек, принадлежащих орбите Земли.

Для нахождения неподвижного ориентира в Солнечной системе Кеплер применил оригинальный метод: он использовал ориентир, хотя и не строго неподвижный, но периодически, через известные промежутки времени занимающий одно и то же положение в пространстве. Для расчета орбиты Земли Кеплер

использовал известную уже тогда продолжительность марсианского года, т.е. период обращения Марса вокруг Солнца – 687 дней. Теперь достаточно было учесть, что любое зафиксированное положение Марса через целое число марсианских лет будет повторяться, в то время как положение Земли на ее орбите каждый раз будет иным. Таким образом можно установить такое количество точек орбиты Земли, которое окажется достаточным для определения истинной формы орбиты и характера движения Земли по ней.

Результаты проведенных Кеплером вычислений совпали с его предположениями. Земля движется неравномерно: быстрее, когда она ближе к Солнцу, и медленнее, когда она дальше от него, причем в двух крайних точках своей орбиты (афелии и перигелии) скорость Земли обратно пропорциональна расстоянию до Солнца. Предположив, что такое же соотношение верно и для любой промежуточной точки орбиты Земли, Кеплер составил формулы расчета положения Земли в различные моменты времени. Он разделил всю орбиту на 360 частей и отметил положение Земли на орбите в соответствующие моменты времени. Время, необходимое для того, чтобы планета описала некоторую малую часть орбиты, обратно пропорционально скорости и прямо пропорционально расстоянию планеты от Солнца. Следовательно, для того чтобы получить время, за которое планета опишет большую дугу, надо сложить все промежуточные расстояния планета – Солнце. При сложении оказалось, что эта сумма отрезков не зависит от выбранного участка орбиты, а зависит только от промежутка времени. Тем самым, Кеплер установил, что для описанных в равные промежутки времени участков орбиты указанная сумма постоянна. Далее Кеплер заменил сумму расстояний площадью сектора, описанного радиусом-вектором орбиты, считая эти величины пропорциональными. Так он пришел к формулировке своего второго закона.

Завершив изучение движения Земли вокруг Солнца, Кеплер создал базу для изучения движения других планет – в частности Марса. На каждый момент времени ему были известны теперь положения двух точек в пространстве – Солнца и Земли, к которым можно было привязывать положение Марса. Оказалось, что в точках, промежуточных между афелием и перигелием, расстояние от Марса до Солнца меньше, чем следовало из предположения о круговой орбите Марса. Таким образом, Кеплер первым среди астрономов опроверг идею Аристотеля о движении небесных тел по окружностям как наиболее со-

вершенным кривым. Это было установлено по наблюдениям Браге и явилось первым успехом эмпирического метода в естествознании в начале современного периода исследования природы.

Теперь предстояло дать математическое описание той кривой, по которой движется планета, и эта задача оказалась самой сложной и трудоемкой. Кеплер проверял одну гипотезу за другой, проводя при этом колоссальную вычислительную работу. И наконец, его озарила истина: орбита Марса – все-таки эллипс, но Солнце располагается не в его центре, а в одном из фокусов. Так, говоря словами Кеплера, не переставая ощущать все в окружающем мраке, он вышел на яркий свет истины. Проверка гипотезы эллипса быстро привела его к успешному завершению работы, ознаменовавшемуся выводом первого закона: Марс движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. Кеплер не сомневался, что этому же закону повинуются движения и остальных планет, и вскоре подтвердил это.

Отданная всецело науке жизнь Кеплера не была легка в житейском плане, он вынужден был часто переезжать с места на место, испытывал материальные трудности. Его мать была обвинена в колдовстве, и Кеплеру пришлось бороться за ее жизнь. В 1630 году Кеплер тяжело заболел и 15 ноября скончался на 59-м году жизни. Он похоронен на кладбище Регенсбурга. Друзья поставили ему скромный памятник с надписью:

Я небеса измерял; ныне тени Земли измеряю.

Дух на небе мой жил; здесь же тень тела лежит.

В ходе сражений Тридцатилетней войны окрестности Регенсбурга три раза становились ареной ожесточенных боев. Городское кладбище было полностью разрушено, а от могилы Кеплера не осталось и следа. И все же Кеплер оставил и после себя большое богатство – свои рукописи и многотомное собрание наблюдений Тихо Браге. Судьба этих рукописей была не более благополучной, чем судьба Кеплера: они переходили из рук в руки, пока при содействии Эйлера не были приобретены Екатериной II и переданы Российской академии наук. Сейчас в нашей стране хранятся 18 из 22 томов этого собрания рукописей (4 тома попали в Венскую государственную библиотеку).

ДВА БУРГОМИСТРА

Яркие индивидуальности физиков и математиков часто проявлялись в самых разнообразных областях человеческой деятельности. Среди ученых были и знаменитые художники, как Леонардо да Винчи, и видные политики, как Бенджамин Франклин. Многие из них уделяли большое внимание развитию современной им техники, промышленного производства и военного дела. По роду службы, Исаак Ньютон был смотрителем Королевского монетного двора в Лондоне, а Отто фон Герике в Магдебурге и Оле Рёмер в Копенгагене были градоначальниками.

Отто фон Герике (1602–1686) родился в Магдебурге в самом начале XVII века. По окончании городского училища он продолжил обучение в университетах Лейпцига, Хельмштадта, Йены и



Отто фон Герике, 10 марок, Германия, 1986 г.

Лейдена. Особенно его интересовали физика, прикладная математика, механика и фортификация. Юность Герике пришлась на начало жестокой тридцатилетней войны, в которой, помимо немцев, на разных этапах приняли участие чехи, австрийцы, датчане, шведы и французы. Как стратегически важный центр восточной Германии, Магдебург неоднократно переходил из рук в руки, а в 1631 году был полностью разрушен. Герике, как члену городского совета, пришлось в эти годы проявить не только

выдающиеся инженерные, но и незаурядные дипломатические способности. За заслуги перед родным городом в его защите и восстановлении в 1646 году он был избран бургомистром Магдебурга и оставался им в течение тридцати лет.

Будучи далеко не кабинетным ученым, Герике на протяжении всей жизни интересовался естественными науками. Особенно его интриговал постулат Аристотеля о том, что природа не терпит пустоты. Для проверки этого утверждения он изобрел воздуш-

ный насос, с помощью которого в 1654 году осуществил свой знаменитый опыт с магдебургскими колоколами.

Для выполнения опыта было изготовлено два медных полушария диаметром около 35,5 см, одно из которых было снабжено трубкой для откачивания воздуха. Эти полушария сложили вместе, а между ними поместили кожаное кольцо, пропитанное расплавленным воском. Затем с помощью насоса откачали воздух из полости, образовавшейся между полушариями. На каждом из полушарий имелись железные кольца, в которые были впряжены две упряжки лошадей. Все попытки разъединить полушария не увенчались успехом, однако когда внутрь полушарий впустили воздух, они распались без усилия.

Опыт с магдебургскими колоколами доказал наличие атмосферного давления и до сих пор излагается в курсах физики по всему миру. Развивая эту тематику, Герике построил первый водяной барометр и использовал его для метеорологических наблюдений, изобрел гигрометр, сконструировал воздушный термометр, манометр.

Круг интересов Герике, однако, не ограничился данным разделом физики. По сути, уже в XVII веке он заложил фундамент науки об электричестве и, в частности, экспериментальной электростатики. В 1660 году он придумал и соорудил первое устройство для получения статического электричества – серный шар диаметром 15–20 см, электризуемый при натирании сухой ладонью. Насадив шар на ось, Герике наблюдал различные электрические явления. Притянутая к шару пушинка отталкивалась от него, парила в воздухе, притягивалась к другим телам, особенно к заостренным, а потом – снова к шару. Перенося шар по комнате, ученый водил пушинку за собой. Раньше считалось, что наэлектризованное тело способно только притягивать предметы, Герике же обнаружил явление взаимного отталкивания наэлектризованных тел. Экспериментатор показал, что электростатические заряды могут распространяться по полуметровой льняной нитке, притягивающей к своему концу легкие предметы. Натирая шар рукой в темноте, он обнаружил слабое свечение, т.е. первым наблюдал электролюми-



Отто фон Герике, 10 евро, Германия, 2005 г.



Отто фон Герике, 10 марок, Германия, 1977 г.

несценцию. Шар Герике явился прообразом электростатического генератора, посредством которого были открыты новые электрические явления.

Многочисленные физические опыты еще при жизни принесли ученому признание и уважительное прозвище немецкого Галилея. В 1666 году первым среди ученых он был удостоен дворянского звания и стал именоваться Отто фон Герике.

Оле Кристенсен Рёмер (1644–1710) прославился тем, что еще в начале своей научной карьеры сделал одно из величайших открытий в физике – установил факт конечной величины скорости света. Почти до конца XVII века явление распространения световых лучей стояло в стороне от всех других физических явлений. По сложившемуся за долгие годы мнению, для прохождения светом отрезка любой длины не требовалось никакого времени, а все попытки экспериментально измерить скорость света оказывались неудачными.

Успех в измерении скорости света пришел, когда «длина отрезка» достигла астрономических величин и световому лучу понадобилось достаточно много времени для преодоления этого расстояния. Открытие молодого датского астронома было сделано в 1675 году в Парижской обсерватории совместно с ее



Оле Рёмер, 50 крон, Дания, 1970 г.

директором Дж. Кассини. При проведении наблюдений за движением спутников Юпитера они заметили, что промежутки времени между двумя последовательными затмениями одного и того же спутника планеты различны при наблюдениях, разнящихся на полгода. Обратив внимание на то, что в одном из этих положений Земля движется в направлении к Юпитеру, а в другом удаляется от него, Рёмер сделал вывод, что свету, идущему от наблюдаемого спутника, требуется некоторое время для преодоления расстояния между планетами, а когда это расстояние меняется, изменяется и время, в течение которого свет его проходит.

Количественные оценки скорости света, сделанные Рёмером, а затем и другими астрономами, были не очень точными.

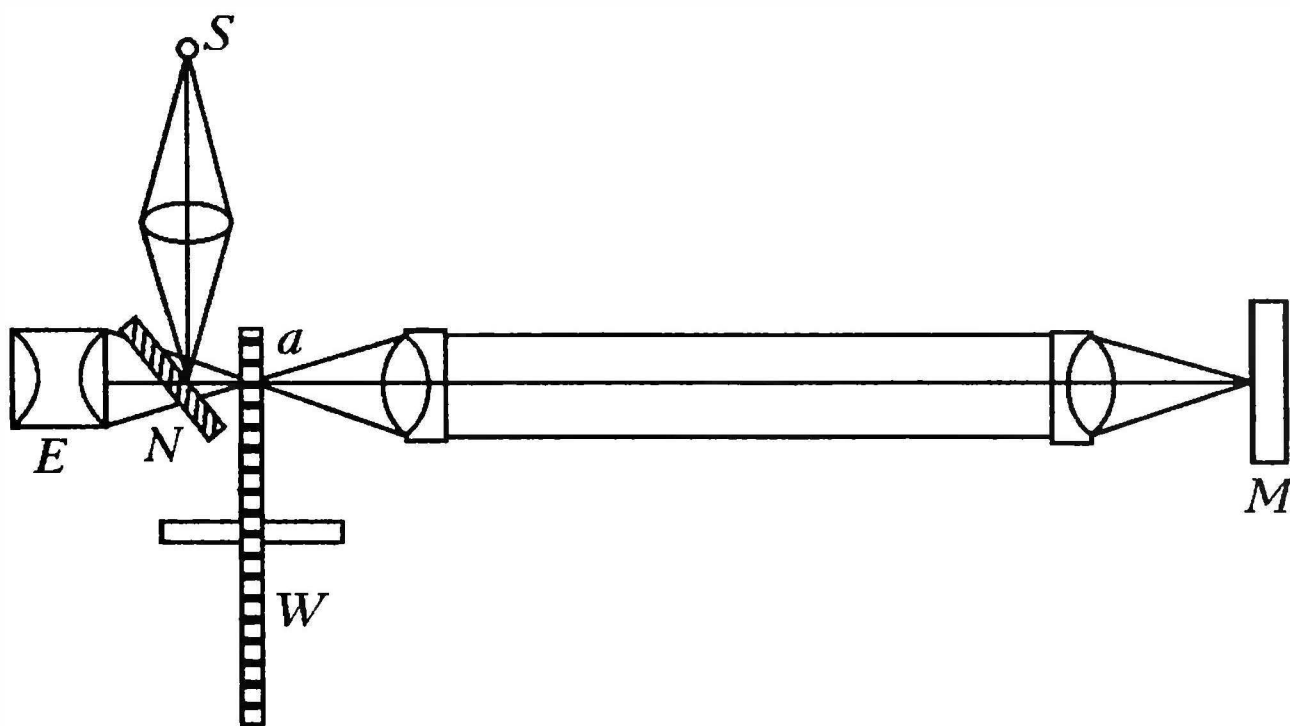


Схема опыта Физо

Первое лабораторное измерение скорости света в земных условиях осуществил в 1849 году французский физик Арман Ипполит Физо. В опыте Физо, как показано на рисунке, пучок света от источника S , отраженный полупрозрачным зеркалом N , периодически прерывался вращающимся зубчатым диском W , проходил базу MN длиной около 8 км и, отразившись от зеркала M , возвращался к диску. Попадая на зубец, свет не достигал наблюдателя, а при попадании в промежуток между зубцами свет можно было наблюдать в окуляр E . По известной скорости вращения диска было определено время прохождения светом базы, что привело к значению скорости света в воздухе $c = 313300$ км/с.

В 1862 году французский физик-экспериментатор Жан Бернар Фуко реализовал высказанную ранее идею Араго, применив вместо зубчатого диска быстро вращающееся (512 об/с) зеркало. Отражаясь от зеркала R , пучок света от источника S

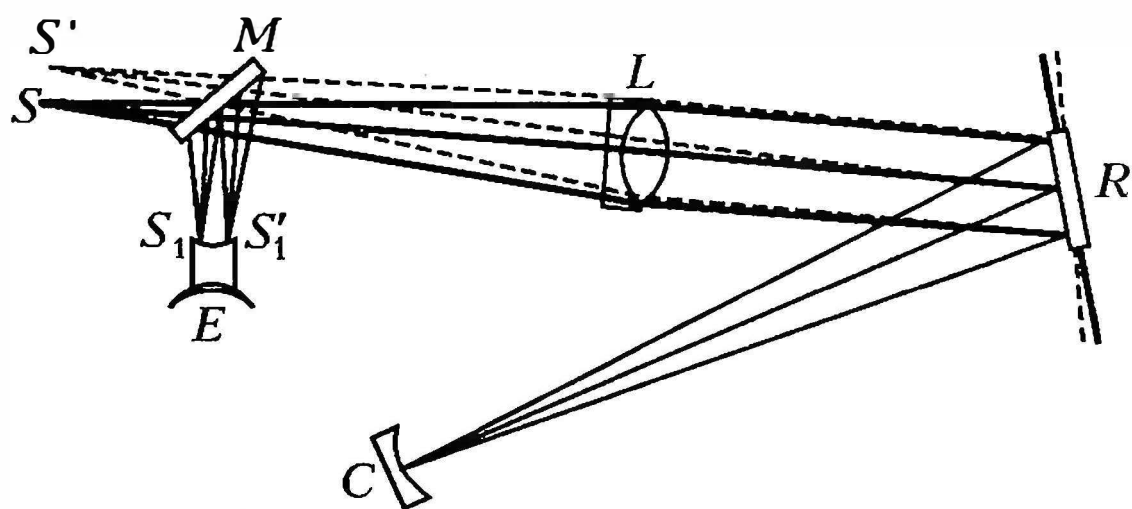


Схема опыта Фуко

направлялся на базу C и по возвращении вновь попадал на то же зеркало, успевшее повернуться на некоторый малый угол (пунктиром на рисунке показано положение зеркала, изменившееся за время прохождения светом пути RC и обратно, и обратный ход лучей через объектив L и полупрозрачное зеркало M , когда отраженный пучок собирается в точке S' , а не в точке S , как это было бы при неподвижном зеркале). Скорость света при этом устанавливается по смещению SS' , измеряемому с помощью окуляра E . При базе всего в 20 м Фуко нашел, что скорость света равна $c = 298000 \pm 500$ км/с.

Схемы и основные идеи опытов Физо и Фуко были многократно использованы в последующих работах по определению скорости света. Полученное в 1926 году американским физиком Альбертом Майкельсоном значение $c = 299796 \pm 4$ км/с было в то время самым точным и вошло в международные таблицы физических величин.

В современных измерениях скорости света зубчатое колесо заменяется на электронно-оптический, дифракционный, интерференционный или какой-либо иной преобразователь света. В качестве источника света выступает лазер, а приемником света служит фотоэлемент или фотоэлектронный умножитель. Все это позволило существенно снизить погрешности измерений и установить значение скорости света $c = 299792,5 \pm 0,15$ км/с.

Помимо прямых измерений скорости света по времени прохождения известной базы, в настоящее время широко применяются косвенные методы, дающие еще большую точность. Так, в 1972 году американский ученый Ивенсон (и его сотрудники) по цезиевому стандарту частоты определил с точностью до одиннадцатого знака частоту излучения CN_4 -лазера, а по криптоновому стандарту частоты нашел его длину волны.

Решением Генеральной ассамблеи Международного комитета по численным данным для науки и техники (1973 г.) скорость света в вакууме принято считать равной $c = 299792458 \pm 1,2$ м/с.

«ВОЗДУШНЫЙ» ТЕЛЕСКОП И ДРУГИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ГЕВЕЛИЯ

В ряду блистательных основоположников европейской астрономической школы важное место принадлежит Яну Гевелию (28.01.1611–28.01.1687), потомственному пивовару и канцлеру славного ганзейского порта Гданьск (впоследствии Данциг, а затем снова Гданьск). Еще в гимназии Ян приобрел навыки картографии и конструирования астрономических инструментов, а кругозор расширил в беседах с Пьером Гассенди, Мареном Мерсенном и Атанасиусом Кирхером, которых он посетил во время своего первого европейского турне. Из путешествия Ян вернулся в 1634 году с тем, чтобы унаследовать пивоварню от своего отца Авраама Гевелия и жениться на владелице двух соседних домов Катарине Ребешке. Это обстоятельство – наличие трех стоящих стена к стене домов, а тем самым и общей крыши – сыграло решающую роль в дальнейшей судьбе молодого польского астронома.

Как известно, первые телескопы Галилея, сконструированные им еще в начале XVII века, имели в длину немногим более метра. Эти телескопы страдали хроматической аберрацией, преодолеть которую в то время можно было лишь за счет увеличения размеров подзорной трубы. Хроматическая аберрация обусловлена дисперсией света, проходящего через линзу,



Ян Гевелий, 10000000 марок, Данциг, 1923 г.

т.е. зависимостью показателя преломления вещества линзы от длины волны света. В результате белый свет разлагается на составляющие его цветные лучи, и на экране, расположенном в области формирования изображения, вместо одной светлой точки наблюдается совокупность цветных кружков.

Свою первую обсерваторию Гевелий создал в 1641 году, использовав пространство на крыше. Через несколько лет он построил телескоп длиной около 4 метров, который увеличивал удаленные предметы более чем в 50 раз. При конструировании астрономических инструментов Гевелий опирался на глубокое понимание принципов лучепреломления в линзах. Чем более плоскими являются линзы, тем большим фокусным расстоянием они обладают. Длиннофокусные линзы дают более четкие изображения, чем короткофокусные, однако объектив и окуляр в таких телескопах нужно располагать на больших расстояниях друг от друга. Развиваясь в этом направлении, Гевелий построил вначале 20-метровую подзорную трубу, а затем и главное свое достижение – 50-метровый телескоп. Этот прибор подвешивался на высоком столбе при помощи системы канатов и блоков. Управление телескопом осуществляла команда из отставных матросов, знакомых с обслуживанием такелажа. Конструкция Гевелия – так называемый «воздушный» телескоп – представляла собой инструмент без трубы и без жесткой связи объектива и окуляра. Гигантский телескоп подрагивал при малейшем дуновении ветра с Балтики, деревянные опоры и пеньковые канаты прогибались и натягивались с изменением температуры и влажности. В этих условиях настройка объектива и окуляра на единую оптическую ось представляла почти непреодолимые трудности.

Тем не менее, и это признак настоящего ученого, Гевелий в совершенстве овладел своими инструментами и провел целую серию блестящих астрономических наблюдений. Кроме того, Гевелий был непревзойденным наблюдателем, невооруженным глазом наблюдая звезды седьмой величины. С помощью секстанта, сделанного им самим, Гевелий составил каталог положений 1564 звезд с точностью до угловой минуты. Эти наблюдения он провел без использования оптики, полагая, что линзы могут внести погрешности в измерения.

Первым научным трудом Гевелия была «Селенография, или описание Луны», изданная в 1647 году в Гданьске. В ней содержалось детальное описание видимой поверхности Луны. Работа, отпечатанная в собственной типографии автора, содержала 133 гравюры, изображавшие 60 участков лунной поверхно-

сти и общий вид Луны в различных фазах. Гевелий предложил названия для различных объектов на поверхности Луны, некоторые из которых сохранились до нашего времени, правильно оценил высоту лунных гор, открыл явление оптической либрации.

В дальнейшем Гевелий проводил самые разнообразные наблюдения, и ему принадлежат астрономические открытия в разных областях. Он продолжил заниматься вопросами лунного движения и оценил расстояние от Земли до Луны, период обращения Луны, период собственного вращения Солнца. Занимался наблюдениями двойных и переменных звезд, определил периоды обращения галилеевских спутников Юпитера. Гевелий открыл 4 кометы и опубликовал в 1668 году труд «Кометография», где изложил историю наблюдений всех известных в то время комет и показал, что некоторые кометы движутся по параболическим орбитам. Именно Гевелий познакомил европейцев с главным трудом Улугбека – так называемыми «Новыми астрономическими таблицами».

Гевелий был одним из наиболее уважаемых астрономов своего времени. В 1664 году его избрали членом Лондонского Королевского общества, а в 1666 году ему был предложен пост директора вновь построенной Парижской обсерватории. Это предложение, однако, Гевелий отклонил. Финансовую поддержку Гевелию оказывали монархи Польши и Франции.

В начале 1670-х годов Гевелий оказался вовлечен в жаркий диспут со знаменитыми английскими астрономами Джоном Фламстедом и Робертом Гуком, которые отстаивали необходимость использования телескопов и микрометрического оборудования для точного определения положения звезд. Эта дискуссия достигла апогея, когда Лондонское Королевское общество отправило молодого Эдмонда Галлея в Гданьск для проверки данных Гевелия с помощью новейшего микрометрического телескопа. Галлей подтвердил все результаты польского астронома.

В 1679 году обсерватория Гевелия с уникальными астрономическими инструментами, в частности секстантом, любимым инструментом астронома, с рукописями и библиотекой сгорела. Тем не менее, Гевелий возобновил наблюдения. В 1690 году, уже после смерти мужа, его вторая жена Элизабет Гевелиус издала ставший впоследствии знаменитым звездный атлас «Уранография», основанный на каталоге Гевелия и содержащий великолепные изображения многих, в том числе и предложенных им, созвездий.

ПОД СЕНЬЮ ЯБЛОНИ В ЦВЕТУ

Исаак Ньютон родился в рождественскую ночь 25 декабря 1642 года (4 января 1643 года по новому стилю) в деревушке Вулетори в семье небогатого фермера. Его отец скоропостижно скончался через полгода после свадьбы, а мать,



Исаак Ньютон, 10000 шиллингов, Сомали, 1999 г.

женщина необычная и понимающая, живая и добрая, вышла замуж за престарелого пастыря, когда Исааку было 2 года, оставив его на попечение бабушки. В детстве Исаак Ньютон был болезненным и замкнутым мальчиком. У него не было друзей, но рано проявились выдающиеся способности – он легко выигрывал в любые игры, требующие размышления (хотя это и не прибавляло ему популярности у сверстников), мастерил различные поделки и игрушки.

Среди родственников Ньютона были фермеры, священники, доктор и аптекарь, поэтому альтернативными возможностями для него были фермерство, духовная или медицинская профессия. В результате было решено дать Исааку приличное образование, и он был отправлен в школу в близлежащий город Грантэм. Вначале, как это ни странно, Исаак не проявлял большой любви к учебе и оказался на предпоследнем месте по успеваемости. Но, поссорившись с одним из одноклассников, он решил доказать свое превосходство и без особых усилий стал лучшим учеником в классе. Одновременно он продолжал конструировать модели мельниц, водяных и солнечных часов, запускать воздушных змеев с прикрепленными к ним фонариками, а во время сильного шторма прыгал по и против ветра, чтобы испытать его силу (впоследствии Ньютон назовет это первым своим экспериментом).

Затем последовал длительный период учебы и работы в Тринити-колледже Кембриджского университета, куда он поступил в 1661 году. В результате длительной гражданской

войны доходы Кембриджа, и в особенности Тринити-колледжа, уменьшились, старые порядки и традиции ушли в прошлое, а новые не были созданы, так что ученики были предоставлены самим себе. Впрочем, Ньютон сумел использовать это время весьма эффективно, изучая множество научных трактатов. Единственным учителем, оказавшим на него значительное влияние, был Исаак Барроу; именно он привил молодому Ньютону любовь к оптике и математике, а также к химическим и алхимическим опытам.

Когда с 1665 по 1667 год студенты были распущены по домам из-за свирепствовавшей в Англии эпидемии чумы, Ньютон продемонстрировал, что он является уже вполне сложившимся и очень талантливым ученым. Именно с этим периодом связаны легенда о яблоке и размышления о всемирном тяготении, в это же время был сделан и ряд математических открытий.

Некоторые показания очевидцев свидетельствуют о том, что история с яблоком и на самом деле имела место. Так, Стаклей описывает следующую сцену: «После обеда погода была жаркая; мы перешли в сад и пили чай под тенью нескольких яблонь; были только мы вдвоем. Между прочим, сэр Исаак сказал мне, что точно в такой же обстановке он находился, когда впервые ему пришла в голову мысль о тяготении. Она была вызвана падением яблока, когда он сидел, погружившись в думы. Почему яблоко всегда падает отвесно, подумал он про себя, почему не в сторону, а всегда к центру Земли? Должна существовать притягательная сила в материи, сосредоточенная в центре Земли. Если материя так тянет другую материю, то должна существовать пропорциональность ее количеству. Поэтому яблоко притягивает Землю так же, как Земля яблоко. Должна, следовательно, существовать сила, подобная той, которую мы называем тяжестью, простирающаяся по всей вселенной».

Сохранилось и свидетельство самого Ньютона об этом открытии: «В том же году (1666) я начал думать о тяготении, простирающемся до орбиты Луны, и нашел, как оценить силу, с которой шар, вращающийся внутри сферы, давит на поверхность этой сферы. Из правила Кеплера о том, что периоды планет находятся в полуторной пропорции к

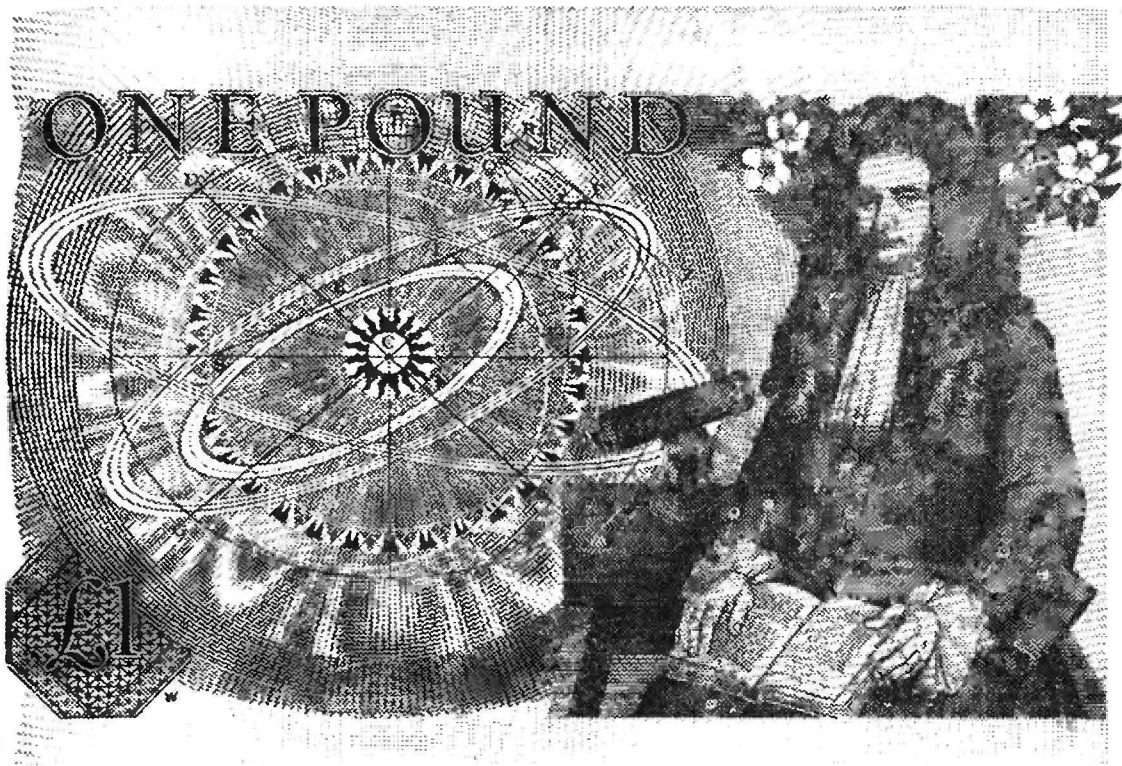


Исаак Ньютон, 20 долларов, Тувалу, 1993 г.

расстоянию от центров их орбит, я вывел, что силы, удерживающие планеты на их орбитах, должны быть в обратном отношении квадратов их расстояний от центров, вокруг коих они вращаются. Отсюда я сравнил силу, требующуюся для удержания Луны на ее орбите, с силой тяжести на поверхности Земли и нашел, что они почти отвечают друг другу».

Очевидно, Ньютон в это время уже пришел к окончательной формулировке закона всемирного тяготения, но он не только не торопился его опубликовать (из-за нежелания представлять свои труды на суд общественности Ньютон впоследствии был втянут в целый ряд споров о приоритете), но на время вообще забыл о механике. В те же «чумные» годы Исаак Ньютон активно занимается математическими проблемами: он производит разложение математических рядов, вводит так называемый бином Ньютона, а также закладывает основу интегрального и дифференциального исчисления. Попутно решает ряд важнейших задач анализа: отыскание решений простейших дифференциальных уравнений, определение минимумов и максимумов функций, нахождение касательных и подкасательных, определение кривизны и точек перегиба кривых, вычисление площадей, замыкаемых кривыми, и длин отрезков кривых. Но поскольку Ньютон не стал публиковать информацию о своих открытиях и изложил свой метод лишь в научной переписке с Коллинсом, то в Европе широкую известность получило дифференциальное исчисление, созданное Лейбницем самостоятельно через несколько лет после Ньютона, и интегральное исчисление Бернулли, прижились и введенные ими обозначения.

Вернувшись в Тринити-колледж, Исаак Ньютон увлекся постановкой экспериментов по оптике. Оптические исследования проводились им не менее 15 лет (с 1666 по 1680 г.) и означали для своего времени полный переворот в учении о свете. Им был сконструирован первый отражательный телескоп, получивший одобрение короля и позволивший молодому ученому стать членом Лондонского Королевского общества. Ньютон открыл и исследовал такие явления, как хроматическая аберрация и так называемые кольца Ньютона. Основным его научным вкладом в оптику было то, что он первым сумел понять, что при всем видимом многообразии цветов существуют простые, или монохроматические, лучи, не меняющиеся по цвету ни преломлением, ни отражением. Другим открытием явилось установление периодических свойств у монохроматических цветов. Вместо субъективной оценки цветом простые



Исаак Ньютон, 1 фунт, Англия, 1977 г.

световые лучи можно было с этих пор характеризовать численно, посредством «длины волны», если применить современный термин, или световых «припадков», как говорил сам Ньютон. Хотя принято считать, что Ньютон был непреклонным приверженцем корпускулярной теории света, но из переписки с Гуком следует, что Ньютон затем пришел к выводу, что в свете есть и черты, которые проще всего понять как результат движения потока частиц, и другие свойства (периодичность), легче всего объясняемые на основе представления о волнах, сторонниками которого были Гук и Гюйгенс. Предваряя современное представление о природе света, Ньютон считал его своеобразным синтезом корпускул и волн, хотя конкретной формы этого синтеза он и не предложил.

Таким образом, Ньютон одновременно был как прекрасным экспериментатором, так и замечательным математиком. И лучше всего ему удалось сочетать эти два таланта в наиболее известной работе «Математические начала натуральной философии», которая была опубликована в середине 1687 года, а уже в 1691 году исчезла с книжного рынка. В этой книге были не только изложены результаты размышлений самого Ньютона, но и был подведен итог всему сделанному за предшествующие тысячелетия в учении о простейших формах движения материи, была создана стройная система классической физики. Изложенное здесь учение о пространстве, времени, массе и силах давало общую схему для решения любых конкретных задач механики, физики и астрономии. В «Математических началах натуральной философии» Ньютон противопоставил физику принципов физике гипотез (его личным девизом было: «гипотез не измышляю»).

План этой работы таков. Вначале вводятся определения основных физических понятий – массы, количества движения, силы и т.д., затем идут аксиомы, или законы движения. В первой книге рассматривается ряд динамических задач, относящихся к движению материальных точек и твердых тел. Решаются основные вопросы о законе центральной силы при заданной орбите и делаются попытки подойти и к обратной проблеме. Цель второй книги – нанести сокрушительный удар по вихревой теории Декарта (даже название ньютоновской работы перекликается с «Началами философии» Декарта), основная тема – гидродинамические и гидростатические задачи, законы движения тел в сопротивляющейся среде, волновое движение, простейшие случаи вихревых движений. Третья книга называется «О системе мира» – именно здесь был изложен закон всемирного тяготения и решались многие астрономические задачи.

Основным выводам Ньютона предпосланы следующие «Правила философских умозаключений», которые указывают на эмпирический характер науки и на четкость ее математического описания:

«Правило 1. Не должно требовать в природе других причин, сверх тех, которые истинны и достаточны для объяснения явлений.

Правило 2. Посему, поскольку возможно, те же причины должно приписывать проявлениям природы одинакового рода.

Правило 3. Такие свойства тел, которые не могут быть ни усилены, ни ослаблены и которые оказываются присущими всем телам, над которыми возможно производить испытания, должны быть почитаемы за свойства всех тел вообще.

Правило 4. В экспериментальной философии предложения, выведенные из явлений с помощью общей индукции, должны быть почитаемы за точные или приближенно верные, несмотря на возможность противных им гипотез, пока не обнаружатся такие явления, которыми они еще более уточнятся или же окажутся подверженными исключениям».

На основании вышеизложенных правил и после введения определений ученый устанавливает три знаменитые аксиомы движения, известные сейчас как законы механики Ньютона:

1. Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.

2. Изменение количества движения пропорционально прило-

женной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

3. Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе – взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны».

Согласно современным представлениям и терминологии, в первом и втором законах под телом следует понимать материальную точку, а под движением – движение относительно инерциальной системы отсчета. Эти законы – результат обобщения наблюдений, опытов и теоретических исследований многих ученых, в том числе Галилея, Гюйгенса и самого Ньютона. Эти законы перестают быть справедливыми для движения объектов очень малых размеров, сравнимых с размерами атомов, где действует квантовая механика, и при движениях со скоростями, близкими к скорости света, где работает теория относительности Эйнштейна. Однако механика Ньютона не противоречит этим новым открытиям – она является только их предельным, крайним случаем, который никогда не потеряет своего огромного значения.

Применяя свои принципы к движению планет и комет, к движению Луны, явлениям падения тел на земной поверхности, к приливам, Ньютон приходит к окончательной формулировке закона всемирного тяготения. Центральным пунктом третьей книги является расчет, из которого следует, что Луна удерживается на своей орбите той же силой тяготения, под действием которой тяжелые тела падают на поверхность Земли. Далее Ньютон приходит к выводу, что «тяготение ко всей планете происходит и слагается из тяготений к отдельным частям ее» и что «тяготение к отдельным равным частицам тел обратно пропорционально квадратам расстояний мест до частиц». В результате получается математическое выражение для величины силы тяготения: $F = Gm_1m_2/r^2$, где m_1 , m_2 – массы двух тел, находящихся на расстоянии r , G – гравитационная постоянная, значение которой определяется из эксперимента и не зависит ни от формы тел, ни от вещества, ни от каких-либо иных физических факторов. В XVIII и XIX веках было получено множество экспериментальных подтверждений правильности выведенного Ньютоном закона тяготения.

Сформулировав закон тяготения, Ньютон не дал четкого ответа на вопрос, как он понимает саму природу этого явления. Решение проблемы тяготения было указано лишь в 1916 году Эйнштейном как необходимое звено общей теории относительности, охватывающей любые ускоренные движения. В теории

относительности тяготение по существу не отличается от центробежных и других инерционных эффектов, связанных неразрывно с ускоренными движениями масс. Теория Эйнштейна предсказала несколько новых явлений, связанных с тяготением: отклонение световых лучей в поле тяготения, аномалии в движении планет, смещение спектральных линий в красную сторону спектра в сильных гравитационных полях.

Содержание «Математических начал натуральной философии» не исчерпывается перечисленными вопросами. Во второй книге имеется много новых данных о движении тел в сопротивляющейся среде, о колебаниях и волнах в упругих телах, впервые дана теория скорости распространения звука, выводится закон трения в гидромеханике. Большое влияние этот труд оказал и на современников Ньютона, и на все последующее развитие физики.

После завершения этого труда Ньютон на некоторое время отошел от активной научной работы: он стал смотрителем, а затем и директором Монетного двора, одно время даже заседал в Парламенте. Но затем он был избран президентом Лондонского Королевского общества, смог оживить его деятельность, внес дух экспериментаторства и новаторства и продолжал ставить опыты вплоть до своей смерти 20 марта 1727 года. В последние годы жизни он стал менее замкнут, у него появились друзья, последователи и поклонники, он был всегда готов поддержать талантливых молодых ученых и помочь обращающимся к нему за помощью.

На памятнике, воздвигнутом Ньютону в 1755 году в Тринити-колледже в Кембридже, помещена лаконичная надпись из Лукреция: «Разумом он превосходил род человеческий».

«...О ПРИЯТНОМ РАССМОТРЕНИИ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ФИГУР»

Великий немецкий ученый Готфрид Вильгельм Лейбниц – одна из наиболее ярких фигур в истории мировой науки. Его вклад в развитие идей современной математики получил всеобщее признание. Наряду с Ньютоном Лейбниц делит славу открытия анализа бесконечно малых величин, является создателем дифференциального и интегрального исчисления, причем сами эти термины введены Лейбницем. Им же предложена и символика для обозначения дифференциалов и интегралов.

Но деятельность Лейбница не ограничивалась только математикой. Он внес значительный вклад в развитие механики и физики, являлся одним из крупнейших философов нового времени, занимался логикой, юриспруденцией, историей и теологией, выдвинул ценные идеи в геологии, языкознании и психологии, был причастен к горному, монетному и библиотечному делу, изобретал различные устройства, в том числе счетную машину, был публицистом, политиком и дипломатом, организовывал академии наук, ставил химические опыты и интересовался медициной. Не везде он достиг таких вершин, как в философии или математике, но то, что им сделано, сохраняет и по сей день непреходящий интерес.

Лейбниц родился 21 июня (3 июля по новому стилю) 1646 года в семье профессора морали Лейпцигского университета. В 15 лет он поступил на юридический факультет того же университета и в 1666 году окончил его, проучившись, кроме того, один семестр в Йене у знаменитого тогда немецкого математика Я.Вейгеля. По возвращении из Йены Лейбниц получил звание магистра философии, а затем бакалавра юриспруденции, что означало окончательное овладение специальностью юриста. Но Лейбниц хотел пойти дальше. В юриспруденции он увидел пункты соприкосновения с математикой и логикой.



Готфрид Лейбниц, 5 марок, Германия, 1966 г.

Уехав в 1666 году в Нюрнберг, Лейбниц становится доктором права, одновременно увлекаясь алхимией. Затем, уже в Майнце, он выступает с первыми самостоятельными работами в области естествознания, где излагает свои представления о телах, их свойствах, пространстве и времени, о движении и силах и начинает работать над счетной машиной.

В 26 лет Лейбниц переселяется в Париж. Здесь он лично знакомится с известными французскими учеными, в том числе с Х.Гюйгенсом, здесь начинается наиболее активный и плодотворный период его математического творчества. Гюйгенс знакомит Лейбница с работами Декарта, Галилея, Торричелли, Паскаля. Во время поездки в Лондон в 1672 году Лейбниц знакомится с английскими математиками, встречается с Ньютоном, становится членом Лондонского Королевского общества. В парижский период у Лейбница сформировались основные идеи будущего дифференциального и интегрального исчисления. К этому открытию Лейбниц был подготовлен знанием того, что было сделано его предшественниками в течение столетия, его собственными результатами и тем сочетанием проницательности, изобретательности и стремления к обобщениям, которое было характерно для его мышления.

Не прибегая к математической символике, открытие Лейбница можно описать следующим образом. Два широких класса задач были предметом исследования математиков XVII века.

Один из них составлял так называемые квадратуры – задачи на вычисление площадей фигур со сложными криволинейными границами («криволинейных фигур»), а также объемов и положений центров тяжести таких тел. Общим во всех этих задачах было то, что их можно было решать по единому плану: сначала, как при приближенном вычислении площади криволинейной фигуры, составлять сумму конечного числа легко вычисляемых слагаемых, затем увеличивать число слагаемых до бесконечности и таким образом, если удастся, находить точный результат. Методы вычисления квадратур предлагались разные, они были приспособлены для решения определенного круга задач или сводились к приему, обеспечивающему успех только в некоторых случаях. При этом высоко ценили именно частные методы, а стремление выявить то общее, что было в этих методах, отнюдь не преобладало. К тому же не было достаточной системы понятий и обозначений, чтобы удобным образом выразить и математически записать это общее.

Другой класс задач – это задачи на проведение касательных. Чтобы дать правило построения касательной к заданной кривой

в определенной точке, надо указать направление касательной. Для окружности, как известно, этот вопрос решается весьма просто, потому что касательная перпендикулярна радиусу, проведенному в точку касания. Для некоторых кривых их геометрические свойства тоже позволяют дать удобное правило для построения касательной. В общем случае касательную получают как предельное положение секущей, проведенной через две точки кривой. При этом одну из точек

пересечения кривой приближают ко второй, неподвижной; секущая как бы вращается вокруг неподвижной точки, превращаясь, при слиянии обеих точек, в касательную. Следить надо за углом, который секущая образует с фиксированным направлением (осью Ox), он определяет направление секущей. Вычислять этот угол удобно по его тангенсу, а тангенс находится по отношению разностей координат Δy и Δx рассматриваемых точек. Когда подвижная точка перемещается по кривой, каждый из этих отрезков неограниченно уменьшается, но их отношение $\Delta y/\Delta x$ при этом приближается к определенному значению – тангенсу угла касательной с направлением Ox . Задание кривой означает задание зависимости между абсциссой и ординатой ее точек. Таким образом, в общем случае для проведения касательной надо уметь вычислять, во что превратится отношение $\Delta y/\Delta x$, когда Δx стремится к нулю и, вследствие этого, Δy тоже стремится к нулю.

К этой общей схеме сводится не только проведение касательных к кривым линиям, но и решение ряда других вопросов, например определения скоростей в механике, нахождение наибольших и наименьших значений изменяющихся величин и т.п. Все это знали в XVII веке и до Ньютона и Лейбница, умели решать до конца многие задачи этого класса, дошли до понимания того общего, что есть в них, но опять-таки еще не нашли системы понятий и обозначений для этого общего. Предшественниками Лейбница даже была установлена связь между обоими классами задач, но это еще не послужило основанием для объединения методов решения задач обоих классов в нечто единое.



*Готфрид Лейбниц, 20 марок,
Германия, 1966 г.*

Открытие Лейбница состояло в том, что он сумел восполнить все указанные пробелы в математическом анализе XVII века. Он дал общие схемы решения задач на квадратуры и касательные, введя таким образом в качестве самостоятельных операций то, что теперь называют интегрированием и дифференцированием. Он показал в достаточно общем виде связь между этими двумя операциями – то, что одна из них является обратной по отношению к другой. Идя от общего к частному, он установил правила для дифференцирования и интегрирования, вобравшие в себя те приемы и методы, которые были даны до него. Он придумал целесообразные обозначения для введенных им операций, которыми пользуются и поныне. Он стал, таким образом, создателем дифференциального и интегрального исчислений. Несколько позже их объединили под названием анализа бесконечно малых. Лейбниц смог почти сразу показать, что новые исчисления не только проще приводят к известным результатам, но и облегчают получение новых.

Попутно Лейбниц пришел к уточнению и расширению такого важного научного понятия, как функция (функциональная зависимость). Он же ввел термины «алгебраический» и «трансцендентный» (для описания кривых, уравнения которых в декартовых координатах не могут быть записаны в алгебраической форме; таковы, например, графики тригонометрических функций). Этими терминами математики пользуются до сих пор.

Позже, в 1690-е годы, Лейбниц посвятил немало сил отстаиванию своего приоритета в создании дифференциального и интегрального исчислений, так как алгоритмом анализа бесконечно малых почти на 10 лет раньше Лейбница занимался Ньютон, но он опубликовал свое открытие много позже Лейбница. Ныне можно считать бесспорно установленной полную независимость результатов Лейбница от исследований Ньютона.

Лейбницем были получены разнообразные новые результаты. Некоторые из них относятся к технике дифференцирования – нахождение дифференциалов различных рациональных и иррациональных алгебраических функций, синуса и арксинуса, логарифма, и пр., а также формула для дифференциала любого порядка от произведения функций. Другая группа результатов Лейбница относится к дифференциальной геометрии – введение огибающей семейства плоских кривых, зависящих от некоторого параметра. Третью группу достижений Лейбница объединяют результаты по интегральному исчислению.

В силу особенности характера, Лейбниц не мог подолгу заниматься только одним делом. Так, помимо математики он

увлекался механикой — в частности, искал и, пусть в несовершенной форме, нашел один из основных законов сохранения, подошел к формулировке первого вариационного принципа механики. В результате знакомства с современными ему физическими исследованиями он стал приверженцем эксперимента, заявив в одном из писем своего парижского периода, что его «манера» исследования физических вопросов прежде всего требует составления «каталога» необходимых опытов. И в публикациях, и в переписке, и в рукописях Лейбниц разбросал немало замечательных идей, коснувшись едва ли не всех проблем механики и физики своего времени.

Одновременно с научными занятиями Лейбниц почти 40 лет жизни провел на службе у ганноверских герцогов в должностях придворного советника, заведующего библиотекой, историографа. Им написана история германских герцогств с замечательным предисловием о прошлом Земли — горообразовании, появлении морей и океанов. Для сбора исторических материалов Лейбниц совершил длительное (1687—1690) путешествие по южной Германии, Австрии и Италии. В Торгау Лейбниц познакомился с Петром I. Эта и две последующие встречи породили оживленную переписку между Петром и Лейбницем по самым разным вопросам общественной жизни, науки и политики. Петр даже принял Лейбница на русскую службу в звании тайного советника юстиции.

Скончался Лейбниц в 1716 году и похоронен на ганноверском кладбище. Он вошел в историю науки как человек большого масштаба и разнообразных дарований.

ШВЕДСКАЯ ЛИНИЯ

В ряду выдающихся шведских ученых и изобретателей, среди которых Андерс Йонас Ангстрем (1814–1874), Иоганнес Ридберг (1854–1919), Сванте Аррениус (1859–1927), Ханнес Альфвен (1908–1995), блистают также имена Кристофера Польхема (1661–1751) и Андерса Цельсия (1701–1744). Двое последних удостоены чести быть представленными на монетах и банкнотах этого скандинавского государства.

Знаменитого механика и изобретателя Кристофера Польхема еще при жизни сравнивали с Архимедом и Леонардо да Винчи. В возрасте шестнадцати лет он поступил в Упсальский университет, где изучал математику и физику, сохраняя при этом глубокий интерес к механике и инженерным наукам. Его первым практическим достижением стал ремонт старинных астрономических часов кафедрального собора в Упсале, созданных Петрусом Астрономусом в 1506 году. Успех этого предприятия произвел сильное впечатление на Коллегию горных предприятий в Швеции, и Польхему было предложено создать устройство для подъема и транспортировки руды, которое впоследствии использовалось на всех шахтах. Спонсируемый этим ведомством, Польхем объездил всю Европу, с тем чтобы привнести в Швецию новейшие технические достижения. В 1697 году в Стокгольме он основал механическую лабораторию, где не только экспонировались новинки технической мысли, но и осуществлялась подготовка инженерных кадров. Эта лаборатория считается предшественником знаменитого Королевского технологического института.

Крупнейшим достижением Польхема стала полностью автоматизированная фабрика, производившая самую разнообразную продукцию и использовавшая лишь водяную энергию. Хотя продукция фабрики, скажем часы или висячие замки, отличалась высоким качеством и низкой ценой, рабочие отнеслись к фабрике без всякого энтузиазма, справедливо полагая, что бездушные машины со временем заменят их умелые руки. В конце концов фабрика сгорела, однако, воодушевленный идеей технического прогресса, король Швеции Карл XII освободил изобретателя от уплаты налогов в королевскую казну.



Кристофер Польхем, 500 крон, Швеция, 2001 г.

Независимо от Джироламо Кардано, шведский ученый изобрел карданное соединение, которое в его стране называлось узлом Польхема. Важный вклад Польхем внес в развитие системы водных коммуникаций. Он участвовал в строительстве канала, соединившего западное и восточное побережья Швеции, и спроектировал для него ряд гидротехнических сооружений. Перу Польхема принадлежат труды по медицине, экономике, общественным наукам, геологии и астрономии.

Семейной традицией Цельсиев были занятия астрономией, причем не в качестве хобби, а в ранге профессоров Упсальского университета. Именно эти позиции занимали оба дедушки создателя температурной шкалы (Магнус Цельсий и Андерс Спуде), а также его отец (Нильс Цельсий). Андерс Цельсий был избран профессором астрономии в Упсальском университете в 1730 году. После этого он предпринял длительный вояж по европейским обсерваториям, где встречался практически со всеми ведущими астрономами своего времени.

Вскоре после своего возвращения в родной город Цельсий принял участие в знаменитой экспедиции французского астронома П.Мопертюи на север Швеции. Целью этой знаменитой «лапландской» экспедиции было измерение длины земного градуса вдоль меридиана в непосредственной близости к полюсу и сопоставление полученного результата с данными аналогичной экспедиции в Перу вблизи экватора. Экспедиции подтвердили гипотезу Ньютона о том, что форма Земли представляет собой уплощенный на полюсах эллипсоид, а участие Цельсия в этой

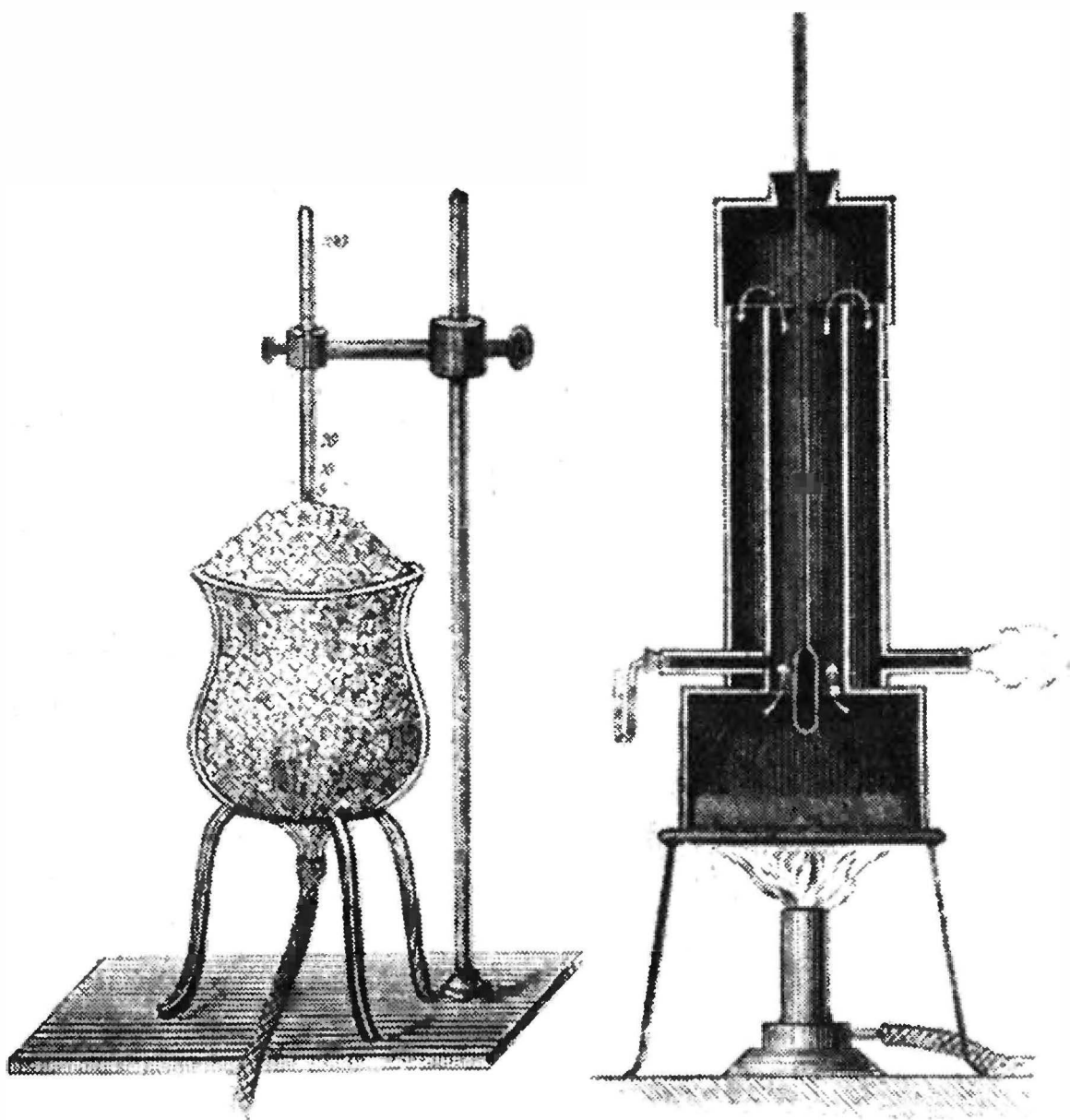
экспедиции сделало его знаменитым. Это, в свою очередь, позволило Цельсию получить достаточные средства от шведских властей, чтобы оснастить астрономическую обсерваторию в Упсале наиболее современным оборудованием. Часть оборудования, правда, была закуплена Цельсием еще раньше — во время длительного путешествия по Европе.

Обсерватория Цельсия открылась в 1741 году. В те годы задачей профессора астрономии считалось не только наблюдение за звездным небом, но и метеорология, и географические измерения. Он, в частности, внес важный вклад в картографию Швеции и установил, что уровень земель северных стран еще со времен таяния ледников медленно повышается над уровнем моря. Задолго до своего последователя Биркеланда Андерс Цельсий пришел к пониманию того, что северное сияние обусловлено магнитными явлениями, причем такой вывод он сделал, наблюдая отклонение стрелки компаса во время этого природного явления. Цельсий опубликовал каталог 300 звезд, используя созданную им самим фотометрическую систему. Идея этой системы заключалась в наложении друг на друга одинаковых полупрозрачных пластинок. Так, для исключения света от Сириуса, ярчайшей звезды на небе, ему потребовалось 25 пластинок.

Цельсий был активным сторонником введения григорианского календаря в Швеции. Первая попытка замены юлианского календаря здесь была предпринята еще в 1700 году, когда планировалось убирать по дню из високосных лет с 1700 по 1740 годы. Когда же в 1704 и 1708 году были объявлены по ошибке високосными, Швеция вернулась к юлианскому календарю. Уже после Цельсия Швеция ввела новый календарь, сдвинув старый календарь сразу на 11 дней.

Для метеорологических наблюдений Цельсий сконструировал свой знаменитый термометр, где в качестве нулевой точки отсчета, т.е. за 0 градусов, была принята температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении, а в качестве 100 градусов — температура ее замерзания. Уже после его ухода из жизни шкала Цельсия была обращена к ее современному виду. Благодаря точной фиксации методов и условий измерений, шкала Цельсия давала большую воспроизводимость и точность по сравнению с использовавшимися тогда шкалами Фаренгейта и Реомюра. В 1948 году единице температурной шкалы было официально присвоено наименование «градус Цельсия».

Хотя температуры кипения и замерзания воды приблизительно отвечают современным понятиям градуировки, формально



Определение точки таяния льда и точки кипения воды

исходное определение температурной шкалы Цельсия требует корректировки. Дело в том, что температуры кипения и заморозания воды зависят от атмосферного давления, которое, в свою очередь, зависит от определения температуры. В современной трактовке $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ устанавливается в тройной точке воды, а градус Цельсия равен $1/273,16$ от разности между тройной точкой воды и абсолютным нулем температуры. Согласно этому определению, один градус по шкале Цельсия по абсолютной величине равен одному градусу по шкале Кельвина.

Для преобразования шкалы Цельсия в шкалу Кельвина надо использовать соотношение $K = 273,15 + C$, где K – температура по шкале Кельвина, а C – температура по шкале Цельсия. Для преобразования шкалы Цельсия в шкалу Фаренгейта надо использовать соотношение $F = 1,8 C + 32$, где F – температура по шкале Фаренгейта. Шкала Реомюра в настоящее время практически не используется.

ГРОМООТВОД ДИВИША И ВОДЯНАЯ ТУРБИНА СЕГНЕРА

Во всем мире изобретателем громоотвода считается американский ученый Бенджамин Франклин. И это действительно так. Однако изобретателей громоотвода, как минимум, было двое. Независимо от Франклина в 1754 году чешский священник Прокоп Дивиш скон-



Прокоп Дивиш, 200 крон, Чехия, 2004 г.

строировал и установил громоотвод в монастыре Лука близ селения Приметице.

Родился будущий изобретатель неподалеку от этих мест в 1698 году, а высшее образование получил в иезуитской латинской школе в Зноймо. После принятия монашеского обета Дивиш сам преподавал философию в церковно-приходской школе, а в 1733 году защитил степень доктора теологии в Зальцбургском университете. Одно время Ди-

виш был настоятелем монастыря Лука, но уже с 1742 года он стал священником маленькой церкви в Приметице, где и оставался до своей кончины в 1765 году.

Обязанности деревенского священника оставляли Дивишу достаточно времени для научных занятий, которыми он интересовался еще с юношеских лет. Вначале он занялся, как говорят теперь, прикладными исследованиями и построил в своем приходе несколько водоводов. Затем его интересы обратились к конструированию музыкальных инструментов, результатом чего стало создание струнного «Денисдора», который имитировал звуки многих других инструментов.

С начала 50-х годов Дивиш начал проводить опыты по исследованию электричества. Электрические заряды он получал трением, а также с использованием лейденских банок собственной конструкции. На этом пути Дивиш изучил все основные электростатические явления и даже продемонстрировал их Имперскому двору в Вене. Известие о гибели от электрического разряда Георга Рихмана, занимавшегося изучением молний в

России, привлекло внимание Дивиша к атмосферному электричеству.

Для сбора атмосферных зарядов Дивиш сконструировал «погодную машину», которая внешне больше всего напоминала современные телевизионные антенны. На высоком шесте (в последней версии высотой 41,5 м) он установил горизонтальный металлический крест с дополнительными перекладинами, на конце каждой из которых был укреплен ящик с металлическими опилками. По задумке изобретателя, ящики должны были накапливать атмосферное электричество, однако, поскольку они были хорошо заземлены, конструкция представляла собой именно громоотвод.

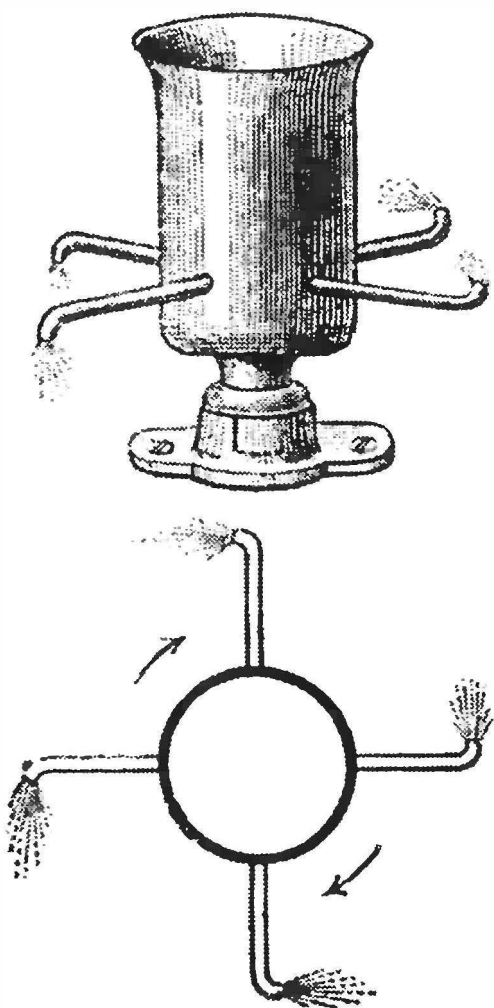
В таком виде громоотвод Дивиша простоял в монастыре Лука около пяти лет, но после пожара 1759 года он, на всякий случай, был разобран на части. Новый громоотвод Дивиш воздвиг над своей церковью в Приметице лишь в 1761 году. Попытки убедить Вену в необходимости построения громоотводов по всей империи не увенчались успехом, так что Дивиш сконцентрировал свои дальнейшие исследования на изучении влияния электричества на живые тела и, в конечном счете, на электротерапии. Свои наблюдения за природой вещей Дивиш изложил в «Трактате об атмосферном электричестве», опубликованном еще при жизни ученого.

Янош Андрош Сегнер родился в 1704 году в Братиславе, хотя в те годы этот город именовался либо по-венгерски Посони, либо по-немецки Пресбург. И тот, и другой вариант в случае Сегнера оправданы тем, что в Венгрии он получил начальное образование, а в Германии сложилась его академическая карьера.

Еще в юные годы Сегнер проявил незаурядные способности к точным наукам, однако в Йенский университет в 1725 году он поступил по медицинскому отделению. По окончании университета Сегнер проработал доктором около полутора лет в Дебрецене, но его интерес к математике вновь привел его в Йену, а затем и на кафедру математики Гёттингенского университета. В течение 20 лет он был заведую-



Янош Сегнер, 200 крон, Словакия, 2004 г.



Сегнерово колесо

щим этой знаменитой кафедрой, после чего перебрался в Галле, где и оставался профессором вплоть до своего ухода из жизни в 1777 году.

И в Гёттингене, и в Галле Сегнер основал университетские астрономические обсерватории, в стенах которых он уделял много времени наблюдениям за звездным небом. Основные интересы Сегнера были связаны, однако, с земными делами, в частности – с гидродинамикой. Опираясь на теоретические исследования Даниила Бернулли, он сконструировал горизонтальную водяную турбину. Эта турбина представляла собой наполненный водой цилиндр, в нижней части которого установлены изогнутые в одну и ту же сторону два сопла. Реакция вытекающей струи заставляет цилиндр вращаться в противоположном направлении (как это имеет место, например, в системах садового орошения).

Перу Сегнера принадлежат ряд превосходных учебных пособий, среди которых «Элементы арифметики и геометрии» и «Природа жидких поверхностей». Признанием заслуг Сегнера стало избрание его членом Берлинской, Гёттингенской и Петербургской академий наук, а также Лондонского Королевского общества.

ФРАНКЛИН – ИЗОБРЕТАТЕЛЬ ГРОМООТВОДА

В июне 2001 года участники проходившей на теплоходе «Федор Шалапин» Международной конференции по высокотемпературной сверхпроводимости высадились на остров Киж и посетили знаменитый музей-заповедник деревянного зодчества. Его главное украшение – «Храм Преображения Господня» – принадлежит к высшим достижениям северной народной архитектуры и относится к типу «круглых» многоярусных церквей с двадцатью двумя главами. Их лемеховое покрытие представляет надежную защиту от атмосферных осадков. Но деревянные храмы всегда подстерегала и другая опасность – быть уничтоженными огнем при прямом попадании молнии во время грозы, и поэтому Преображенская церковь снабжена громоотводом. Это устройство, однако, не могло быть установлено на храме при его постройке в 1714 году, поскольку было изобретено Бенджамин Франклином (1706–1790) лишь в середине XVIII века.

Причиной обращения Франклина к занятиям электричеством послужил случай. Будучи к 1743 году уже видным американским общественным деятелем, он посетил демонстрацию физических опытов в Бостоне. Эти опыты так заинтересовали Франклина, что он купил все использовавшееся при этом оборудование и сам занялся физическими исследованиями. Наилучшим образом представление об этих опытах и о «замечательной способности заостренных предметов извлекать и испускать электрический огонь» дают выдержки из писем Бенджамина Франклина члену Лондонского Королевского общества Питеру Коллинсону:

«Сэр,

...поместите чугунный шар диаметром три-четыре дюйма на горлышке чистой сухой стеклянной бутылки. Подвесьте на тонкой шелковой нити, прикрепленной к потолку, прямо над



Бенджамин Франклин, 1 доллар, США, 2006 г.

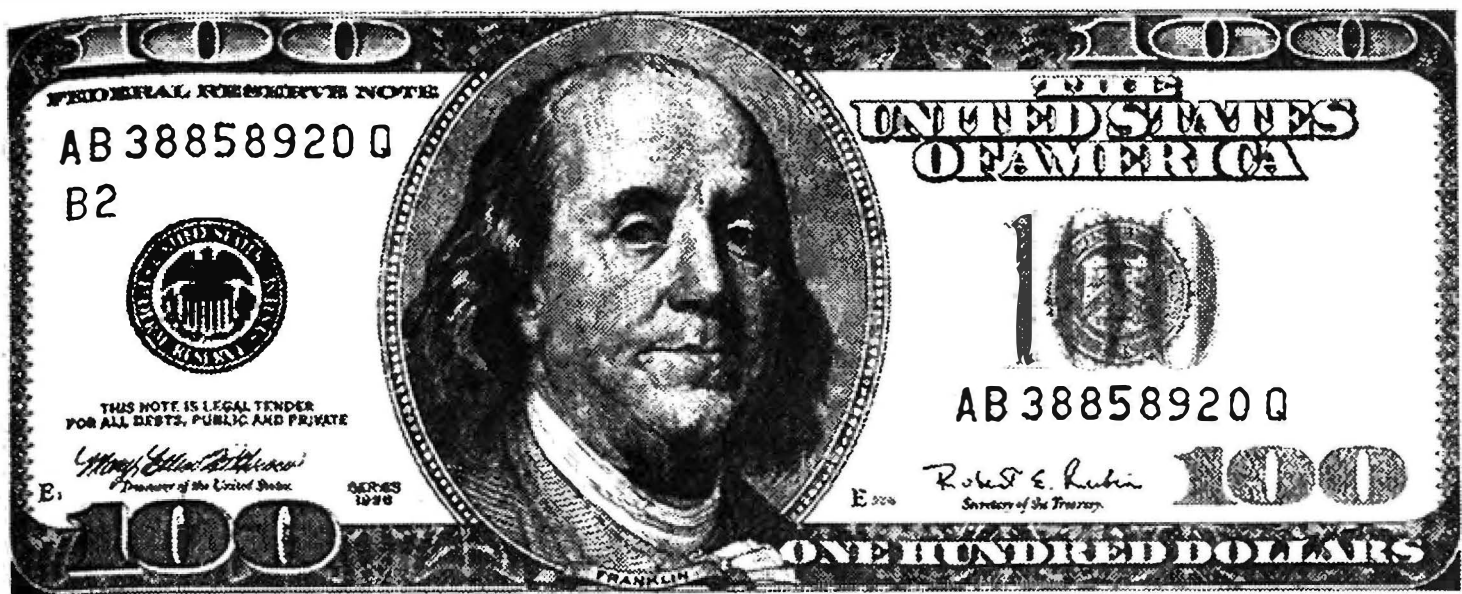
горлышком бутылки небольшой пробковый шарик, величиной с горошину; длина нитки должна быть такой, чтобы пробковый шарик соприкасался с чугунным шаром сбоку. Наэлектризуйте шар, и пробковая горошина отлетит приблизительно на четыре-пять дюймов, в зависимости от количества электричества... Если в этом положении приблизить к шару острие длинного тонкого кинжала на расстояние шести-восьми дюймов, то отталкивание мгновенно прекратится и пробковая горошина возвратится к шару. Чтобы добиться такого же действия при помощи тупого предмета, Вам придется подвести его к шару на расстояние до одного дюйма, пока не проскочит искра.

Если Вы станете подводить острие к шару в темноте, то увидите, иногда при расстоянии между ними в один фут или даже больше, как острие начинает светиться подобно светлячку. Чем менее заострен предмет, тем ближе потребуются подвести его, чтобы увидеть свет, и как только свечение становится заметным, Вы сможете извлечь электрический огонь и уничтожить отталкивание.

Чтобы убедиться в том, что острия способны не только извлекать, но и испускать электрический огонь, положите длинную острую иглу на шар, и тогда Вы не сумеете наэлектризовать его настолько, чтобы он оттолкнул пробковую горошину... либо прикрепите иглу к концу подвешенного ружейного ствола с таким расчетом, чтобы она выдавалась вперед наподобие крохотного штыка. До тех пор пока игла остается на своем месте, наэлектризовать ружейный ствол не удастся, потому что электрический огонь будет непрерывно и тихо стекать с конца иглы. В темноте Вы сможете наблюдать картину наподобие уже упоминавшейся выше».

Хотя и до Франклина высказывалось мнение, что молния и разряд, получаемый в опытах по электричеству, есть по сути одно и то же явление, пусть и разных масштабов, опытных доказательств справедливости этой гипотезы не было. Как отмечалось П.Л.Капицей на торжественном заседании по случаю 250-летия со дня рождения Бенджамина Франклина, именно ясность и глубокое понимание изучавшихся им процессов электризации позволили американскому ученому предложить и провести опыт, который впервые наглядно показал электрическую природу грозных разрядов.

Идея этого опыта заключалась в следующем. Предположим, что между грозовой тучей и землей находится изолированный от земли вертикальный металлический стержень. Если грозовая туча имеет электрический заряд, то заряд противоположного



Бенджамин Франклин, 100 долларов, США, 1996 г.

знака наведется в верхней части стержня. Если на этом верхнем конце сделать острое, то наведенный заряд стечет и стержень зарядится электричеством того же знака, что и туча. Франклин считал, что присутствие этого заряда можно будет обнаружить по искре, которая возникнет, если прикоснуться к стержню свободным концом заземленной проволоки. Он подробно описал, как следует выполнять этот эксперимент, и предложил это сделать другим, а сам решил выполнить не менее элегантный аналогичный опыт.

Вместо металлического стержня Франклин использовал бечевку, поднимая ее вверх воздушным змеем. Поскольку во время грозы всегда бывает ветер, змей можно запустить, а так как еще и идет дождь, то мокрая бечевка станет проводящей и заменит металлический стержень. Чтобы бечевка легче заряжалась, была предусмотрена возможность стекания наведенного заряда, для чего по углам рамки змея Франклин поместил острия. Для того чтобы изолировать бечевку от земли, внизу к ней была привязана защищенная от дождя шелковая лента. К концу бечевки у земли был подвешен металлический ключ, из которого Франклин во время грозы и извлекал искру.

Таким способом 12 апреля 1753 года Франклин доказал электрическую природу грозового разряда.

Следует отметить, что несколько ранее, 10 мая 1752 года, точно по описанию Франклина французский ученый Далибар изготовил изолированный металлический стержень и от него получил во время грозы электрические искры.

Опираясь на полученные им и другими исследователями данные, Франклин предложил метод борьбы с разрушениями и пожарами, причиняемыми молнией. Когда молния ударяет в здание, корабль или любой другой возвышающийся объект,

прохождение тока по плохо проводящей среде сопровождается большим выделением тепла. Если дать возможность электрическому току пройти по хорошо проводящей среде, например по металлу, разрушений и пожаров не будет.

В наши дни небольшой заземленный металлический стержень – громоотвод – венчает почти каждое сооружение и является стандартным элементом его конструкции.

Изучение атмосферного электричества со времен Франклина выделилось в самостоятельный раздел геофизики.

В зонах «хорошей» погоды у поверхности Земли существует стационарное электрическое поле напряженностью около 130 В/м. Земля при этом имеет отрицательный заряд величинной порядка $3 \cdot 10^5$ Кл, а атмосфера в целом заряжена положительно. Наибольших значений напряженность электрического поля Земли достигает в средних широтах, а к полюсам и экватору убывает. Разность потенциалов между Землей и ионосферой достигает 250 кВ. Электрическое состояние атмосферы в значительной степени определяется ее электропроводностью, которая, в свою очередь, зависит от разнообразных факторов, управляющих количеством ионизованных ионов в воздухе. Среди этих факторов – космические лучи, пронизывающие всю толщу атмосферы, ультрафиолетовое и корпускулярное излучение Солнца, излучение радиоактивных веществ, находящихся в земле и воздухе, и т.п.

В зонах «плохой» погоды пылевые бури и извержения вулканов, метели и разбрызгивание воды прибоем и водопадами, пар и дым промышленных предприятий довольно активно стимулируют проявления атмосферного электричества. Однако главную роль играют облака и осадки. В слоистых и слоисто-кучевых облаках плотность объемных зарядов на порядок превышает их плотность в чистой атмосфере. В слоисто-дождевых облаках плотность электрического заряда выше еще в несколько раз. Линейные молнии, генерируемые облаками, являются разновидностью искрового разряда, возникающего в отсутствие электродов в массе заряженных и хорошо изолированных друг от друга частиц. При средней длине молниевых разрядов в несколько километров наблюдаются внутриоблачные молнии длиной до 100 км. Токи наземных молний при средних значениях пиковых величин порядка 20 кА иногда достигают 500 кА.

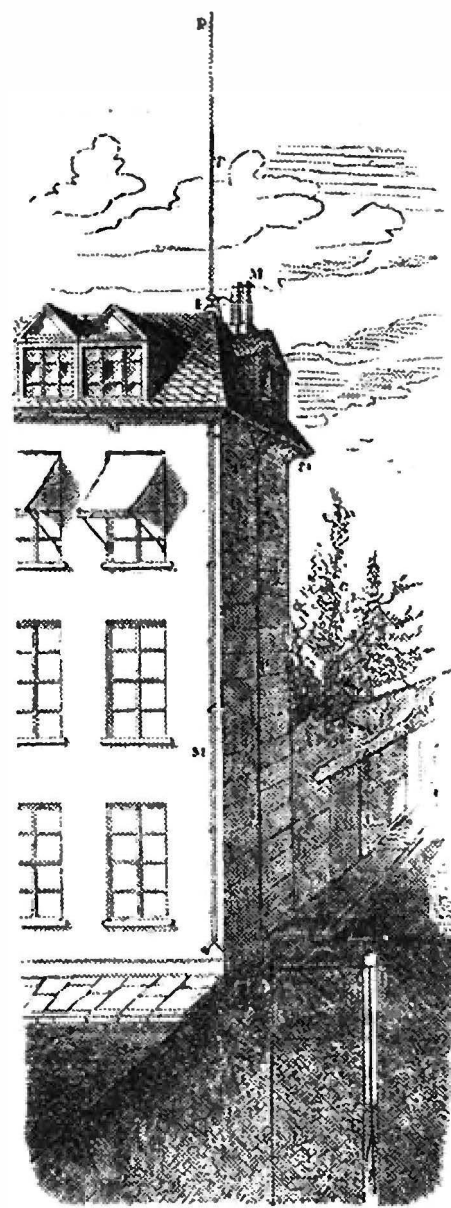
Когда у поверхности Земли под действием тех или иных факторов напряженность электрического поля оказывается равной 50–1000 В/м, вблизи острых предметов начинается электрический разряд, сопровождаемый характерным шумом. При

дальнейшем увеличении напряженности электрического поля разряд становится видимым, иногда приобретая коронную форму. Эти свечения – так называемые огни Святого Эльма – особенно сильны бывают в горах и на море, предоставляя широкое поле фантазии бывалым путешественникам.

Возвращаясь к основоположнику учения об атмосферном электричестве, отметим, что Бенджамин Франклин занимался и другими аспектами натуральной философии. Так, он создал карту течения Гольфстрима, изобрел музыкальный инструмент с трущимися стеклянными шарами, экономичную печку с подогревом воздуха на входе (до сих пор распространенную в Америке и во Франции), уличные фонари, двойные очки для старческой дальнозоркости и многое другое.

Открытия Франклина в области атмосферного электричества произвели ошеломляющее впечатление на современников.

Лондонское Королевское общество присудило ему в 1753 году свою высшую награду – медаль Копли, а три года спустя избрало его своим членом. К этому времени, однако, Бенджамин Франклин был уже настолько вовлечен в общественно-политическую жизнь страны, что научные изыскания ему пришлось оставить.



Громоотвод

На политической карте Европы нет в настоящее время государства «Далмация», подарившего миру одного из крупнейших астрономов и математиков своего времени – Рудже-ра Бошковича (1711–1787).

Бошкович родился в Рагузе, на территории современной Хорватии, и получил начальное образование в иезуитском колледже своего родного города. С 1725 года он продолжил занятия в Риме, где поразил своими способностями профессоров математики Римского иезуитского колледжа, в частности он предложил свой собственный вывод теоремы Пифагора, а сразу по окончании колледжа был назначен преподавателем математики в этом колледже. Тогда же он обнаружил интерес к астрономическим проблемам, публикуя каждый год трактаты, названия которых говорят сами за себя: «Солнечные пятна» (1736 г.), «Траектория Меркурия» (1737 г.), «Северное сияние» (1738 г.), «Форма Земли» (1739 г.), «Движение небесных тел в безвоздушной среде» (1740 г.), «Различные эффекты гравитации» (1741 г.), «Аберрация неподвижных звезд» (1742 г.).

Проблемы чистой математики и разнообразные физические проблемы также привлекали внимание Бошковича. Он принимал участие во всех актуальных диспутах того времени, включая обсуждение отклонения формы Земли от идеальной сферы, расчет орбиты кометы из ограниченного числа наблюдений и так далее. Его участие в этих дискуссиях привлекло внимание ряда итальянских и иностранных академий, членом которых он был избран. Со знаменитым математиком Эйлером Бошкович разделил приз за решение одной из задач, поставленных Французской академией.

В ряде научных трудов Бошкович изложил концепцию, согласно которой все тела состоят из точечных структур, не имеющих геометрических размеров и не подверженных делению, причем между этими точками существует отталкивание на малых расстояниях и притяжение на больших расстояниях. В концепции Бошковича впервые были введены частицы, движущиеся со скоростью света. Все это удивительным образом предвосхитило многие позднейшие открытия физики элементарных частиц.



Руджер Бошкович, 1 динар, Хорватия, 1991 г.

Деятельность Бошковича, разумеется, не ограничивалась написанием трактатов и участием в дискуссиях. Он был советником папы римского по многим техническим проблемам. В частности, благодаря Бошковичу купол собора Св. Петра был укреплен железными дугами. Папа Бенедикт XIV поручил ему точный расчет длины меридиана, а влияние Бошковича на папу, в свою очередь, привело к отмене в 1757 году запрета церкви на учение Коперника.

В 1764 году Бошкович принял приглашение университета Павии занять пост профессора математики и примерно в то же время совместно с Лагранжем принял участие в организации обсерватории Брера в Милане. В 1772 году Бошкович предполагал перебраться в университет Пизы, однако король Франции Луи XV переманил его на должность главного оптика военно-морского флота. В этой должности Бошкович оставался до 1783 года, когда он вернулся в Италию для издания своих ранее неопубликованных книг. Последние годы жизни этот деятельный человек и гениальный провидец современной физики провел в одном из удаленных монастырей.

Любопытную оценку Бошковичу дал великий французский математик Даламбер: «...Свои работы Бошкович излагает скорее как гуру, которому известна абсолютная истина, нежели как исследователь, способный запутаться в собственных рассуждениях».

ВЕЛИКИЙ МОРЕПЛАВАТЕЛЬ

Хорхе Хуан де Сантасилья (1713–1773) – потомок двух благородных испанских семей, рыцарь мальтийского ордена – все свои силы направил на укрепление испанской государственности, которой действительно принес немалую пользу. Уже в возрасте 14 лет в чине командора Хорхе Хуан сражался с мавританскими галерами в Средиземном море. В 16 лет он вернулся в Испанию, чтобы поступить в Корпус морской стражи – Навигацкую школу в Кадисе. Здесь, наряду с углубленным изучением геометрии, тригонометрии, астрономии, навигации и картографии, он овладел искусствами музыки, живописи и танца. В студенческой среде Хорхе Хуан получил прозвище «Евклид».

Кадис в те годы представлял собой форпост просвещения в Испании, где проповедовались идеи Вольтера и Ньютона, развивалась торговля с Америкой, а Навигацкая школа обеспечивала флот квалифицированными моряками. В этой творческой атмосфере таланты Хорхе Хуана получили необычайное развитие, так что к 21 году он уже был сложившимся мореплавателем. Как раз в это время, в 1734 году, испанский король Филипп V получил от своего кузена во Франции Людовика XV запрос о содействии в организации научной экспедиции в Перу для измерения меридиана и определения земного градуса, с тем чтобы сопоставить результаты этих наблюдений с результатами аналогичной экспедиции Мопертюи в Лапландию. Длина дуги, отвечающая меньшему радиусу, разумеется, меньше длины дуги, отвечающей большему радиусу, хотя их углы равны. Измерение длин дуг в различных местах должно было позволить определить форму Земли.

В XVIII веке вопрос о форме Земли стоял с такой же остротой, как двумя столетиями позже встал вопрос о структуре ДНК. Некоторые академики утверждали, что Земля скорее напоминает собой дыню, тогда как другие стояли на том, что ее форма скорее ближе к арбузу. Сторонники «арбузной» гипотезы, среди которых были Ньютон, Галлей и Гюйгенс, опирались в своих размышлениях на всемирный закон тяготения (тела весят меньше на экваторе) и на эксперименты с маятником (в разных местах он колеблется с разными частотами). Экспедиции



Хорхе Хуан де Сантасилья, 10000 песет, Испания, 1993 г.

Французской академии на полюс и на экватор должны были разрешить эту фундаментальную проблему.

Филипп V, сторонник прогресса в его французской интерпретации, не только одобрил начинание Людовика XV, но и распорядился выделить в состав перуанской экспедиции двух образованных офицеров, способных при необходимости провести даже своими силами все необходимые измерения. Более того, Испания взяла на себя половину стоимости экспедиции. Выбор короля пал на молодых морских офицеров Хорхе Хуана де Сантасилья и Антонио де Уллоа. Если первому из них к началу предприятия исполнилось двадцать два года, то второму было лишь двадцать лет. Обоим вне очереди и без выслуги лет было присвоено звание лейтенанта, и каждый из них получил свое предписание. Хорхе Хуану было поручено сконцентрироваться на геодезических измерениях, а Антонио – на натуралистических наблюдениях.

Однако задачи двух исследователей этим не ограничивались. Они были обязаны вести полный дневник своего путешествия, записывать все физические и астрономические наблюдения, включая расчеты широты и долготы географических объектов, делать зарисовки портов и фортификационных сооружений, проводить ботанические и минералогические наблюдения, а также подготовить секретный доклад о политической ситуации в заморских территориях.

С этими инструкциями 26 мая 1735 года офицеры покинули Кадис, а 7 июля прибыли в Картахену. Французские же академики прибыли в Южную Америку лишь 15 ноября, и все вместе они направились в Кито. С 1736 по 1744 год велись измерения

земного радиуса вдоль экватора, что потребовало преодоления неисчислимых трудностей. Топографическая съемка на пересеченной местности всегда представляла особые проблемы, но в горах высотой до 5000 метров масштаб этих проблем возрастал многократно. Для повышения точности измерений экспедиция разбилась на две группы, каждая из которых, двигаясь навстречу друг другу, выполнила полный цикл топографической съемки. Данные геодезических измерений затем сопоставлялись с астрономическими наблюдениями.

Впоследствии Антонио де Уллоа описал условия, в которых проводилась съемка, следующими словами: «...большую часть времени мы проводили в убогой хижине, ибо свирепый ветер и лютый холод не позволяли надолго покидать ее. Сквозь облака не было никакой видимости, а дыхание затруднялось низким давлением. Порывы ветра раскачивали наше ветхое пристанище, камнепад же представлял постоянную угрозу для жизни». Однако данные, полученные экспедицией, оправдывали такие жертвы. Установление размеров и формы Земли позволило впредь точно определять широту и долготу местонахождения путешественников. По сути, Хорхе Хуан де Сантасилья и Антонио де Уллоа уточнили около сорока процентов имевшихся тогда карт мира. С высокой точностью была определена длина дуги в один градус на экваторе, что, в сопоставлении с данными лапландской экспедиции Мопертюи, разрешило спор о форме Земли в пользу сторонников сплюснутой с полюсов «арбузной» модели.

После девяти лет испытаний испанские офицеры решили возвращаться в Европу на разных судах, с тем чтобы в случае непредвиденных обстоятельств хотя бы одна копия записей о результатах экспедиции достигла места назначения. На французских фрегатах «Лиз» и «Делиберенс» 22 октября 1744 года они отправились в обратный путь.

Хорхе Хуан на «Лизе» достиг Бреста 31 октября 1745 года, откуда он направился в Париж для обсуждения результатов астрономических наблюдений. Здесь он познакомился со многими выдающимися учеными своего времени и был представлен к членству во Французской академии.

С Антонио де Уллоа судьба распорядилась по-другому. «Делиберенс» был захвачен англичанами, которые успели объявить войну французам, пока корабль с естествоиспытателем на борту пересекал Атлантику. Тайные записи Антонио де Уллоа выбросил за борт, но дневники геодезических и астрономических наблюдений сдал захватчикам, отметив при этом проявленный к этим записям неподдельный интерес. Некоторое время он провел

в Портсмутской тюрьме, однако после ознакомления с дневниками Адмиралтейство объявило его свободным, причем герцог Бедфордский высказался в том смысле, что война не должна препятствовать развитию искусства и науки. Антонио де Уллоа были возвращены его дневники, а он сам представлен в члены Королевского общества.

Когда оба путешественника вернулись в Мадрид, Филиппа V уже не было на троне, а в Адмиралтействе и Министерстве иностранных дел их приняли без всякого интереса. Хорхе Хуан намеревался вернуться на Мальту, когда к ним проявил внимание могущественный маркиз Ла Ансенада, отвечавший за военную и морскую политику Испании. Фердинанд VI присвоил обоим офицерам звание капитана фрегата и проявил интерес к секретной части их доклада, где описывалось политическое состояние заморских территорий.

Жизнь Хорхе Хуана и по завершении Перуанской экспедиции была отмечена историческими событиями и полна самоотверженным служением отчизне. В 1749 году он посетил Англию с секретным поручением от Ла Ансенады, собирая информацию о достижениях местных корабелов. В том же году он вместе с Антонио де Уллоа опубликовал новый обширный трактат по результатам своих южноамериканских наблюдений. В 1752 году Хорхе Хуан стал директором Академии морской стражи и сосредоточился на преподавании и научных исследованиях. В Кадисе он основал астрономическую обсерваторию, оснащенную современным оборудованием. Много внимания Хорхе Хуан уделял конструированию легких и маневренных судов и лично руководил испытаниями их моделей. В 1754 году король назначил его в палату мер и весов для контроля за качеством национальной валюты. Тогда же Хорхе Хуан основал Ученое собрание в Кадисе – прообраз будущей Академии наук. В ходе научных дискуссий с коллегами у него созрела мысль о написании «Морских испытаний», которые в двух томах были опубликованы в 1771 году. Этот трактат о конструкциях, механике и управляемости морских судов стал учебным пособием для многих поколений кораблестроителей.

В 1773 году приступ болезни свел Хорхе Хуана в могилу. Ученики вспоминали о нем как о философе-христианине. Когда Хорхе Хуану задавали научный вопрос, он воспринимал его как свою личную проблему. На просьбу высказать свое суждение по какому-либо предмету он откликался лишь после того, как собирал и анализировал всю имеющуюся информацию. Его мнение всегда было результатом зрелого размышления.

В ПОИСКАХ НОВЫХ КОНТИНЕНТОВ

Луи Антуан де Бугенвилль (1729 – 1811) прославился не математикой, хотя под влиянием Д'Аламбера он в 1752 году и написал трактат по интегральному исчислению, непрев-



*Луи Антуан Бугенвилль,
50 вату, Вануату, 1994 г.*

зойденный по ясности и глубине изложения. В этой работе были развиты идеи Лопиталя, сформулированные полувеком ранее. Здесь также были изложены новейшие представления дифференциального исчисления, что привело к признанию Бугенвилля не только Национальной академией наук Франции, но и Королевским обществом Англии. В 1756 году Бугенвилль опубликовал второй том своих математических изысканий, однако на этом его карьера математика завершилась.

Бугенвилль прожил необычайно яркую жизнь. В 1754 году он поступил на службу в армию и сражался за независимость французских колоний в Канаде. Через семь лет он перешел на флотскую службу и в 1764 году основал французскую колонию на Мальдивах.

В 1766 году правительство Франции поручило Бугенвиллю

организацию первого французского кругосветного путешествия. Целью путешествия был поиск новых земель, однако у самого Бугенвилля не было какого-то определенного мнения о существовании неизвестного континента. С одной стороны, как он писал, трудно предположить такое обилие малых островов в южной части Тихого океана без наличия южного континента. С другой стороны, он полагал, что если бы такая земля существо-



Луи Антуан Бугенвилль, 5 франков, архипелаг Св. Пьера и Микелона (владение Франции), 1960 г.

вала, то она уже была бы открыта. В ноябре 1766 года Бугенвилль отправился в путь и через некоторое время встретился в Рио-де-Жанейро со своим вспомогательным судном, на котором находился ботаник Коммерсон. Этот ботаник открыл растение с ярко-красными плотными листьями. В честь встречи с начальником экспедиции он назвал это растение бугенвиллеей. В южной части Тихого океана Бугенвилль открыл целый ряд географических объектов, включая пролив и остров, впоследствии названные его именем.

Кругосветное путешествие сделано Бугенвилля знаменитым, он стал первым французом, обогнувшим земной шар. По возвращении на родину он был назначен личным секретарем Людовика XV. С 1779 по 1782 год Бугенвилль участвовал в операциях французского флота против англичан в Северной Америке. Во время Великой французской революции он бежал из Парижа и обосновался на своей усадьбе в Нормандии. Несмотря на свою широко известную приверженность роялизму, Бугенвилль избежал репрессий, а с приходом к власти Наполеона был удостоен сенаторства и членства в ордене Почетного Легиона.

НОВЫЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

...Короче, Вольта создал электрическую батарею, а Эрстед закоротил ее проволокой и увидел, что стрелка компаса отклоняется. Фарадей, наоборот, заставил ток течь по проволоке при движении магнита и открыл электромагнитную индукцию.

Из беседы студентов физфака МГУ перед экзаменом по истории физики

«Если похлестать кошачьей шкуркой смоляной диск и положить на него железный кружочек, то скопившийся на этом кружочке электрический заряд можно использовать для зарядки лейденской банки», – об этом результате, изобретении электрофора, Алессандро Вольта (1745–1827) сообщил в пись-

мах выдающимся ученым того времени. Электрофор явился первым прибором, позволившим, пусть небольшими порциями, накапливать электрический заряд и использовать его, например, для излечения паралича пальца или получения искры в темноте.

Главным же достижением итальянского ученого стало, однако, создание в 1799 году первого источника постоянного тока – вольтова столба. Это устройство состояло из нескольких десятков



*Алессандро Вольта, 10 лир,
Сан-Марино, 1984 г.*

пластин меди, наложенных на такое же количество пластин цинка и отделенных друг от друга кожаными или картонными прослойками. Кожу или картон в этом устройстве следовало пропитывать щелоком или соленой водой, а весь набор пластин – сжимать механическим прессом. Электрический столб не требовал подзарядки от постороннего источника и, по выражению Вольты, «вызывал сотрясение» всякий раз, когда к нему прикасались. Развитием вольтова столба стал его чашечный вариант – прообраз современных аккумуляторов. В чашки, заполненные наполовину щелочью или соленой водой, Вольта



Алессандро Вольт, 10000 лир, Италия, 1984 г.

опускал серебряные и цинковые пластины и соединял их последовательно проводами для суммирования эффекта.

С точки зрения современной науки, возникновение электрической искры при закорачивании крайних пластин вольтова столба обусловлено происходящими в нем химическими реакциями и возникающей при этом разностью потенциалов. Если, например, цинковую пластину опустить в раствор серной кислоты H_2SO_4 , то цинк будет растворяться, но в раствор будут уходить не нейтральные атомы, а двукратно заряженные ионы Zn^{2+} . В результате этого раствор в непосредственной близости от пластины заряжается положительно, цинковая пластина заряжается отрицательно, и металл относительно электролита приобретает так называемый электрохимический потенциал. Знак и величина этого потенциала зависят не только от природы кислоты и металла, но и от концентрации ионов в растворе. Если в раствор погружены пластины двух различных металлов, то между ними возникает напряжение, равное разности их электрохимических потенциалов. Так, в серной кислоте, содержащей в одном литре моль ионов металла, электрохимический потенциал цинка равен $-0,5$ вольта, электрохимический потенциал меди равен $+0,6$ вольта (в отличие от цинка, медь заряжается положительно, а раствор кислоты около нее — отрицательно), и напряжение между пластинами (электродвижущая сила такой пары) составляет $1,1$ вольта. Причем заметим, что для количественного описания эффекта используется единица, названная в честь великого физика.

Открытие Вольты уже в 1800 году позволило разложить на

составляющие воду и аммиак, серебрить, меднить и цинковать электроды и, главное, положило начало новому этапу в развитии электричества – электродинамике.

В 1820 году неприменный секретарь Датского королевского общества Ханс Кристиан Эрстед (1777–1851) прямо во время лекции обнаружил, что магнитная стрелка отклоняется, если полюса вольтовой батареи соединить проволокой. Используемая им батарея давала столь сильный ток, что соединительная проволока раскалялась докрасна. Это обстоятельство Эрстед считал существенным для успеха опыта, однако, как вскоре выяснилось, стрелка отклонялась и от более слабого тока. Автор открытия назвал наблюдаемый им процесс «электрическим конфликтом», полагая, в духе философии Шеллинга, что все в этом мире происходит благодаря столкновению полярно противоположных сущностей. Проволока действительно соединяет противоположные полюсы батареи – положительный и отрицательный, однако особенно важно то, что «электрический конфликт» разыгрывается не только в металлической проволоке, но и во всем окружающем ее пространстве.

Действие тока на магнитную стрелку было весьма необычным. Все известные к тому времени силы приводили либо к притяжению, либо к отталкиванию, магнитная же стрелка не притягивалась и не отталкивалась проводником с током, а поворачивалась, стремясь установиться перпендикулярно проволоке. Отмечая это обстоятельство, Эрстед писал, что «...согласно изложенным фактам, электрический конфликт образует вихрь вокруг проволоки. Иначе было бы непонятно, как один и



Ханс Кристиан Эрстед, 100 крон, Дания, 1970 г.

тот же участок проволоки, будучи помещен под магнитным полюсом, относит его к востоку, а находясь над полюсом — увлекает его к западу». Это замечание Эрстеда по сути является констатацией того факта, что электрический ток охвачен круговыми магнитными линиями.

Открытие датского физика вызвало колоссальный интерес в научном сообществе и особенно в среде французских ученых. Уже вскоре после его опубликования Жан Батист Био и Феликс Савар нашли выражение для силы, действующей со стороны тока на магнитный полюс, Доминик Франсуа Араго обнаружил намагничивание железных опилок проводником с током, а Андре Мари Ампер получил выражение для силы взаимодействия между электрическими токами и выявил тесную «генетическую» связь между электрическими и магнитными процессами.

Честь экспериментального открытия эффектов вращения магнита вокруг проводника с током и проводника с током вокруг магнита принадлежит, однако, не французам, а выдающемуся английскому ученому Майклу Фарадею (1791—1867). Опыты, поставленные Фарадеем в 1831 году для наблюдения электромагнитного вращения, были очень изящны. Для успешного осуществления этого опыта (и, по сути, создания первого электродвигателя) нужно было придумать такое расположение магнита и тока, при котором последний действовал бы лишь на один полюс магнита. Для этого ток пропусклся через чашки со ртутью, в которые сверху был опущен металлический провод. В одной из чашек провод был установлен вдоль оси сосуда, а выступающий над ртутью полюс магнита вращался вокруг этой



Майкл Фарадей, 20 фунтов, Англия, 1993 г.

оси. В другой чашке, наоборот, по оси сосуда был установлен магнит, а вокруг него вращался электрический провод.

Добившись успеха в опытах с электромагнитным вращением, Фарадей поставил себе задачу «превратить магнетизм в электричество». Такую задачу ставили многие физики, пытаясь получить искру или другое известное тогда действие электрического тока, наматывая проволоку на намагниченное железо. Все эти опыты заканчивались неудачей, поскольку постоянный магнит никак не хотел создавать электрический ток. Впрочем, историческая справедливость требует отметить, что, в то время как европейские физики в очередной раз признали безуспешность своих попыток получить электричество из магнетизма, американский ученый Джозеф Генри наблюдал возникновение индукционного тока в катушке при движении магнита. Пока Генри собирался опубликовать результаты своих опытов, в печати появилось сообщение Фарадея об открытии им электромагнитной индукции.

Вот фрагменты исторических записей из рабочих тетрадей Фарадея 1831 года:

«...Взял железное кольцо, на которое намотал две катушки из изолированной хлопчатобумажной тканью медной проволоки.

Зарядил батарею из 10 пар пластин по 4 квадратных дюйма. Концы одной из обмоток замкнул медным проводом, проходящим как раз над магнитной стрелкой. Присоединил концы другой обмотки к батарее. Немедленно ощущалось заметное влияние на стрелку: она колебалась, но в конце концов вернулась в исходное положение. То же самое – при размыкании соединения второй обмотки с батареей».

Далее Фарадей описывает индукционное действие, полученное при помощи постоянных магнитов:

«...если магнит вдвинуть в спираль и пронести через нее одним непрерывным движением, то стрелка смещается в одну сторону, затем внезапно останавливается и, наконец, начинает двигаться в другую сторону».

И снова фрагменты записей Фарадея:

«...Результаты, которые к этому времени были мною получены с магнитами, привели меня к мысли, что ток от батареи при пропускании его через один проводник действительно индуцирует подобный же ток в другом проводнике, но что этот ток длится всего один момент и по природе своей походит скорее на электрическую волну, возникающую при разряде обыкновенной лейденской банки, чем на ток от гальванической батареи...

При сближении проводов индукционный ток имел направле-

ние, обратное направлению индуктирующего тока. При удалении проводов друг от друга индуцированный ток имел то же направление, что индуктирующий ток. Когда провода оставались неподвижными, индуцированного тока не было вовсе».

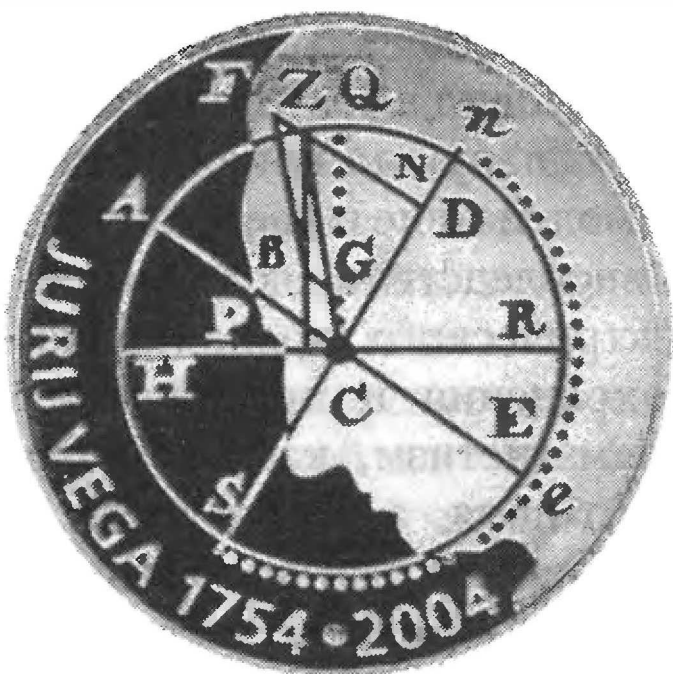
Эти записи из дневника Фарадея описывают одно из величайших открытий в истории человечества, имевшее огромные научные и технические последствия. Но та же историческая справедливость требует упоминания и о других сделанных этим ученым открытиях.

Так, Фарадей доказал тождественность известных тогда видов электричества: животного (электрические скаты и угри), магнитного, гальванического, теплового (термоэлектричество) и вызываемого трением. Стремясь выяснить природу электричества, он провел эксперименты по прохождению тока через растворы солей, кислот и щелочей и установил в результате этих опытов законы электролиза. Фарадей обнаружил влияние диэлектриков на электростатическое взаимодействие и ввел понятие диэлектрической проницаемости, а впоследствии экспериментально доказал закон сохранения электрического заряда и близко подошел к открытию закона сохранения и превращения энергии. В 1845 году он открыл диамагнетизм, как свойство вещества выталкиваться из магнитного поля, а в 1847 году – парамагнетизм, как свойство вещества втягиваться в магнитное поле. Наряду с этим, Фарадей обнаружил эффект вращения плоскости поляризации света в магнитном поле, что послужило первым экспериментальным доказательством электромагнитной природы света и положило начало целому направлению в современной физике – магнитооптике.

Наконец, именно Фарадею принадлежит чрезвычайно плодотворная концепция физических полей. По мнению Альберта Эйнштейна, идея поля была самой оригинальной идеей Фарадея, самым важным открытием со времен Ньютона. У всех предшественников Фарадея пространство выступало лишь в качестве пассивного свидетеля процессов, происходящих между телами или зарядами, у Фарадея же оно активно участвует в явлениях. «Надо было иметь могучий дар научного предвидения, – писал Эйнштейн, – чтобы распознать, что в описании электрических явлений не заряды и не частицы ответственны за суть явлений, а скорее пространство между зарядами и частицами».

ПРОФЕССОР ОТ АРТИЛЛЕРИИ И ЧИСЛО «ПИ»

Юрий (в немецкой транскрипции – Георг) Вега родился в 1756 году в Загорице близ Любляны (Словения), где юношей в течение шести лет посещал высшую школу. По окончании лицея в Любляне он приобрел квалификацию инженера, а с 1780 года стал профессором артиллерийского училища в Вене. К этому времени он уже обладал обширными



Юрий Вега, 5000 толариев, Словения, 2004 г.

познаниями в логике, математике, физике, баллистике, геодезии и других специальных дисциплинах.

Вега был не только строгим преподавателем, но и участвовал в самых жестоких войнах своего времени. В 1788 году он командовал артиллерийскими батареями при осаде и взятии укрепленного турками Белграда; в 1793–97 годах воевал против революционной Франции и принял участие в битвах при Майнце, Мангейме, Висбадене и других

городах. В 1796 году он был награжден орденом Марии Терезии, а в 1800 году – удостоен баронского титула. На его родовом гербе изображено пушечное ядро.

При жизни Вега не был обойден признанием, он был членом академических сообществ Майнца, Эрфурта, Гёттингена, Берлина и Праги. Смерть барона окутана тайной: в сентябре 1802 года он исчез, а позже его тело было найдено в Дунае под Венной.

Известен Вега и своими математическими работами. Еще в 1783 году он опубликовал таблицы логарифмов, а затем – таблицы интегралов и ряд других справочных материалов. Эти книги были переведены на многие языки и выдержали более 100 изданий. С 1782 по 1800 год он подготовил и издал четырехтомный учебник математики. Некоторые из приведенных в нем оригинальных математических формул представляют интерес и сейчас. Например, он выразил синусы и косинусы всех углов с

шагом в три градуса через простые дроби и квадратные корни из простых чисел.

Помимо книг и учебников, им было опубликовано по меньшей мере шесть научных работ. Одна из наиболее важных, вышедшая в свет в 1789 году, была посвящена вычислению числа

$$\pi = 3,14159265358979323846264 \dots$$

История этого числа тщательно прослежена математиками, и имя Юрия Веги занимает в ней почетное место.

Первый расчет отношения длины окружности к ее диаметру принадлежит Архимеду (3 век до н.э.). Он установил, что

$$\frac{223}{71} < \pi < \frac{22}{7}.$$

Вызывает уважение тот факт, что ученый уже тогда не претендовал на установление точного значения числа π .

К началу XVII века было вычислено 35 знаков десятичного разложения числа π . Этот рекордный результат принадлежал профессору математических и военных наук Лейденского университета Лудольфу ван Цейлену. Как и многие предшественники, Цейлен в своих кропотливых вычислениях (продолжавшихся всю жизнь!) опирался на разработанный Архимедом метод вписанных и описанных окружностей.

Новые инструментальные средства математического анализа, которые стали применять исследователи в конце XVII века, позволили взглянуть на число π с совершенно неожиданной стороны.

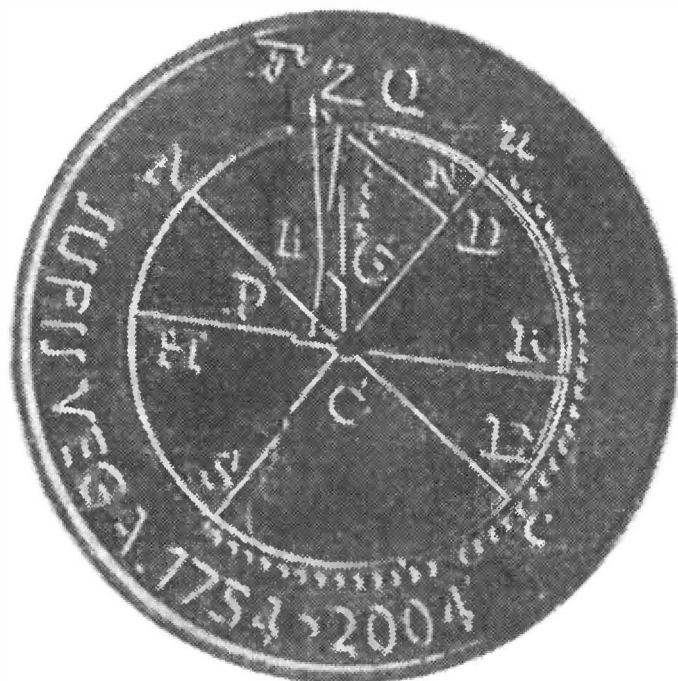
Немецкому математику Готфриду Вильгельму Лейбницу принадлежит красивая формула разложения в ряд:

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11} + \dots,$$

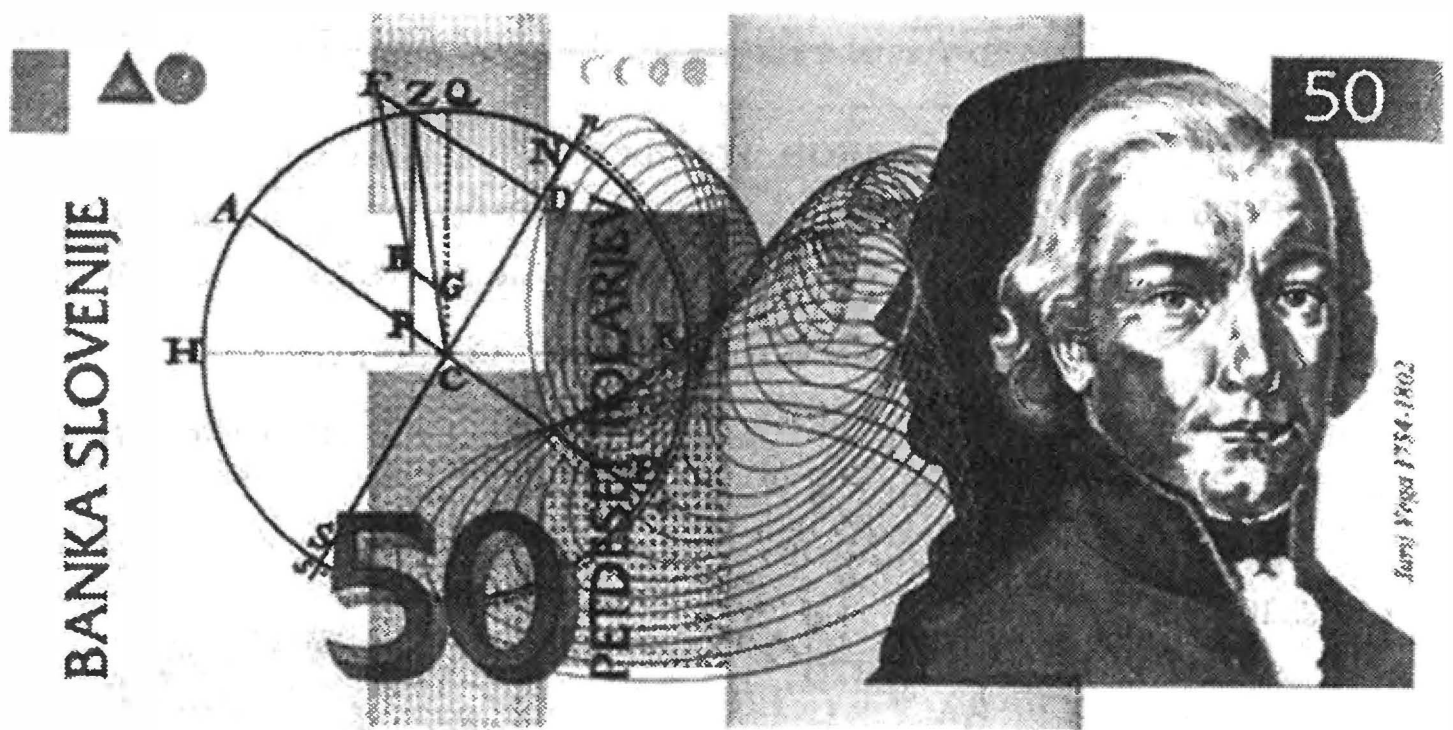
позволяющая, по крайней мере в принципе, вычислять число π со сколь угодно высокой точностью.

Еще более эффективные расчетные зависимости получили Авраам Шарп:

$$\frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{3} \left(1 - \frac{1}{9} + \frac{1}{45} - \frac{1}{189} + \frac{1}{729} - \frac{1}{2673} + \dots \right),$$



Юрий Вега, 500 толариев, Словения, 2004 г.



Юрий Вега, 50 толариев, Словения, 1992 г.

с помощью этого разложения ему удалось в 1699 году получить 71 точный знак числа π , и Джон Мэчин:

$$\frac{\pi}{4} = 4 \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{3 \cdot 5^3} + \frac{1}{5 \cdot 5^5} - \frac{1}{7 \cdot 5^7} + \dots \right) - \left(\frac{1}{239} - \frac{1}{3 \cdot 239^3} + \dots \right)$$

– это разложение позволило Мэчину в 1706 году вычислить 100 десятичных знаков числа π .

В 1794 году Юрий Вега указал значение π с точностью до 140 десятичных знаков, из которых точными оказались 136. Этот рекорд продержался около 50 лет.

Сегодня с помощью компьютера вычислено свыше триллиона десятичных знаков числа π (при этом используются алгоритмы, разработанные на базе высших разделов современной математики – теории эллиптических и модулярных функций).

ОТКРЫТИЕ ПЛАНЕТЫ НЕПТУН

Известный французский астроном Урбен Жан Жозеф Леверье (1811–1877) родился в семье мелкого чиновника в Нормандии. Он получил образование в знаменитой Политехнической школе Парижа, которую окончил в 1833 году. После нескольких лет поисков своего научного пути Леверье нашел призвание в небесной механике. Он был автором многих работ в этой области и завоевал авторитет непревзойденного вычислителя вековых изменений в движении больших планет. (Вековыми изменениями называются монотонно растущие со временем отклонения от кеплеровского движения по орбитам, замеченные у Юпитера и Сатурна, а позднее и у Луны.) В 1845 году, по совету директора Парижской обсерватории Араго, Леверье занялся задачей расчета движения Урана – седьмой планеты Солнечной системы.

Еще с конца XVIII века астрономы стали замечать странности в поведении Урана. За 50 лет наблюдений им трижды пришлось уточнять таблицы движения этой планеты, но она упрямо сходила с пути, предусмотренного небесной механикой Ньютона. В 40-е годы XIX века расхождение между вычисленными по



Урбен Леверье, 50 франков, Франция, 1947 г.

таблицам и наблюдаемыми положениями Урана достигало десятков угловых секунд, что почти в 100 раз превышало наименьшую величину, которую могли улавливать и с точностью до которой измеряли положение небесных тел астрономы. Среди всевозможных гипотез неоднократно высказывалась догадка о существовании далекой планеты, которая своим притяжением возмущает орбиту Урана, но дальше догадок дело не шло.

Леверье с энтузиазмом взялся за решение предложенной Араго задачи, и 10 сентября 1845 года появилась его первая работа о движении Урана, где было показано, что никакими известными причинами объяснить его «неправильное» поведение нельзя. За ней последовала вторая (1 июня 1846 г.), а вскоре (31 августа 1846 г.) – и третья работа. В этих работах сообщались необходимые координаты новой планеты, масса и элементы орбиты. Завершив свои вычисления и учитывая ограниченные возможности французских наблюдателей, Леверье 18 сентября 1846 года направил письмо в Берлин, где регулярно выпускались самые точные карты звезд до десятой величины. Получив письмо, астроном Берлинской обсерватории Галле в тот же вечер направил свой телескоп на отмеченное в письме место неба и обнаружил необычную звездочку восьмой величины с явно заметным диском (истинные звезды даже в крупнейшие современные телескопы представляются точками). Сравнив ее положение с указаниями точных звездных карт, Галле убедился, что письмо Леверье содержит великое открытие. Так в списке больших планет Солнечной системы прибавилась еще одна, восьмая по счету, названная затем Нептуном и удаленная от Солнца на 4,5 миллиарда километров.

Надо сказать, что загадкой Урана еще в 1841 оду заинтересовался студент Кембриджского колледжа Джон Адамс. Закончив колледж, он целиком посвятил себя вычислениям. Решая поставленную задачу методом последовательных приближений, Адамс сначала провел все вычисления по 20 наблюдениям Урана за 1780–1840 годы, а затем, получив результаты наблюдений Гринвичской лаборатории за 1750–1830 годы, повторил их заново. После двух лет напряженного труда Адамс решил задачу. В сентябре 1845 года он сообщил профессору астрономии Чаллису массу и элементы орбиты новой, следующей за Ураном планеты, а также указал ее координаты на небесной сфере на 30 сентября 1845 года. К сожалению, директор Гринвичской обсерватории Дж.Эрн с недоверием отнесся к этим расчетам. В результате в течение 9 месяцев работа лежала без движения, и только после выхода второй работы Леверье Эрн поручил

чаллису поиски новой планеты. К тому времени она уже была открыта Галле.

После горячих споров Англии и Франции о приоритете открытия Нептуна ученый мир оценил заслуги обоих астрономов, признав за Адамсом первенство в математическом решении задачи, а за Леверье – заслугу в деле обнаружения планеты.

В 1846 году Леверье возглавил кафедру небесной механики в Парижском университете, а в 1854 году – еще и Парижскую обсерваторию. Дальнейшая его научная деятельность была посвящена уточнению теории движения больших планет Солнечной системы. В результате почти тридцатилетней работы Леверье осуществил капитальную ревизию теории движения Солнца и планет. Его таблицы, особенно солнечные, до настоящего времени используются в Парижском бюро долгот при составлении астрономических ежегодников.

Изучение движения планет привело Леверье к одному из интереснейших открытий науки XIX века. Исследуя с 1843 года движение Меркурия, Леверье пришел к выводу, что возмущения его орбиты не объясняются влиянием известных тел Солнечной системы. Он попытался объяснить это явление действием некоей гипотетической планеты, находящейся ближе к Солнцу, чем Меркурий. На самом деле, объяснение наблюдениям Леверье было найдено лишь в начале XX века: аномалии в движении Меркурия оказались следствием новой, более общей, чем ньютоновская теории тяготения, – общей теории относительности Эйнштейна.

Леверье занимался также вопросами происхождения малых планет – астероидов, которые в виде огромного роя обращаются вокруг Солнца между Марсом и Юпитером. Он указал, что на расстоянии от Солнца, совпадающем с нижней границей пояса астероидов, тело сравнительно малой массы под действием Юпитера должно испытывать особенно большие возмущения. Такое тело, изменив орбиту, может оказаться вблизи Юпитера и быть разорвано действием его притяжения. Это, казалось бы, говорит о происхождении астероидов в результате разрушения какой-то большой планеты. В настоящее время, однако, большинство астрономов не разделяет эту точку зрения, и вопрос о происхождении астероидов остается открытым.

ЗАКОН МЕНДЕЛЕЕВА

«Вода и камень, лед и пламень» – примерно таковы были представления мыслителей древности об окружающих нас стихиях, материалах и образующих их элементах. В этом поэтическом перечне содержатся два состояния известного химического соединения, неведомый минерал и результат бурной реакции окисления какой-то органики. По мере развития



Дмитрий Менделеев, 1 рубль, СССР, 1984 г.

цивилизации все больше предметов различного происхождения включались в повседневный обиход, при этом некоторые камни, попадая в огонь, растекались как вода, а при охлаждении превращались в полезные металлы. Так человечество вступило в бронзовый, а затем и в железный век, причем освоение новых элементов знаменовало качественные изменения в жизни людей.

Когда римский император Диоклетиан (III в.) приказал уничтожить все книги по обра-

ботке золота, серебра и меди, чтобы предотвратить изготовление фальшивых монет, на первое место в поиске новых веществ вышла алхимия. Благодаря усилиям алхимиков число известных химических элементов к началу XIX века достигло двух десятков, так что их уже можно было как-то классифицировать.

Первая таблица элементов, расположенных в порядке возрастания их атомных весов, была составлена английским химиком и физиком Дальтоном в 1803 году. В этой таблице он впервые ввел обозначения атомов в виде кружков с точками, линиями или буквами внутри, но они не получили широкого распространения.

Классификация исключительно важна в точных науках, поскольку позволяет выделять какие-то общие тенденции в любом рассматриваемом семействе и систематизировать представителей этого семейства по каким-то признакам. Например, сходство между литием, натрием и калием, между хлором, бромом и йодом или между кальцием, стронцием и барием

проявлялось во всех химических реакциях этих элементов, однако этого сходства оказывалось недостаточно для построения гармоничной, внутренне согласованной таблицы элементов.

Попытки систематизации химических элементов по их разнообразным свойствам предпринимались многими исследователями.

Французский химик Дюма еще в начале XIX века отмечал важность соотношения атомных весов (сегодня более правильно говорить – атомных масс) родственных элементов. Так, атомный вес натрия Na равен полусумме атомных весов лития Li и калия K, причем важную роль в соотношении их весов играет цифра 8. В самом деле, атомный вес Li равен 7, $Na = 23 = 7 + (8 \cdot 2)$, $K = 39 = 7 + (8 \cdot 4)$. Эта цифра действительно, как оказалось позже, не случайна.

В 1853 году английский химик Гладстоун обратил внимание на то, что некоторые элементы с близкими атомными весами сходны по химическим свойствам. Таковы, например, осмий Os, иридий Ir и платина Pt, а также железо Fe, кобальт Co и никель Ni. Отметим, что для многих других элементов близость атомных весов вовсе не означает химического родства, так что отмеченная Гладстоуном особенность указывала на существование некоторых особых семейств химических элементов.

Немецкий химик Петтенкофер в середине XIX века отмечал важное значение не только числа 8 в соотношении атомных весов родственных элементов, но и числа 18. И этот факт впоследствии нашел естественно-научное объяснение.

Все эти находки и подмеченные закономерности оказались очень важными для построения системы элементов, однако решающий шаг в этом направлении был сделан Дмитрием Ивановичем Менделеевым (1834–1907) в 1869 году. При составлении своей периодической системы он учел не только атомный вес, но и «индивидуальность» каждого сорта атомов, которая проявляется в их способности к образованию химических соединений.

Если бы атомы характеризовались всегда одной и той же валентностью, то задача их систематизации была бы существен-



Таблица Менделеева, 3 рубля, Россия, 2000 г.

но проще – следовало бы разбить все имеющиеся элементы на группы с постоянной валентностью и в пределах каждой группы расположить их по весу. Однако многие химические элементы в различных соединениях демонстрируют разные валентности. Примером этому могут служить соединения азота и кислорода N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 , в ряду которых валентность азота повышается от 1 до 5.

Принцип расположения элементов в порядке возрастания их атомного веса также мог приводить к ошибочным результатам с точки зрения современной науки. Каждый химический элемент может существовать в нескольких вариантах – изотопах, различающихся массой атомного ядра. У некоторых элементов число стабильных и радиоактивных изотопов измеряется десятками. Кроме того, взглядыываясь в периодическую систему элементов, можно заметить, что расположение Co и Ni , Te и I не соответствует принципу возрастания атомного веса.

Проблему поливалентности химических элементов Менделеев решил тем, что стал располагать их по принципу наибольшей валентности. Так, галогены хлор Cl , бром Br и йод I имеют максимальную валентность по кислороду, равную 7, т.е. могут образовывать соединения типа Cl_2O_7 ; халькогены сера S , селен Se и теллур Te имеют максимальную валентность по кислороду 6, т.е. могут образовывать соединения типа SO_3 ; и так далее. Результатом такой классификации стал «вертикальный» вариант периодической системы, в котором наряду с принципом возрастания атомного веса был использован принцип периодической повторяемости свойств химических элементов по мере возрастания их атомного веса.

Неожиданные пробелы в этом плавном нарастании массы при периодической повторяемости химических свойств вынудили Менделеева поставить в первом варианте периодической системы ряд вопросительных знаков, которые впоследствии были заменены на вновь открытые элементы скандий Sc , галлий Ga , германий Ge и гафний Hf . Открытие этих элементов произошло еще при жизни великого химика (за исключением Hf , открытого в 1923 году).

Для построения периодической системы наряду с глубоким пониманием современной химии требовался также дар научного предвидения. Практически точно расположив все известные ему элементы, а таковых было уже более шестидесяти, Менделеев намного опередил свое время. Он, по сути, расположил элементы в соответствии со строгими законами сформулированной намного позже квантовой механики. Из этих законов вытекает

периодическая повторяемость свойств химических элементов по мере нарастания атомного номера.

С точки зрения современной науки, атомы всех химических элементов образованы элементарными частицами трех видов. Ядро атома состоит из положительно заряженных протонов и электрически нейтральных нейтронов. Изотопами одного и того же химического элемента являются атомы, содержащие одно и то же количество протонов и разное количество нейтронов. Вокруг ядра, на расстояниях в десятки тысяч раз превышающих его радиус, вращаются отрицательно заряженные электроны. Их число равно числу протонов в ядре. Электроны атома располагаются вокруг ядра, подчиняясь определенным закономерностям. Согласно принципу Паули, сформулированному лишь в 1925 году, в одном и том же атоме не может быть двух электронов, находящихся в одинаковых квантовых состояниях.

Квантовые состояния электронов в атоме определяются четырьмя квантовыми числами. Первое из них, главное квантовое число n , описывает среднее удаление электрона от ядра. Второе (орбитальное) квантовое число l определяет форму электронной орбитали, третье (магнитное) квантовое число m_l отвечает за ориентацию этой орбитали. Наконец, четвертое (спиновое) квантовое число m_s характеризует спин электрона, который может принимать два значения: $+1/2$ и $-1/2$. Возможные значения второго и третьего квантовых чисел зависят от значения главного квантового числа: l может принимать значения $0, 1, \dots, n - 1$, а m_l может принимать значения $0, \pm 1, \dots, \pm l$. Если $n = 1$, то возможны 2 различных квантовых состояния в атоме, отвечающие нахождению электронов на сферически симметричной орбитали с $l = 0$ и $m_l = 0$. Если $n = 2$, то существует 8 различных квантовых состояний, при $n = 3$ имеется 18 различных квантовых состояний и так далее в соответствии с формулой $2n^2$.

Энергия электрона в ядре зависит от первых двух квантовых чисел, и, поскольку поведение электрона в основном определяется его энергией, для описания электронных состояний обычно используется запись в виде цифры и следующей за ней буквы – цифра совпадает с главным квантовым числом, а значения 0, 1, 2, 3 для второго квантового числа обозначаются буквами s, p, d, f. Эти обозначения ведут свое происхождение от названий четырех типов спектральных линий: s – sharp (резкие), p – principal (основные), d – diffuse (диффузные), f – fundamental (фундаментальные).

В атомах, где частично или полностью заполнена лишь 1s-оболочка, возможно размещение одного или двух электронов,

чему соответствуют самые легкие химические элементы: водород Н и гелий He. Гелий и другие благородные газы, обладающие замкнутыми электронными оболочками, в химические реакции не вступают и при построении периодической системы Менделеевым не рассматривались. Во втором ряду располагаются 8 химических элементов от лития Li до неона Ne, отвечающих заполнению 2s- и 2p-оболочек. Этот ряд содержит химические элементы, образующие основу органических соединений: углерод С, азот N, кислород O. Следующие 3s-, 3p-, и 3d-оболочки могут быть заполнены 18 электронами. Первыми членами этого ряда служат натрий Na и магний Mg, заполнение 3p-оболочки начинается с алюминия Al и заканчивается в благородном аргоне Ar, а затем вместо заполнения 3d-оболочки в калии K и кальции Ca заполняется 4s-оболочка.

Нарушение порядка заполнения электронных оболочек в соответствии с их главным квантовым числом n отражает факт зависимости энергии электронов от орбитального числа l . Лишь после заполнения 4s-оболочки начинает застраиваться 3d-оболочка, и этот процесс затрагивает металлы от скандия Sc до меди Cu. Полное заполнение 3d-оболочки достигается в цинке Zn, а затем от галлия Ga до криптона Kr заполняется 4p-оболочка. В соответствии с формулой $2n^2$, в четвертой оболочке можно разместить 32 электрона, т.е. в дополнение к двум 4s-электронам и шести 4p-электронам найдут себе место еще десять 4d-электронов и четырнадцать 4f-электронов.

В многоэлектронных атомах, однако, порядок заполнения электронных оболочек еще более усложняется. Общая схема расположения энергетических уровней электронов в атомах периодической системы такова:

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f.

Элементы, в которых заполняются 3d-, 4d- и 5d-оболочки, называются переходными металлами, элементы с незаполненной 4f-оболочкой называются лантанидами, а с незаполненной 5f-оболочкой – актинидами.

Несмотря на всю строгость законов квантовой механики, эта наука не в состоянии рассчитать энергию многоэлектронного атома, и поэтому приведенную выше схему расположения энергетических уровней от 1s до 5f следует рассматривать как эмпирический факт. В то же время квантовая механика объясняет, например, почему свойства элементов, расположенных друг над другом в пределах одной колонки, столь близки между собой. Так, в колонке щелочных металлов химические элементы

имеют лишь по одному электрону на внешней s-оболочке и в большинстве химических соединений они одновалентны. Упомянутая выше переменная валентность азота определяется числом электронов на 2s- и 2p-оболочках, участвующих в реакции с кислородом. Близость свойств переходных металлов, содержащих разное число электронов на внутренних, не целиком заполненных оболочках, объясняется тем, что в химических реакциях они часто участвуют лишь электронами внешних s-оболочек. «Магические» числа 8 и 18 соответствуют суммарному числу электронов на s- и p- или s-, p- и d-оболочках. Зная расположение электронов по оболочкам, можно понять свойства не только отдельных элементов, но и предсказать, как они поведут себя в различных химических соединениях.

Открытие периодического закона явилось, выражаясь современным языком, моментом истины в истории естествознания. Тогда не было, разумеется, ясных представлений о рядах лантанидов и актинидов, о радиоактивных элементах и благородных газах. Элементы казались незыблемыми кирпичиками мироздания, а электроны, о распределении которых по оболочкам столько написано выше, были открыты лишь в 1897 году. Теперь, когда все клеточки периодической системы заполнены и идет лишь поиск новых трансурановых соединений, видно, что удивительная гармония природы проявляется как в систематическом изменении физических и химических свойств элементов в пределах каждого ряда, так и в близости этих свойств в пределах каждой колонки.

ЭРНСТ АББЕ И «КАРЛ ЦЕЙС ЙЕНА»

Имя немецкого ученого Эрнста Аббе (1840 — 1905) известно любому оптику независимо от того, в какой конкретной области естествознания он работает и в какой стране живет. Благодаря трудам Аббе, а также деятельности блестящего инже-



Эрнст Аббе, 20 марок, Германия, 1980 г.

нера и организатора оптического производства Карла Цейса (1816—1888) инструментальный арсенал оптики вышел на тот уровень, который знаком нам и сегодня.

Период с середины XIX до начала XX века — это период революционных открытий в различных областях естествознания, обогативших науку новыми методами исследования. Требования науки и техники к созданию приборов, обеспечивающих наблюдения различных объектов,

привели к бурному развитию прикладной оптики и оптического приборостроения. Претерпел существенную реорганизацию и сам процесс изготовления научных приборов. На смену небольшому мастерским пришли предприятия промышленного типа — такие, например, как оптическая фирма «Карл Цейс Йена» (это — современное название). Участие Аббе в делах этой фирмы способствовало ее успеху и позволило производить продукцию высочайшего качества.

Эрнст Аббе родился в 1840 году в Айзенахе, а школу и гимназию окончил в Йене. Здесь же он поступил в местный университет, откуда впоследствии перевелся в Гёттинген. В Гёттингене в те годы работали Вебер, Риман и другие знаменитые математики, общение с которыми очень способствовало развитию незаурядных математических способностей Аббе. В 1861 году он защитил докторскую диссертацию, а в 1863 году получил должность приват-доцента в Йенском университете. В Йене Аббе прожил 35 лет, принеся этому городу мировую славу. Будучи профессором Йенского университета, Аббе все

свое внимание уделял курсу оптики – теории оптических устройств, аналитической и математической оптике, технике оптического эксперимента.

Период жизни Аббе с 1866 по 1888 год был тесно связан с деятельностью известного немецкого оптика-механика Карла Цейса. В 1846 году Цейс организовал в Йене оптико-механическую мастерскую, выпускавшую вначале лупы и простые микроскопы. Вскоре, благодаря высокому качеству шлифовки и изготовления линз, микроскопы Цейса получили признание и распространение в широких кругах специалистов. С 1858 года фирма Цейса начала выпускать сложные микроскопы, а затем и другие оптические приборы. Карл Цейс всегда старался «основывать практическое конструирование микроскопов целиком на научной теории» и поэтому пригласил для работы в своей фирме ряд крупных специалистов по прикладной оптике и прежде всего – Эрнста Аббе.

К тому времени европейская традиция создания оптических инструментов насчитывала около трех веков, однако базировалась она в основном на интуитивных соображениях. Одним из изобретателей микроскопа, состоявшего из двух линз – двояковыпуклого объектива и двояковогнутого окуляра, был великий итальянский ученый Галилео Галилей. В созданном им еще в 1610 году микроскопе можно было изменять расстояние между объективом и окуляром, что позволяло в раздвинутом состоянии сильно увеличивать мелкие предметы. В 1624 году Галилей усовершенствовал свой прибор, применив в качестве объектива и окуляра короткофокусные линзы, и именно с этого времени сложные микроскопы стали активно использоваться как научные инструменты.

Родоначальником современных микроскопов стал Дреббель, изготовивший микроскоп из двояковыпуклого объектива и плосковыпуклого окуляра, а принципиальное изменение в его конструкцию внес Гук, который в 1663 году установил третью линзу – коллектив – между объективом и окуляром. Наконец, важное усовершенствование микроскопа Гука было сделано в 1716 году Гертелем, который ввел в конструкцию вращающийся-



Карл Цейс, 10 марок, Германия, 1988 г.

ся предметный столик и помещенное под ним зеркало подсветки. Это привело к значительному улучшению освещения объекта и получению более качественного изображения. По сути, именно в таком виде микроскопы дошли до наших дней.

Дальнейшее улучшение изображения было связано с устранением погрешностей оптических систем – прежде всего, сферической и хроматической aberrаций. При наличии сферической aberrации параксиальные, т.е. близкие к оси, лучи, падающие на линзу, после прохождения через ее различные участки пересекают оптическую ось в разных точках, в силу чего изображение точки получается в виде диска с неоднородным распределением освещенности. Из-за хроматической aberrации луч белого света после прохождения через линзу распадается на ряд лучей разных цветов, которые пересекают оптическую ось в разных точках – за счет зависимости фокусного расстояния линзы от длины волны падающего света, обусловленной дисперсией света.

Первый ахроматический микроскоп был создан в 1811 году Фраунгофером, выполнившим объектив из двух линз, разделенных небольшим воздушным промежутком. Затем объектив микроскопа совершенствовался за счет «набора» из нескольких линз или нескольких ахроматических пар.

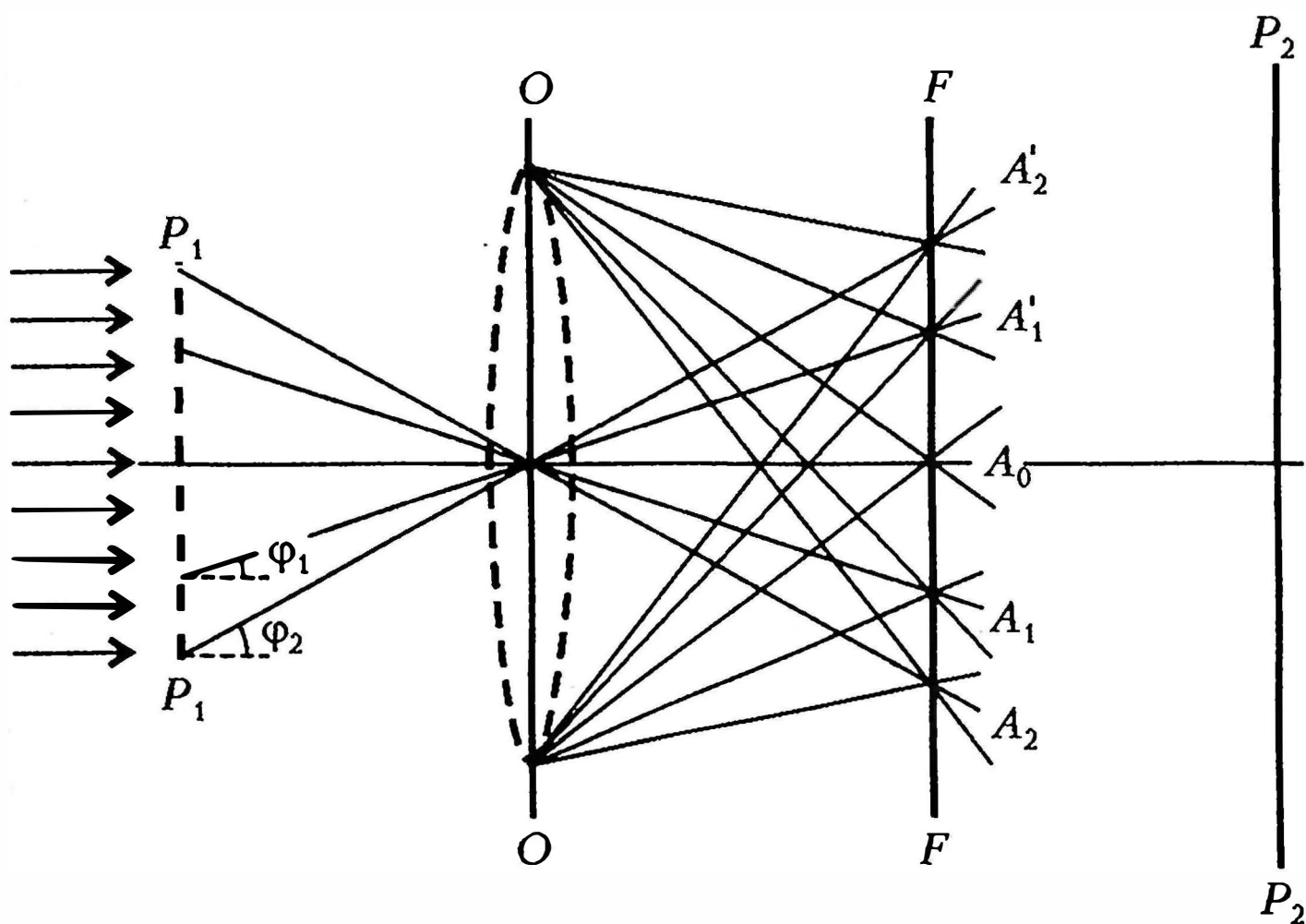
Помимо повышения качества изображения, задачей оптиков XVII – XIX веков было создание микроскопов с максимально большим увеличением. Известно, что увеличение микроскопа возрастает с уменьшением фокусного расстояния его объектива, поэтому оптики перешли к использованию короткофокусных объективов. Кроме того, разрешающая способность микроскопа зависит от его апертуры, т.е. угла между крайними лучами, идущими от объекта к краям объектива. Почти 180-градусная апертура была достигнута уже к середине XIX века. Однако в короткофокусных объективах и объективах с большой апертурой aberrации достигают особенно больших величин.

Попытки повысить качество микроскопов и рассчитать их увеличение по законам геометрической оптики показали, что она не может полностью объяснить образование изображения в микроскопе. Этот вывод натолкнул Аббе на необходимость привлечения физической оптики.

Свои исследования в области конструкции микроскопов Аббе опубликовал в 1873 году. Он показал, какую роль в образовании изображения играют объектив и окуляр микроскопа, дал классификацию aberrаций. Но самой большой заслугой Аббе стало

установление тех пределов, которые ставит перед конструкторами оптических систем волновая природа света.

Аббе объяснил, как именно строится изображение предмета линзой. Сначала в плоскости, перпендикулярной оси линзы, возникает интерференционная картина – система чередующихся максимумов и минимумов освещенности, которая играет роль своеобразной дифракционной решетки. Световой поток, проходящий от линзы через эту решетку, взаимодействует с решеткой и только после этого на небольшом расстоянии от плоскости решетки появляется изображение, которое можно увидеть на матовом стекле или сфотографировать. Так создается изображение одной линзой. В микроскопе же, согласно теории Аббе, изображение получается двумя последовательными этапами, схематически показанными на рисунке.



К дифракционной теории микроскопа Аббе: P_1P_1 – плоскость предмета, FF – фокальная плоскость объектива OO , P_2P_2 – плоскость изображения, φ_k – углы дифракции, A_k – дифракционные максимумы в фокальной плоскости

На первом этапе свет, освещающий объект P_1P_1 , попадает на линзу микроскопа, претерпев рассеяние (дифракцию) на деталях объекта, так что структура светового пучка оказывается зависящей от этого объекта. Пройдя через объектив микроскопа, световой пучок образует в его фокальной плоскости FF дифракционную картину – систему максимумов, угловые размеры которых зависят от деталей структуры объекта. Направление на

эти максимумы определяется условием $nd \sin \varphi = k\lambda$, где n – показатель преломления среды, d – характерный размер деталей объекта, φ – угол дифракции, $k = 0, 1, 2, \dots$ – номер максимума, λ – длина волны света.

На втором этапе максимумы освещенности рассматриваются как источники, испускающие когерентные лучи. За фокальной плоскостью объектива эти лучи, встречаясь, интерферируют между собой, давая в плоскости P_2P_2 изображение предмета.

Аббе назвал картину в фокальной плоскости объектива первичным изображением, а картину в сопряженной плоскости – вторичным.

Для получения правильного изображения предмета необходимо, чтобы вторичное изображение образовывалось в результате взаимодействия лучей от всех максимумов первичного изображения. Особое значение имеют максимумы первых порядков, расположенные под малыми углами и обусловленные более крупными и обычно более важными деталями реального объекта. Максимумы, соответствующие большим углам, определяются более мелкими деталями предмета. Очень мелкие детали – меньше длины световой волны – вообще не могут быть наблюдаемы, так как волны, дифрагировавшие на таких деталях, не доходят до экрана даже при максимально возможной апертуре объектива. Это соображение устанавливает предел разрешения деталей: $d \geq \lambda = \lambda_0/n$, где λ_0 – длина волны света в вакууме. Обычно внутри микроскопа нет никаких препятствий, и поэтому число дифракционных максимумов, проникающих через объектив, ограничивается только его оправой. Чем меньше предмет или его деталь, тем большие углы дифракции он обуславливает – половина этого угла носит название апертуры u – и тем шире должно быть отверстие объектива. Если апертура меньше угла дифракции φ_1 , соответствующего спектрам первого порядка, т.е. если $\sin u < \sin \varphi_1 = \lambda_0/d$, то в микроскоп проникнут только лучи от центрального максимума и мы не увидим изображения, соответствующего деталям с размером порядка d . Чем больше $\sin u$ по сравнению с λ_0/d , тем больше спектров высших порядков участвует в построении изображения, т.е. тем точнее передается наблюдаемый объект.

Обычно при освещении объекта используются не только пучки света, идущие вдоль оси, но и наклонные, что улучшает условия разрешения. Если освещающий пучок идет под углом α к оси микроскопа и дифрагирует под углом α_0 , то условие максимумов имеет вид $\sin \alpha_0 - \sin \alpha = k\lambda/d$. Для того чтобы первый спектр полностью попадал в объектив, должны выпол-

няться следующие условия: $\alpha = -u$, $\alpha_0 = u$, $k = 1$. При этом $2 \sin u \geq \lambda_0 / (nd)$, или $d \geq \lambda_0 / (2n \sin u)$. Величину $A = n \sin u$ Аббе назвал числовой апертурой. Согласно теории Аббе, числовая апертура определяет ряд важнейших свойств микроскопа: яркость изображения, степень сходства изображения с предметом и т.п. Чем больше числовая апертура, тем более мелкие подробности объекта наблюдения можно рассмотреть в микроскоп. Из теории Аббе следует, однако, что видеть в микроскоп объекты с размерами, меньшими половины длины световой волны, нельзя. Правильность своей теории образования изображений Аббе подтвердил опытами (в которых в качестве объекта наблюдения брались поглощающие решетки), а в 1887 году Аббе сформулировал строгую математическую теорию микроскопа.

Для повышения разрешающей способности микроскопа Аббе стремился увеличить числовую апертуру. Для этого имелось три пути: увеличение собственно апертуры, показателя преломления среды и длины волны светового пучка. Уже на ранних этапах своей деятельности Аббе осознал, что в отношении увеличения апертурного угла микроскоп уже достиг предела и дальнейшие успехи в этом направлении невозможны. Для повышения разрешающей способности микроскопа Аббе предложил увеличить показатель преломления n , для чего пространство между наблюдаемым объектом и объективом заполнялось средой с более высоким показателем преломления, чем у воздуха. Так, в 1878 году Аббе совместно со Стефенсоном изготовили микроскоп с применением кедрового масла, что позволило на треть увеличить разрешение микроскопа.

Исключительно интересны идеи Аббе о повышении разрешающей способности микроскопа за счет уменьшения длины волны света, с помощью которого образуется изображение, в частности – идеи о возможности использования ультрафиолетовых лучей. Эти идеи были реализованы незадолго до смерти ученого в одном из микроскопов, созданных сотрудниками фирмы «Карл Цейс». Такие микроскопы впоследствии использовались, например, для изучения состава молекул ДНК и РНК.

Аббе уделял также большое внимание исправлению аберраций оптических систем. Поскольку разные зоны простой линзы создают изображение плоского элемента с различными увеличениями, точки отдельных изображений объекта, образованных различными зонами, при наложении друг на друга совпадают лишь на оси оптической системы, а вне оси резкость изображения соответственно ухудшается. Аббе показал, что, для того чтобы все зоны системы давали отдельные изображения объекта

одинаковой величины, должно выполняться так называемое условие синусов. Оно состоит в том, что для всех лучей, выходящих из точки на оси оптической системы и направляющихся после преломления к точке изображения, отношение между синусами углов соответствующих лучей с осью должно быть постоянным: $\sin u_1 / \sin u_2 = K n_2 / n_1$, где n_1 и n_2 — показатели преломления сред со стороны объекта и изображения, K — увеличение оптической системы. Две точки, для которых устранена сферическая aberrация и соблюдено условие синусов, называют со времен Аббе апланатическими. Аббе показал, что на оси оптической системы возможна только одна пара апланатических точек, и указал простой способ выяснить, в

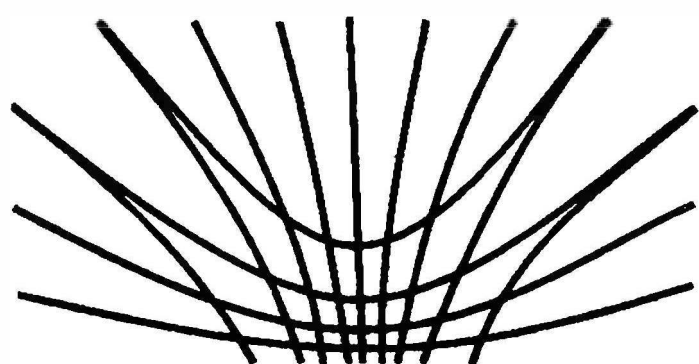


Диаграмма Аббе для проверки условия синусов

какой мере выполнено условие синусов.

Для этой цели Аббе изготовил показанную на рисунке диаграмму, которая рассматривается сквозь испытываемую систему. Если условие синусов выполнено, то удастся найти такое положение диаграммы, при котором наблюдатель видит ее изображение в виде прямоуголь-

ной сетки. Испытав много микрообъективов, сделанных «наугад» старыми мастерами, Аббе обнаружил, что у всех хороших объективов условие синусов выполнено. В настоящее время условие синусов Аббе всегда принимается во внимание при расчетах любых оптических систем.

В плане борьбы с хроматической aberrацией Аббе затратил много усилий, чтобы побудить стекольные мастерские изготовлять новые сорта оптического стекла с определенными свойствами. Для сопоставления свойств различных оптических стекол Аббе предложил выделить в видимом диапазоне спектра ряд опорных точек и пользоваться понятием относительной дисперсии γ , определяемой комбинацией показателей преломления на нескольких выделенных длинах световых волн. Величина γ вошла в прикладную оптику под названием числа Аббе. В 1873 году Аббе впервые удалось сконструировать объектив, у которого ахроматизация достигалась для трех цветов. Совмещение фокусов для лучей трех длин волн достигалось благодаря применению разных сортов оптического стекла с разными числами Аббе. Такой объектив Аббе назвал апохроматом. Еще позже, в 1886 году, ему удалось рассчитать и изготовить апохромат, в

котором были почти уничтожены и сферическая, и хроматическая абберации. Он представлял собой триплет, в котором крайние линзы были простыми, а средняя – склеенной из трех линз, изготовленных из стекол с разными числами Аббе.

В своей деятельности Аббе всегда опирался на теоретические представления при конструировании оптических систем. Именно теоретические рассуждения привели его к мысли о необходимости введения в оптическую систему специальных приспособлений – диафрагм, ограничивающих прохождение световых лучей. Он показал, что для образования изображения в системе нужны только те лучи, которые без задержки проходят через прибор до изображения, а лучи, которые проходят лишь через часть системы, задерживаясь, например, оправами линз, не только бесполезны, но и вредны. Развитие Аббе методов ограничения пучков лучей в оптических системах стало новым шагом в практике конструирования оптических инструментов.

Наконец, большой заслугой Аббе стала разработка и создание целого ряда новых оптических инструментов, а также организация научно-исследовательских работ по получению новых сортов оптического стекла. На предприятиях фирмы «Карл Цейс» были спроектированы и начали выпускаться призматические бинокли, фотообъективы новой конструкции, инструменты для измерения основных характеристик оптических систем, рефрактометры для измерения показателя преломления материалов, инструменты для измерения угловых и линейных величин. Все эти приборы подняли производство оптических инструментов на более высокий уровень.

ПЕРВЫЙ ЛАУРЕАТ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ ПО ФИЗИКЕ

Вряд ли найдется хотя бы один человек, который ни разу в жизни не соприкоснулся с открытием немецкого физика Вильгельма Конрада Рентгена. Большинству оно известно по рентгеновским кабинетам в лечебных учреждениях, а специалистам в точных науках – как один из наиболее мощных



*Вильгельм Конрад Рентген,
5 марок, Германия, 1970 г.*

инструментов экспериментального исследования. Рентгеновские лучи настолько быстро и уверенно вошли в науку и медицину, что кажется, будто они существовали всегда. Однако день рождения этого изобретения точно известен – 8 ноября 1895 года.

В этот день Рентген проводил исследования электрического разряда в вакуумных трубках. В своих экспериментах он использовал трубку Крукса с наклонным платиновым анодом и вогнутым алюминиевым катодом. Для того чтобы облегчить наблюдения, Рентген затемнил комнату и обернул трубку плотной непрозрачной бумагой. Неожиданно он увидел на стоявшем неподалеку флуоресцентном экране светящуюся полосу. Трубки с катодными лучами существовали уже сорок лет, но никто до тех пор не замечал испускаемых ими лучей.

Следующие семь недель Рентген провел, изучая то, что он назвал X-лучами, и обнаружил, что эти лучи способны проникать во все предметы на различную глубину – в зависимости от их толщины и плотности. В одной из своих работ он писал: «Я наблюдал, а частью и фотографировал большое количество таких теневых картин, получение которых доставляет иногда совсем особого рода удовольствие. У меня есть, например, фотография тени профиля двери, разделяющей две комнаты (по одну сторону двери находилась разрядная трубка, а по другую пластинка), фотографии тени проволоки, намотанной на деревянную катушку, запертого в ящике набора разновесов, куска

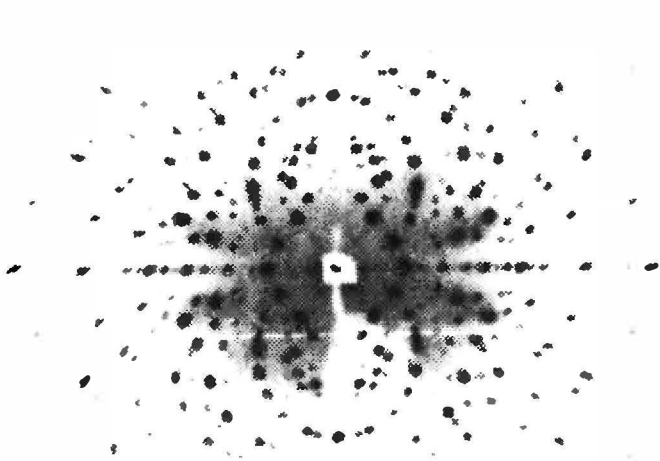
металла, неоднородность которого делается заметной с помощью X-лучей, и т.д.» Широкую известность приобрела выполненная Рентгеном в X-лучах фотография (рентгенограмма) кисти жены. На ней, как на негативе, были отчетливо видны белые кости (так как более плотная костная ткань задерживает рентгеновские лучи, не давая им попасть на фотопластинку) на фоне более темного изображения мягких тканей (задерживающих X-лучи в меньшей степени) и белые полосы от колец на пальцах.



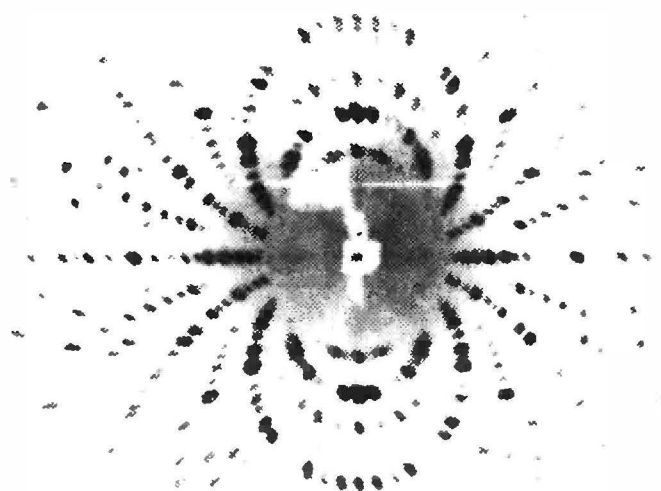
*Вильгельм Конрад Рентген,
1 крона, остров Мэн, 1995 г.*

Что же представляют собой рентгеновские лучи? Сейчас ответ на этот вопрос можно найти в любом школьном учебнике. Это – электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между ультрафиолетовыми лучами и гамма-излучением в пределах длин волн от 10^2 нм до 10^{-3} нм. До сих пор наиболее распространенным способом получения этих лучей служит рентгеновская трубка, в которой электроны, вырывающиеся из катода в результате термоэлектронной или автоэлектронной эмиссии, ускоряются электрическим полем и бомбардируют металлический анод. Атомы анода, возбуждаемые электронным ударом, и электроны, теряющие свою кинетическую энергию при соприкосновении с веществом, испускают рентгеновское излучение (X-лучи). Кроме трубки, источниками этого излучения могут быть естественные и искусственные радиоактивные изотопы, Солнце и другие космические объекты.

Огромные возможности рентгеновского излучения в диагностике, а затем и в терапии некоторых заболеваний были сразу же оценены медиками. Для физиков колоссальное значение имела



Лауэграмма ванадата натрия





*Вильгельм Конрад Рентген,
1000 песет, Зап. Сахара, 2000 г.*

высказанная в 1912 году немецким физиком Максом фон Лауэ гипотеза о том, что для X-лучей кристаллы являются трехмерными дифракционными решетками. Лауэграмма монокристалла NaV_2O_5 , представляющая собой его дифракционное изображение (в двух проекциях), показана на приведенном здесь рисунке. Она получена при падении тонкого пучка X-лучей непрерывного спектра на неподвижный кристалл. Излучение, рассеянное кристаллом в некоторых четко опре-

деленных направлениях, регистрируется на фотопленке, помещенной перпендикулярно падающему пучку лучей. Открытие дифракции рентгеновских лучей на кристаллах А.Эйнштейн назвал одним из наиболее красивых в физике.

В настоящее время с именем Рентгена и открытыми им лучами связан целый ряд понятий и методов, образующих обширный раздел современной физики. Среди них:

- рентгеновская томография – метод послойного исследования структуры неоднородных объектов в рентгеновском излучении, основанный на зависимости линейного коэффициента поглощения рентгеновских лучей от состава и плотности вещества;

- рентгеновская топография – совокупность методов получения изображений дефектов в кристаллах при помощи дифракции рентгеновских лучей;

- рентгеновская литография – метод микроэлектронной технологии, заключающийся в формировании за счет рентгеновских лучей защитной маски заданного профиля на поверхности подложки;

- рентгеновская микроскопия – совокупность методов, позволяющих изучать не только распределение общей плотности вещества, но и распределение плотностей отдельных химических элементов по их рентгеновскому излучению;

- рентгеновская астрономия – раздел наблюдательной астрономии, исследующий источники космического рентгеновского излучения.

Первое сообщение Рентгена, озаглавленное им «О новом роде лучей», было опубликовано 28 декабря 1895 года, а свой первый публичный доклад об X-лучах он сделал в Вюрцбургс-

ком научном обществе 23 января 1896 года. Второе сообщение «Новый род лучей» публикуется уже 9 марта 1896 года, а третье «Дальнейшие наблюдения над свойствами X-лучей» – в мае 1897 года. В целом работа Рентгена над открытым им новым родом лучей продолжалась менее двух лет. Затем его интересы переместились в другие области, однако его следующая крупная работа – об электропроводности кристаллов – вышла лишь через двадцать с лишним лет.

В 1901 году Рентген узнал, что стал первым физиком-лауреатом Нобелевской премии. Награда была вручена ему «в знак признания необычайно важных заслуг перед наукой, выразившихся в открытии замечательных лучей, названных впоследствии в его честь».

Рентген считался лучшим экспериментатором своего времени, он доверял только фактам, и в его работах можно найти лишь то, что не вызывало у него даже тени сомнения. По своим взглядам и методам Рентген принадлежал к представителям классической физики второй половины XIX века; вместе с тем, он был одним из тех блестящих ученых, которые открыли дорогу современной физике.

ОДИН ГЕРЦ

Колебательные процессы принадлежат к наиболее распространенным в природе. Частота колебаний измеряется в герцах, а герц представляет собой одно колебание в секунду. Примерно с такой частотой бьется человеческое сердце; электро-



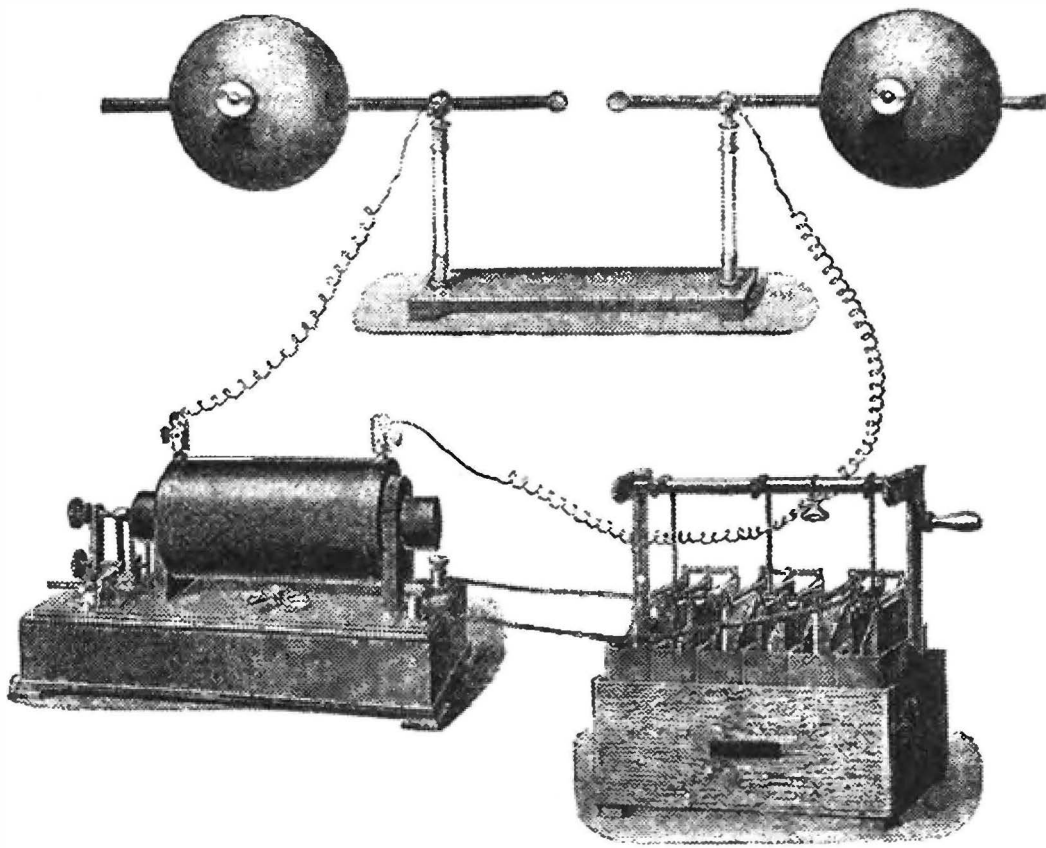
Генрих Герц, 5 марок, Германия, 1969 г.

магнитные импульсы такой частоты излучают загадочные космические объекты – пульсары. Разумеется, органический и неорганический миры дают еще множество примеров более низкочастотных или более высокочастотных колебаний.

Свое название единица измерения частоты получила в честь выдающегося немецкого физика Генриха Герца. Он родился в Гамбурге, а научную деятельность начал в Берлинском университете под руководством Гельмгольца.

Именно Гельмгольц в 1879 году предложил Герцу заняться работой по изучению поляризации диэлектриков, которая, в конечном счете, и привела его к открытию электромагнитных волн. Поначалу, однако, эта работа не заинтересовала Герца, и вплоть до 1884 года он занимался самыми разными вопросами – от изучения условий формирования облаков до теории морских приливов. Хотя и в этих исследованиях Герц проявил незаурядные способности к теории и эксперименту, получаемые им результаты никоим образом не удовлетворяли его. К счастью для науки, период разочарований сменился творческим взлетом, результатом которого стало одно из наиболее важных открытий в истории человечества.

Экспериментируя с короткими, почти замкнутыми цепями, Герц сумел получить намного более частые электрические колебания, чем те, которые умели создавать другие экспериментаторы. Собранная Герцем схема (см. рисунок) представляла собой искровой разрядник, состоявший из двух прямолинейных и расположенных в одну линию проводов с металлическими шара-



Вибратор Герца

ми на концах. Эта цепь подключалась к источнику высокого напряжения, при работе которого в промежутке между проводниками возникала искра длиной в несколько миллиметров. Вторая цепь состояла из провода, согнутого в виде прямоугольника; между хорошо зачищенными концами провода оставался маленький зазор, регулировавшийся микрометрическим винтом. При проскакивании искры в первой цепи во второй также наблюдались искорки длиной до нескольких десятых долей миллиметра. Видеть их можно было лишь в затемненной комнате с помощью специальной увеличительной трубы, т.е. наблюдение искр было делом тонким и сложным, но именно они были решающим звеном опытов Герца. Возникновение искр во второй цепи Герц объяснил появлением напряжения между концами провода, а экспериментируя с размерами этой цепи, он пришел к мысли о том, что в цепи происходили колебания необыкновенно высокой частоты.

Сначала в экспериментах Герца первая и вторая цепи соединялись между собой проводом, однако вскоре он перешел к несвязанным, разнесенным в пространстве контурам. И в этом случае при определенных размерах второй цепи в ней проскакивали искры, длина которых зависела от расстояния до первой цепи. Проведя множество испытаний с контурами, обладавшими различными периодами собственных колебаний, Герц обнаружил явление резонанса, когда при определенном расстоянии между контурами длина искры во втором контуре достигала максимума. Схема опыта Герца содержала все основные элемен-

ты современной радиосвязи: передатчик электромагнитных волн и их приемник. Развитие этой схемы было лишь делом времени и изобретательской мысли, что обусловило колоссальное практическое значение экспериментов Герца.

Возможность получения и регистрации высокочастотных колебаний позволила Герцу взяться за решение задачи, предложенной ему некогда Гельмгольцем. В ходе экспериментов по поляризации диэлектриков, а затем измерений скорости распространения электромагнитного взаимодействия в воздухе Герц понял, что имеет дело с электромагнитными волнами, предсказанными теорией Максвелла, и занялся целенаправленной проверкой ее выводов.

Теорию электромагнетизма Максвелл создал на основе физических представлений Фарадея, оформив их в виде системы математических уравнений. Как известно, электрический ток создает вокруг себя магнитное поле, магнитные линии которого – замкнутые кривые. В свою очередь, согласно закону Фарадея, изменяющееся магнитное поле создает электрический ток в проводниках. Максвелл дополнил существовавшую в то время систему взглядов положением о полном равноправии электрического и магнитного полей в отношении их способности порождать друг друга. Его дополнение заключалось в постулировании наряду с прежней причиной возникновения магнитного поля (электрический ток) еще одной причины – изменения электрического поля. Благодаря симметрии электрического и магнитного полей в теории Максвелла, становился возможным непрерывный процесс: переменное магнитное поле создает переменное электрическое поле, которое в свою очередь создает переменное магнитное поле, и т.д. В результате получается цепочка полей, представляющая собой электромагнитную волну. На основе этой концепции Максвелл вывел уравнения для электрического и магнитного полей, которые описывали распространение электромагнитных волн. Скорость распространения зависела от электрических и магнитных свойств среды, и, в частности, в пустоте (или в воздухе) она равнялась скорости света. Отсюда вытекала электромагнитная теория света как составная часть теории Максвелла. Из уравнений Максвелла следовало также, что электромагнитная волна распространяется в направлении, перпендикулярном обоим полям.

Надо сказать, что ко времени создания теории Максвелла существовали и другие теории электромагнетизма. Только эксперимент мог ответить на вопрос об истинности той или иной версии. Изучение электромагнитных волн в воздухе Герц прово-

дил, исследуя картину электрического поля, создаваемого вибратором. Он помещал вибратор в центре большой комнаты, а резонатор переносил с места на место, причем в каждом месте отыскивал такое расположение, при котором искра в резонаторе была максимальной. Найденные положения он отмечал на полу мелом. Многократно повторив такие манипуляции, он получил картину силовых линий электрического поля и обнаружил, что вдоль линии колебаний вибратора поле уменьшается гораздо быстрее, чем в перпендикулярном направлении. Это было хорошим подтверждением теории Максвелла.

В процессе экспериментов Герц обнаружил также, что резонатор позволяет наблюдать стоячую волну, возникающую в результате отражения от стен комнаты. Из расположения узлов и пучностей ему удалось определить длину электромагнитной волны, а оценив частоту вибратора, и рассчитать скорость света. Несмотря на то, что использованные Герцем приборы были необычайно просты, оценка скорости света в воздухе оказалась очень близкой к ее истинному значению 300000 км/с.

Последнюю серию опытов в этой области Герц посвятил установлению родства между электромагнитными и световыми волнами. Он решил повторить с электромагнитными волнами классические оптические эксперименты по прямолинейному распространению, отражению, преломлению и поляризации волн. Для постановки этих опытов вместо оптических зеркал Герц использовал вогнутые зеркала из цинка, а призму изготовил из асфальта с основанием в виде равнобедренного треугольника. Вместо турмалиновой пластинки для изучения поляризации волн Герцу служила деревянная рама с натянутыми на ней медными проволоками.

В результате проведения «оптических» опытов Герц надежно установил, что исследованные им «электрические лучи» аналогичны световым с очень большой длиной волны и, следовательно, свет и электродинамическое волновое движение суть тождественные явления. Проведенная Герцем работа произвела впечатление даже на людей, далеких от физики. Будучи еще молодым человеком, он стал одним из самых популярных людей своего времени. Выполнив целый ряд элегантных физических экспериментов, Герц один стяжал всю славу по экспериментальному подтверждению теории Максвелла.

Открытие и изучение электромагнитных волн вызвало к жизни новую большую область техники – электронные коммуникации, которым впоследствии было суждено изменить весь путь развития цивилизации.

МАКС ПЛАНК – ОСНОВАТЕЛЬ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

Немецкий физик Макс Планк (1858–1947) в 1900 году ввел понятие «квант», определив тем самым XX век как век квантовой физики.

Квантовая теория возникла в связи с непреодолимыми трудностями, которые испытывала классическая теория при попытке



*Макс Планк, 2 марки, Германия,
1964 г.*

объяснить экспериментально полученные закономерности теплового излучения твердого тела. Краткая история этого величайшего открытия в истории естествознания такова.

Еще в середине XIX века Г.Кирхгоф установил один из основных законов теплового излучения, носящий теперь его имя. Согласно этому закону, отношение излучательной способности ϵ какого-то тела к его поглощательной способности α не зависит от природы тела и является

одинаковой для всех тел функцией частоты ν и температуры T , равной излучательной способности ϵ_0 абсолютно черного тела:

$$\frac{\epsilon(\nu, T)}{\alpha(\nu, T)} = \epsilon_0(\nu, T).$$

Абсолютно черное тело, по определению, это тело, которое поглощает все падающее на него излучение и ничего не отражает. Таких тел в природе не существует, однако хорошим приближением является замкнутая непрозрачная полость с небольшим отверстием. Поскольку вероятность того, что попавшее в отверстие излучение в результате многочисленных отражений выйдет наружу, очень мала, оно практически полностью поглощается. Излучение, возникшее в полости и выходящее из отверстия, считается эквивалентным излучению, испускаемому площадкой размером с отверстие на поверхности черного тела.

Следующим этапом в исследовании теплового излучения было открытие закона Стефана–Больцмана. Л. Больцман в 1884

году на основании теории заключил, что полная объемная плотность излучения (т.е. излучения всех частот) черного тела и пропорциональна четвертой степени температуры: $u = \sigma T^4$. Поскольку этот закон обосновывает и уточняет результат, полученный экспериментально еще в 1879 году И. Стефаном, он носит имя Стефана–Больцмана; так же называется и постоянная

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4).$$



Макс Планк, 5 марок, Германия, 1983 г.

Хотя этот закон и определяет полную энергию спектра, вопрос о распределении энергии в спектре излучения (по частотам) он не рассматривает.

Первый ответ на этот вопрос дал В. Вин, который в 1893 году установил, что максимум излучения в спектре абсолютно черного тела с увеличением температуры смещается в сторону больших частот. В 1896 году Вин из классических соображений получил закон распределения энергии в спектре в явном виде. Оказалось, однако, что этот закон достаточно хорошо описывает излучение черного тела лишь на высоких частотах и расходится с экспериментом на низких.

Попытку преодолеть это расхождение независимо друг от друга предприняли в 1900 году Д. Рэлей (Стретт) и в 1905 году Д. Джинс. Исходя из классических представлений о равномерном распределении энергии по степеням свободы, они получили формулу распределения энергии излучения в спектре в зависимости от температуры. Эта формула, однако, хорошо согласовывалась с экспериментом лишь на низких частотах. С ростом частоты энергия излучения, согласно формуле Рэлей–Джинса, должна была бы неограниченно расти, достигая огромных значений в ультрафиолетовой области, что противоречило опыту. Этот явно парадоксальный вывод теории даже получил специальное название: «ультрафиолетовая катастрофа».

Такой воистину катастрофической была ситуация, когда Планк занялся теорией излучения. Первоначально он опирался на законы Кирхгофа и Вина, пытаясь связать теорию теплоты с электромагнитной теорией Максвелла, но вскоре осознал, что на основе классической теории объяснить тепловое излучение абсолютно черного тела невозможно.

К своему открытию Планк пришел не сразу. Первый шаг был сделан 19 октября 1900 года. Когда на заседании Немецкого физического общества в Берлине экспериментаторы Ф. Курлбаум и Г. Рубенс докладывали результаты своих исследований по тепловому излучению, явно противоречившие формуле Вина, Планк (узнавший об этих результатах за несколько дней до заседания) в порядке дискуссии предложил эмпирическую формулу распределения энергии в спектре излучения, которая устраняла имеющиеся несоответствия. Экспериментаторы тщательно сверили новую формулу с данными своих измерений и получили разительное совпадение. Несмотря на несомненный успех, сам Планк рассматривал предложенную им формулу лишь как некоторое промежуточное выражение и задался целью дать формуле теоретическое обоснование, «отыскать ее подлинный физический смысл». В этом состоял его второй шаг.

Почти два месяца Планк пытался получить угаданную им формулу, оставаясь на позициях классической физики, но не достиг успеха. Тогда в поисках решения он пошел по пути Больцмана, использующего статистические методы для объяснения термодинамического равновесия. Больцман рассматривал любое состояние физической системы через вероятность этого состояния и видел содержание второго начала термодинамики в том, что при всяком изменении система переходит в более вероятное состояние.

Применяя метод Больцмана, Планк моделировал вещество набором резонаторов, испускающих и поглощающих излучение частоты ν . Основной и новый момент выдвинутой им гипотезы состоял в предположении, что каждый резонатор может обладать только таким количеством энергии, в котором содержится целое число элементарных порций энергии $E = h\nu$. Здесь $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная величина, которую Планк назвал «элементарным квантом действия», а сейчас ее называют постоянной Планка. (В квантовой физике для удобства написания некоторых формул часто пользуются величиной $\hbar = h/(2\pi) = 1,054 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, которую также называют постоянной Планка.) Разработка этой гипотезы привела Планка к формуле для энергии излучения абсолютно черного тела в виде

$$u(\nu) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}.$$

Сущность «парадоксальной гипотезы» Планка заключалась в том, что испускание и поглощение электромагнитной энергии

атомами и молекулами происходит не непрерывно, а дискретно – порциями, или «квантами», как несколько позже предложил называть их Планк. «Это было сделанное на уровне абстрактного мышления открытие дискретности там, – говорил позже Э.Шрёдингер, – где ее меньше всего ждали», т.е. в процессах обмена энергией. «Подобные счастливые догадки, – скажет потом Х.Лоренц, – есть удел тех, кто заслужил их тяжелой работой и глубокими размышлениями».

Свою «рабочую гипотезу» Планк изложил 14 декабря 1900 года на очередном заседании Немецкого физического общества. Хотя выведенная им формула включала в себя все частные законы излучения черного тела (при малых частотах она переходит в формулу Рэля – Джинса, при больших частотах – в формулу Вина, а суммирование по всем частотам дает формулу Стефана – Больцмана) и прекрасно описывала эксперимент, ни сам Планк, ни его слушатели не понимали всей грандиозности происходящего. Гениальная мысль, осенившая Планка, по-прежнему представлялась остроумной догадкой, позволившей просто улучшить теорию одного из физических явлений.

Первым, кто принял гипотезу Планка о квантах всерьез, был А.Эйнштейн. Он быстро оценил всю глубину работы Планка и стал развивать ее в различных направлениях. В 1905 году Эйнштейн выдвинул удивительную по своей простоте теорию, согласно которой свет не только излучается и поглощается в виде квантов, но и состоит из дискретных порций – квантов света. Это была идея дискретности самого электромагнитного излучения, позволившая, в частности, объяснить явление фотоэффекта. В 1913 году идея Планка о квантах была применена Н.Бором для создания квантовой теории атома, согласно которой электроны в атоме могут находиться только на определенных энергетических уровнях, а их переход с одного уровня на другой сопровождается излучением квантов энергии.

Все дальнейшее развитие естествознания показало, что введенное Планком понятие о дискретности энергии электромагнитного излучения играет такую же фундаментальную роль в физике, как, например, представления об атомистическом строении вещества Демокрита.

В знак признания его заслуг в развитии физики благодаря «открытию кванта действия» Макс Планк был удостоен Нобелевской премии по физике за 1918 год.

ИЗОБРЕТАТЕЛИ РАДИО

Электромагнитные волны, честь открытия и экспериментального изучения которых принадлежит немецкому ученому Генриху Герцу, сыграли выдающуюся роль в становлении и развитии современной цивилизации. Теле- и радиоконму-



Александр Попов, 1 рубль, СССР, 1984 г.

никации изменили жизнь каждого человека и способствовали прогрессу многих направлений науки и техники. Автор великого открытия, будучи увлечен лишь фундаментальными аспектами проблемы, мало интересовался вопросами практического использования электромагнитных волн. Прикладными, как теперь принято говорить, исследованиями по использованию электромагнитных волн для беспроводной связи практически в одно и то же время и независимо друг от друга занялись рус-

ский физик и электротехник Александр Попов (1859—1906) и итальянский инженер и предприниматель Гульельмо Маркони (1874—1937). И тот и другой в своих опытах опирались на схему генерации и приема электромагнитных волн, разработанную Герцем и усовершенствованную затем многими физиками.

Как известно, для создания и регистрации электромагнитных волн Герц использовал вибратор и резонатор. Вибратор состоял из двух стержней с металлическими шарами на концах, подключенных к источнику высокого напряжения (катушка Румфорда), а резонатор представлял собой прямоугольную рамку с небольшим зазором между концами. Основными недостатками вибратора были быстрое затухание колебаний и обгорание контактов. Уменьшить затухание и тем самым увеличить число колебаний удалось Эберту, который использовал вместо одного три искровых промежутка. А проблема обгорания контактов была решена, когда искровой промежуток был помещен в жидкий диэлектрик, как это сделал Риги, используя вазелин,

или Саросен и Деглярив, используя оливковое масло. Эти усовершенствования позволили также увеличить длину искры, что повысило мощность излучения вибратора. Для удобства управления электромагнитными импульсами в первичную цепь источника высокого напряжения Маркони включил ключ телеграфного аппарата и в результате получил схему передатчика, вполне пригодную для радиосвязи.

Недостатком резонатора Герца была малая по длине искра, которая проскакивала в узком зазоре согнутой в виде рамки проволоки. Для повышения чувствительности резонатора Лоданом была использована способность металлических опилок и порошков резко повышать свою электропроводность под влиянием происходящего вблизи электрического разряда. Если металлическими опилками заполнить трубку, установить на ее концах электроды и включить в цепь постоянного тока, то в отсутствие электрического разряда тока в цепи не будет. Если же вблизи такого устройства, которое получило название «когерер», происходит электрический разряд, ток в цепи возникает в результате слипания или спекания опилок. Для восстановления прежних свойств порошка когерер достаточно слегка встряхнуть. Историческая справедливость требует отметить, что идея встряхивания когерера для восстановления его чувствительности принадлежит английскому ученому Лоджу. Он же впервые применил для этой цели часовой механизм от аппарата Морзе и осуществил передачу электромагнитных волн на некоторое расстояние за пределы лаборатории.

В современном понимании работа когерера обусловлена туннельным эффектом, сопровождающим автоэлектронную эмиссию (выход электронов из металла или полупроводника под воздействием сильного электрического поля, приложенного к его поверхности). При отсутствии напряжения между электродами сопротивление когерера велико из-за тонких (порядка нескольких ангстрем) изолирующих пленок окислов, покрывающих металлические частицы. При небольших напряжениях на электродах напряженность электрического поля в зазорах между контактирующими опилками достигает значений, достаточных



*Гульельмо Маркони, 500 лир,
Италия, 1974 г.*



Гульельмо Маркони, 1 крона, остров Мэн, 1995 г.

тогда волнам Герца и получили широкое распространение для приема и регистрации электромагнитных колебаний. В когерере Попова стеклянная трубка заполнялась железным порошком, а роль электродов выполняли платиновые полоски, наклеиваемые изнутри по всей длине трубки. В когерере Маркони электроды изготавливались из серебра и имели цилиндрическую форму, а пространство между ними заполнялось порошком серебра и никеля с небольшим количеством ртути. Эти два когерера первыми нашли применение для радиосвязи на больших расстояниях.

Для обеспечения резонансной связи передатчика и когерера Маркони предложил подключить к контактам когерера провода разной длины. Наиболее эффективным оказался метод подключения, когда один провод поднимался на изоляторах высоко вверх, а другой опускался глубоко в землю. В сочетании с когерером эти два провода (антенна и «земля») дали точно такую же схему, которую использовал в сеансах радиосвязи Попов. Антенна и заземление стали важной вехой на пути развития радиосвязи. Они и сейчас играют первостепенную роль.

Для постоянной радиосвязи усовершенствованный когерер необходимо было встряхивать для восстановления его рабочих свойств после каждого приема сигнала. Для этой цели Попов разработал схему, в которой применил электрический звонок как для обнаружения действия электрических колебаний, так и для автоматического встряхивания опилок в когерере. Когерер подвешивался горизонтально на легких часовых пружинах, над ним располагался звонок так, чтобы при своем действии давать легкие удары молоточком посередине трубки, защищенной от

для начала автоэлектронной эмиссии. Электроны при этом туннелируют через потенциальные барьеры, создаваемые пленками окислов. Дальнейшее повышение напряжения приводит к искровому пробою зазоров и к спеканию микроконтактов. Сопротивление когерера при массовом спекании контактов уменьшается на много порядков, и это состояние сохраняется при снятии напряжения.

Когереры оказались очень чувствительны к так называемым



Гульельмо Маркони, 2000 лир, Италия, 1970 г.

разбивания резиновым кольцом. Ток от батареи напряжением в несколько вольт постоянно циркулировал по трубке когерера (через порошок) и по обмотке электромагнитного реле. Сила этого тока была недостаточна для притягивания якоря реле, но при действии на когерер электромагнитной волны сопротивление опилок резко уменьшалось, а ток увеличивался настолько, что якорь притягивал реле. В такой момент цепь электрического звонка замыкалась, и он подавал звуковой сигнал. Тотчас же от сотрясения молоточком трубки когерера его проводимость уменьшалась, и реле размыкало цепь звонка. На длинный электромагнитный импульс, соответствовавший тире азбуки Морзе, звонок отвечал длительным дребезжанием, на короткий – кратким. Именно такие схемы использовались в первых сеансах радиосвязи, которые были проведены Александром Поповым в России в 1895 году и Гульельмо Маркони в Англии в 1896 году.

Интересно, что в судьбах изобретателей радио прослеживается общая линия: и тот и другой были тесно связаны с военно-морским флотом. Александр Степанович Попов окончил физико-математический факультет Петербургского университета, где представил диссертацию «О принципах магнито- и динамоэлектрических машин постоянного тока», и работал впоследствии в Минном офицерском классе в Кронштадте. Наряду с преподаванием курса электричества Попов принимал активное участие в решении практических задач, встававших перед военно-морским флотом. Работая над исследованием причин появления искр в проводке вдоль металлического борта корабля, Попов столкнулся с мало тогда изученными проявлениями колебаний токов высокой частоты. Он увлекся вопросами высокочастотных элек-



*Гульельмо Маркони, 5 долларов,
Канада, 2001 г.*

трических колебаний, причем его интересовала не только научная сторона вопроса, но и возможность использования этих физических явлений для практических целей. Флот нуждался в надежном способе сигнализации, т.е. в методах приема и передачи сигналов. Интуиция ученого, навыки отличного экспериментатора и большие изобретательские способности подсказали Попову путь, по которому надо идти для претворения идеи беспроводной связи в реальность.

В 1897 году Попов выступил в Кронштадском морском собрании с лекцией о возможности телеграфирования без проводов. Проект Попова был одобрен, он получил средства для проведения опытов и перешел от лабораторных экспериментов к организации радиосвязи на больших расстояниях. Эти опыты проводились в Кронштадской гавани со специально построенными для этого приборами, которые были установлены на крейсерах «Россия» и «Африка». В одном из первых сеансов радиосвязи Попов отдал дань уважения физика, открывшему электромагнитные волны. Радиограмма, переданная с материка на остров Гогланд в Финском заливе, состояла из имени и фамилии ученого – «Генрих Герц». Вскоре вслед за этими опытами началось интенсивное развертывание радиосвязи на флоте, что привело к результатам, о которых в начале 1900 года заговорил весь мир. В этом же году применение беспроводного телеграфа вышло за пределы флота. Его стали использовать в сухопутной армии, военно-воздушном деле, а вскоре начали строить и радиостанции общественного пользования. В 1901 году Попов был избран профессором Электротехнического института, где он стал читать курс радиотехники и создал физическую лабораторию. В 1905 году Попов был избран директором Электротехнического института, однако вскоре после этого он скоропостижно скончался от кровоизлияния в мозг в возрасте всего 46 лет.

Более благосклонной судьба оказалась к итальянскому изобретателю. Образование Гульельмо Маркони получил в техническом училище Ливорно. Его интерес к созданию беспроводной связи возник в 1894 году, когда он впервые ознакомился с

опытами Герца. Поскольку итальянское правительство не проявляло интереса к его изобретениям, Маркони отправился в Англию, где в июне 1896 года продемонстрировал перед сотрудниками Британского почтового ведомства и представителями Адмиралтейства беспроводную передачу сигналов (без показа самого устройства). Когда итальянское правительство призвало его на трехлетнюю военную службу, Маркони удалось организовать ее прохождение, числясь курсантом военно-морского училища при итальянском посольстве в Лондоне.

В ходе работ по усовершенствованию своего аппарата Маркони обнаружил, что дальность передачи пропорциональна числу и длине используемых антенн, и, установив высокие антенны в проливе Ла-Манш, организовал радиосвязь между Англией и континентальной Европой. В 1901 году он уже передавал сигналы на тысячи километров через Атлантический океан.

В 1909 году Гульельмо Маркони был удостоен Нобелевской премии по физике «За развитие беспроволочной телеграфии», а во время первой мировой войны выполнял ряд военных миссий и, в конце концов, стал командующим итальянским военно-морским флотом. До сих пор радистов на судах всего мира неформально именуют «маркони».

У ИСТОКОВ ОТКРЫТИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ

Открытие радиоактивности положило начало новой эре в истории человечества – эре использования атомной энергии. Впервые в руках ученых, а затем политиков и военных появился практически неисчерпаемый источник энергии.

Знаменитый французский физик Пьер Кюри в своей Нобелевской лекции отмечал, что «принадлежит к числу тех, кто вместе с Нобелем считает, что новые открытия принесут человечеству больше бед, чем добра». Дискуссии по этому поводу продолжаются и сейчас. Причем беспокойство вызывает не только проблема ядерного оружия, но и безопасность ядерных реакторов, на долю которых приходится около 6% общего производства энергии на земле и около 17% глобального производства электричества. Сейчас в мире насчитывается порядка 500 действующих или строящихся атомных электростанций. И хотя



*Мария Кюри, 100 злотых,
Польша, 1974 г.*

опыт эксплуатации этих реакторов, каждого в среднем более 20 лет, завоевал ядерной энергетике в целом отличную репутацию, события в Чернобыле в 1986 году подтвердили опасения Кюри.

Радиоактивность представляет собой свойство атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра с испусканием некоторых частиц. Среди существующих в природе ядер есть естественно радиоактивные, однако большинство радиоактивных нуклидов получены искусственно в результате ядерных реакций. На первых этапах изучения этого явления было обнаружено, что при распаде атомного ядра испускается три типа проникающего излучения – α , β и γ . Положительно заряженные α -частицы состоят из двух протонов и двух нейтронов и представляют собой ядра гелия, отрицательно заряженные β -частицы – это электроны, а нейтральные γ -кванты – фотоны

большой энергии. Современные представления о радиоактивности включают также процессы ядерных превращений, сопровождаемые захватом электронов, излучением позитронов и протонов и, наконец, делением на осколки (чаще всего два) сравнимых масс и зарядов.

Явление радиоактивности было открыто в 1896 году французским физиком Анри Беккерелем, пытавшимся получить рентгеновское излучение при освещении люминесцентных материалов. В течение нескольких часов он подвергал воздействию солнечного света одну из солей урана, а затем наблюдал влияние этой соли на фотографическую пластинку. Хотя пластинка и засвечивалась, солнечный свет оказался здесь ни при чем, поскольку этот же эффект наблюдался и в темноте. Загадочное излучение, которое, как считалось, присуще лишь урану и его соединениям, стали называть лучами Беккереля.

Сообщение Беккереля в одном из научных журналов привлекло внимание Марии Склодовской-Кюри (жены Пьера Кюри). Прежде всего она попыталась установить, существуют ли другие вещества, испускающие подобного рода лучи, и выяснила, что из всех известных в то время элементов таким свойством обладают лишь уран и торий. Для количественного определения интенсивности излучения использовался тот факт, что в присутствии радиоактивных соединений воздух проводит электричество, и измерялся ток, проходящий под воздействием различных веществ сквозь воздушный конденсатор. (Заметим кстати, что измерения проводились при помощи пьезоэлектрического кварца с использованием эффекта пьезоэлектричества – появления на поверхности кристалла электрических зарядов под действием приложенных извне механических сил, деформирующих кристалл. Подробное исследование этого эффекта было проведено несколько раньше братьями Ж. и П. Кюри.) С помощью этих исследований Склодовская-Кюри обнаружила, что некоторые минералы, в частности урановая руда, известная под названием смоляной обманки, испускают гораздо более сильное излучение, чем чистый уран. Было высказано предположение, что в смоляной обманке содержится новый химический эле-



Пьер и Мария Кюри, 100 франков, Франция, 1997 г.

мент, обладающий способностью к радиоактивности в большей мере, чем уран или торий.

В 1898 году Склодовская-Кюри сообщила о результатах своих экспериментов Французской академии наук, и в том же году к ее исследованиям присоединился Пьер Кюри, оставивший свою работу по изучению свойств кристаллов. Урановая смолка стоила дорого, и у супругов не было средств приобрести ее. К счастью, им удалось практически даром получить переработанные отходы рудника по добыче урана в Иоахимстаде (Богемия), в которых и содержалась необходимая руда. В июле и декабре 1898 года супруги Кюри объявили об открытии двух новых элементов, которые они назвали полонием – ${}_{84}^{210}\text{Po}$ и радием – ${}_{88}^{226}\text{Ra}$. Существование этих элементов, однако, еще требовалось доказать.

Пьер Кюри предпринял комплексное изучение физических свойств наблюдавшегося излучения, а его жена взяла на себя наиболее тяжелую по исполнению химическую часть. Целыми днями в маленьком продуваемом сарайчике, который заменял ученым лабораторию, она в огромных чанах ворочала железным ломом по двадцать килограммов нагретой урановой смолки, чтобы выделить из нее новые металлы, составлявшие не более одной миллионной части. Разработанный ею метод заключался в том, чтобы под воздействием кислот и сероводорода разделять руду на две фракции. Измерение их радиоактивности показывало, в какую часть ушло нужное вещество, и обработка продолжалась дальше.

Наконец, в сентябре 1902 года супруги Кюри объявили о том, что им удалось выделить дециграмм хлорида радия и определить



Пьер и Мария Кюри, 500 франков, Франция, 1994 г.



Мария Кюри, 20000 злотых, Польша, 1989 г.

атомный вес радия. Полученное вещество обладало уникальными свойствами: в полумраке оно светилось голубоватым светом, воздействовало на фотографическую пленку сквозь черную бумагу, превращало воздух в проводник электричества, окрашивало в лиловый цвет посуду, в которой содержалось. Кроме того, излучение радия оказалось «прилипчивым»: оно повышало активность всех находящихся рядом с ним предметов.

Это открытие перевернуло традиционные представления о неизменности атома, побудив многих физиков заняться соответствующими исследованиями. В 1903 году Э. Резерфорд и Ф. Содди выдвинули гипотезу, согласно которой радиоактивное излучение объясняется распадом ядер. Гипотезу поддержали супруги Кюри.

Когда четырехлетний труд был завершен, у Марии появилась возможность написать докторскую диссертацию. По мнению комитета, присудившего ей научную степень, это был наибольший вклад, когда-либо внесенный в науку докторской диссертацией.

В декабре 1903 года Королевская Академия наук в Стокгольме объявила о том, что Нобелевская премия по физике присуждается Анри Беккерелю – «за открытие явления спонтанной радиоактивности» и супругам Марии и Пьеру Кюри – «за исследование радиоактивного излучения». В 1911 году Мария Склодовская-Кюри первой в мире стала дважды Нобелевским лауреатом – ей была присуждена Нобелевская премия по химии «за открытие радия и полония, изучение свойств радия, получение радия в металлическом состоянии и осуществление экспериментов, связанных с радием».

ЛЕБЕДЕВСКИЕ КРЫЛЫШКИ

Петр Николаевич Лебедев вошел в историю науки как блестящий физик-экспериментатор, выполнивший ряд тончайших исследований на грани технических возможностей своего времени. Он создал первую в России физическую лабораторию, где вместе с ним трудились его ученики, многие из которых

стали впоследствии основателями новых направлений в российской физике.

Лебедев родился в Москве 8 марта 1866 года в обеспеченной купеческой семье, где любили и спорт, и музыку, и литературу. Вместе с тем, уже в школьном возрасте обнаружился особый интерес Лебедева к технике, к самостоятельному научному творчеству. Дома он постоянно читал книги по физике и электротехнике, мастерил разнообразные электрические машины и



Петр Лебедев, 1 рубль, Россия, 1991 г.

изображал их тщательно выполненными чертежами, которые его друзья в шутку называли «патентами». Среди этих «патентов» были не только динамо-машины, телеграфы, регуляторы вольтовой дуги, но и множество летательных аппаратов, и даже прибор для получения азотной кислоты из воды и воздуха.

Окончив немецкую коммерческую школу и реальное училище, Лебедев поступил в Московское техническое училище, где овладел столярным, токарным и слесарным ремеслами, которые оченьгодились ему впоследствии при изготовлении экспериментальных приборов. Однако узкая техническая направленность училища вскоре перестала удовлетворять Лебедева, и в 1887 году он отправился на обучение в Страсбургский университет. Здесь он в течение четырех лет слушал лекции Кундта, Гельмгольца, Больцмана и других известных ученых и одновременно вел самостоятельную исследовательскую работу. «Вне физической жизни, – писал Лебедев, – у меня только сон: я прихожу домой, чтобы спать и утром получить

кофе... Лучшего увеселения, чем физика и лаборатория, я не знаю». Молодой ученый пробовал свои силы в разных областях физики. Кундт в шутку говорил, что у Лебедева каждый день рождается по двадцать идей. В конечном счете Лебедев решил сосредоточиться на проблемах взаимодействия электромагнитного излучения с веществом и даже сформулировал собственную программу исследований. Одно из центральных мест в ней занимал вопрос о давлении света на твердые тела и газы.

Проблема светового давления занимала крупнейших ученых мира на протяжении нескольких столетий. Еще Кеплер, обрабатывая данные о движении небесных тел, обратил внимание на тот факт, что при прохождении комет около Солнца их хвосты отклоняются в противоположном Солнцу направлении. В 1619 году, исходя из господствовавшей в то время корпускулярной теории света, он высказал предположение, что это происходит из-за давления солнечных лучей. Ньютон считал, что кометные хвосты отклоняются не в результате действия света, а просто потому, что легкое вещество кометного хвоста всплывает в более плотной атмосфере Солнца. В 1746 году Эйлер сделал попытку объяснить давление света, рассматривая его как продольные колебания упругого эфира. Затем Бартоли, исходя из второго начала термодинамики, пришел к выводу о существовании светового давления; его идеи развил Больцман. Наконец, в 1873 году Максвелл опубликовал свой знаменитый «Трактат по электричеству и магнетизму», где дал полное математическое описание электромагнитных явлений и предсказал новый эффект – существование в свободном пространстве электромагнитных волн, распространяющихся со скоростью света. Это позволило ему считать свет одним из видов электромагнитных волн и записать формулу для светового давления в таком виде: $p = \frac{E(1 + R)}{c}$, где E – энергия электромагнитной волны, отнесенная к единице площади и единице времени, R – коэффициент отражения, c – скорость света.

Однако многие ученые, и в их числе президент Лондонского Королевского общества лорд Кельвин, считали световое давление несуществующим. Последнее слово могли сказать только экспериментаторы. Попытки экспериментально обнаружить световое давление предпринимались неоднократно, но ни один опыт не дал однозначного ответа на вопрос о существовании светового давления. Даже Максвелл, автор приведенной выше формулы, сомневался в том, что она может быть подтверждена опытным путем.

Полностью осознавая трудность поставленной перед ним задачи, Лебедев начал выполнение своей программы исследований взаимодействия излучения и вещества. На первом этапе он изучал взаимодействие волн различной природы с резонаторами и обнаружил, что и звуковые, и гидродинамические, и электромагнитные волны оказывают механическое воздействие на резонаторы. В процессе этой работы Лебедеву удалось получить самые короткие в то время электромагнитные волны и изучить их свойства. Он, например, наблюдал двойное преломление миллиметровых электромагнитных волн, проходящих через кристалл ромбической серы (двойное преломление света было хорошо известно в оптике). Анализируя полученные данные, Лебедев пришел к выводу о тождестве миллиметровых электромагнитных волн с ранее полученными более длинными волнами Герца, а также и со световыми волнами.

Будучи уже твердо уверенным в том, что свет, являясь электромагнитной волной, должен оказывать давление на твердые тела и газы, Лебедев начал свои знаменитые опыты. Идея эксперимента была проста: на легкое крылышко, подвешенное на длинной и тонкой нити, направлялся луч света. Под действием светового давления крылышко должно поворачиваться, и по углу поворота можно рассчитать силу давления света. Прибор необходимо было поместить в хорошо откачанный баллон, чтобы исключить посторонние воздействия.

На пути осуществления этой простой идеи экспериментатора, однако, ожидали колоссальные трудности. Первая из них состояла в ничтожной величине светового давления. Действительно, используя формулу Максвелла, легко оценить, что, например, дуговая лампа мощностью 1 кВт создает световое давление порядка 10^{-4} Па, или 10^{-6} мм рт. ст. Вакуум в экспериментах Лебедева составлял около 10^{-4} мм рт. ст., т.е. ему необходимо было фиксировать изменения давления на уровне процента от давления остаточного газа в баллоне.

Но малость измеряемой величины была не самым большим препятствием. Определяя давление света, Лебедев столкнулся с действием радиометрических сил, существенно влиявших на сам процесс измерений. Эти силы возникали из-за того, что поверхность крылышка, обращенная к источнику света, нагревалась, что приводило к неравномерному нагреванию газа в баллоне и, тем самым, к возникновению конвекционных потоков. Поток газа от освещенной стороны крылышка к теневой толкал крылышко в том же направлении, что и световое давление. Помимо этого, нужно было избавиться от конвекционных потоков, возни-

кавших из-за неравномерного нагревания светом стеклянного баллона.

Исключить все указанные помехи и измерить величину, которую можно однозначно отождествить с давлением света, – вот задача, на решение которой Лебедев затратил четыре года упорнейшего труда. Ученый создал прибор, удивительный по своей простоте, элегантный и безупречный с точки зрения чистоты физического эксперимента.

Прежде всего, конечно, надо было научиться создавать хороший вакуум в стеклянном баллоне. Лебедев поместил в баллон каплю ртути и, слегка подогревая ее, продолжал откачивать воздух из баллона самым совершенным по тому времени вакуумным насосом – тяжелые пары ртути увлекали молекулы воздуха при откачке. Затем баллон охлаждался, и плотность паров ртути понижалась, благодаря чему достигался довольно высокий вакуум. Для того чтобы конвекционные потоки остаточного газа от нагретой стенки рассеивались еще до того, как они достигнут крылышка, Лебедев увеличил размер баллона до 20 см в диаметре. Кроме того, ему удалось уменьшить нагревание стенки баллона светом за счет применения светофильтров, поглощавших самую «горячую» часть спектра.

Главной частью созданного им прибора были знаменитые крылышки. В одной из конструкций крылышек к стеклянному стержню были прижаты платиновыми кольцами два крестика из листовой платины различной толщины. Два из этих крылышек имели с обеих сторон зеркальные поверхности, а два других были покрыты платиновой чернью, т.е. мелко раздробленной платиной. Диаметр крылышек составлял 0,5 см, а весь прибор имел около 2 см в ширину и около 4 см в длину. Прибор подвешивался на тонкой стеклянной нити длиной 30 см. Луч света можно было направлять поочередно на любое из четырех крылышек. Крылышки делались зеркальными и зачерненными с тем, чтобы проверить вывод теории о том, что при полном отражении от поверхности свет оказывает на нее вдвое большее давление, чем на полностью поглощающую поверхность.

Источником света в установке служила дуговая лампа. Пропуская луч через систему линз и металлическую диафрагму, получали параллельный пучок, который направлялся на сосуд с чистой водой. Вода служила светофильтром, поглощавшим «горячие» лучи. Параллельный пучок света троекратно отражался от зеркал, фокусировался линзой, проходил через стеклянную пластину и направлялся на крылышки, помещенные в стеклянный баллон. С помощью зеркал можно было менять

направление светового луча так, чтобы он падал с противоположной стороны крылышка. А освещение крылышка с разных сторон позволяло компенсировать конвекционные потоки.

Лебедев тщательно следил за тем, чтобы интенсивность освещения была одинаковой с обеих сторон. Было замечено, что разница в яркости в 1% «вызывается несимметричным сметанием пыли» с установки. Для исключения радиометрических поправок Лебедев применял крылышки разной толщины. Он писал: «Если мы будем одновременно наблюдать два одинаковых крылышка, имеющих очень значительную разницу толщин, то мы можем вычислить, как велико было бы отклонение, вызываемое световым пучком, если бы толщина крылышка была равна нулю, что соответствует и равным нулю радиометрическим силам». Особые меры предпринимались им для того, чтобы отразившийся от крылышек свет, претерпевая повторные отражения от внутренней стенки баллона, не попадал вновь на крылышко. Более того, Лебедев исключил даже вклад в измеряемые эффекты от «корешков» крылышек, с помощью которых они крепились к стеклянному стержню: во втором варианте прибора крылышки крепились на очень тонких проволочках, давлением света на которые уже можно было пренебречь. Наконец, наибольшие помехи в процесс измерений вносила неравномерность горения дуговой лампы. Это препятствие преодолевалось путем накопления статистики при проведении большого числа экспериментов.

Из теории Максвелла следовало, что сила давления света пропорциональна энергии светового пучка. Значит, необходимо было измерить энергию лучей, падающих на крылышки. Помещая на место крылышек медный калориметр, Лебедев измерял изменение температуры калориметра под действием света. Считая затем, что вся световая энергия превращалась в тепло, и зная теплоемкость калориметра, можно было вычислить энергию световых лучей. Коэффициент отражения каждого крылышка тщательно измерялся. Зная коэффициент упругости прибора (который определялся из собственных колебаний массивного медного цилиндра, подвешенного на стеклянной нити) и угол, на который закручивался прибор под действием светового давления, можно было определить давление света. Таким образом, Лебедев измерил все величины, входящие в формулу Максвелла, и полученные им экспериментальные данные в пределах точности измерений ($\sim 20\%$) совпали с теоретическими расчетами.

Летом 1900 года Лебедев доложил результаты своей работы на Всемирном конгрессе физиков в Париже, и его исследования

получили заслуженное признание. Лорд Кельвин в беседе с физиологом Тимирязевым говорил: «Вы, может быть, знаете, что я всю жизнь воевал с Максвеллом, не признавая его светового давления, и вот ваш Лебедев заставил меня сдаться перед его опытами». Немецкий физик Пашен писал Лебедеву: «Я считаю Ваш результат одним из важнейших достижений физики за последние годы и оцениваю трудности Ваших опытов тем более, что я сам несколько времени тому назад задался целью доказать световое давление и проделывал подобные же опыты, которые, однако, не дали положительного результата».

В дальнейшем Лебедев поставил перед собой еще более трудную задачу — измерить давление света на газы. В том, что такое давление существует, он уже не сомневался. Результатом длительных исследований стала публикация 1909 года, в которой Лебедев сообщал, что «существование давления света на газы установлено опытным путем... Таким образом, гипотеза о давлении света на газы, триста лет тому назад высказанная Кеплером, получила в настоящее время как теоретическое, так и экспериментальное обоснование».

Важность сделанного Лебедевым открытия трудно переоценить. Вот лишь несколько примеров. Ничтожная, на первый взгляд, величина светового давления оказывает существенное влияние на положение искусственных спутников Земли и безусловно учитывается в точной космической навигации. Глубокое охлаждение отдельных атомов и образование конденсата Бозе — Эйнштейна возможно при взаимодействии лазерного излучения с веществом. Калибровка первых лазеров, созданных на физическом факультете МГУ, осуществлялась по световому давлению.

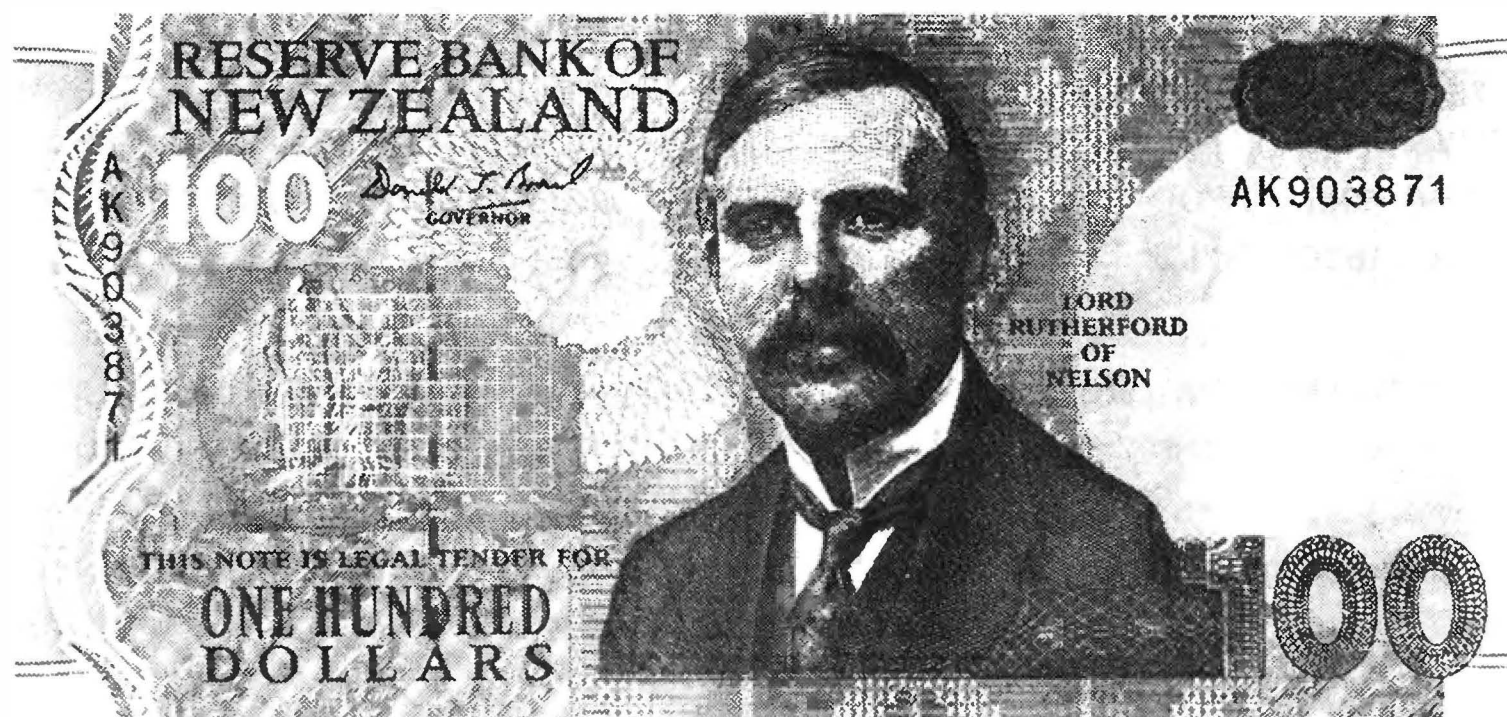
Имя Петра Николаевича Лебедева носят Физический институт Российской академии наук и премия, присуждаемая Президиумом РАН за лучшие работы в области физики. А по улице Лебедева автор этой книги каждый день идет на физический факультет МГУ.

ОПЫТЫ РЕЗЕРФОРДА

Атомистические представления о строении вещества высказывали еще философы древности, в частности Левкипп и Демокрит, однако современная атомная физика возникла лишь около ста лет назад. Ярким представителем плеяды основоположников атомной (и ядерной) физики является создатель планетарной модели атома Эрнест Резерфорд (1871–1937).

Обучаясь в школьные и студенческие годы в Новой Зеландии, Резерфорд обнаружил блестящие способности к точным наукам и по окончании колледжа получил стипендию, позволявшую наиболее талантливым выпускникам провинциальных университетов проходить стажировку в одном из университетов Англии. Резерфорд выбрал Кембриджский университет, где работал знаменитый физик Дж. Дж. Томсон, в то время директор Кавендишской лаборатории. Вначале Резерфорд успешно занимался проблемой передачи радиосигналов на большие расстояния, однако вскоре Томсон убедил его посвятить себя новой области физики, возникшей после открытия в 1895 году рентгеновских лучей.

В 1896 году произошло еще одно знаменательное событие. Французский физик А. Беккерель, изучая способность люминесцирующих веществ излучать рентгеновские лучи, обнаружил



Эрнест Резерфорд, 100 долларов, Нов. Зеландия, 1993 г.

новое загадочное излучение, создаваемое солями урана. Это сообщение заинтересовало ученых Кавендишской лаборатории, и Резерфорд занялся опытами по сравнению рентгеновских и «беккерелевых» (несколько позже их стали называть радиоактивными) лучей. В ходе этих исследований в 1899 году он обнаружил, что излучение урана не однородно, а содержит по крайней мере две составляющие. Резерфорд назвал их α - и β -лучами и показал, что α -лучи обладают гораздо большей ионизирующей способностью, чем β -лучи.

Природа β -излучения была выяснена довольно быстро – уже в 1900 году было показано, что в электрическом и магнитном полях эти лучи ведут себя так же, как и пучки электронов. Природа α -частиц пока не была известна, но Резерфорд уже тогда предугадал важность α -частиц и затем многие годы посвятил их изучению.

Поставленные Резерфордом опыты свидетельствуют о его необычайном экспериментальном мастерстве и изобретательности. Для определения природы α -частиц в 1903 году он сконструировал незатейливый прибор, схема которого приведена на рисунке. Электроскоп, сделанный из золотой фольги, помещался над двадцатью близко расположенными металлическими пластинками в эбонитовом ящике. Благодаря узким щелям между пластинками α -частицы, испускаемые радиевой солью, проходили в камеру электроскопа параллельным пучком. Через прибор пропускался водород, который увлекал с собой накапливающийся в приборе радон и, тем самым, увеличивал длину свободного пробега α -частиц. Заряженные частицы ионизировали находившийся в электроскопе газ, и листочек электроскопа отклонялся от вертикального положения.

Для определения знака заряда α -частиц Резерфорд использовал эффект изменения направления движения заряженных частиц под действием магнитного поля. Щели между пластинками сверху прикрывались щитками, закрепленными с одной стороны. Прикладывая магнитное поле параллельно плоскостям пласти-

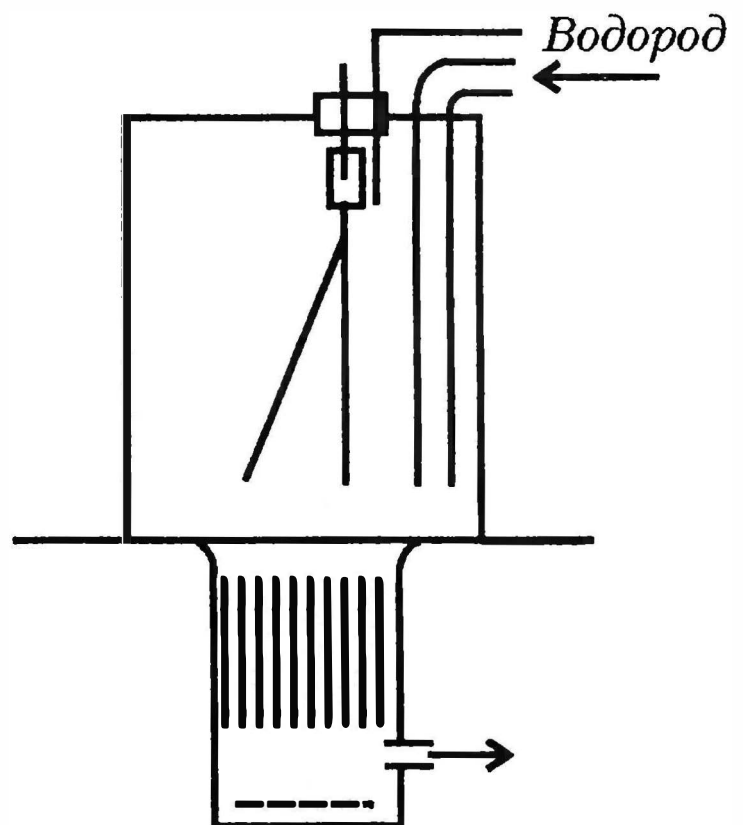


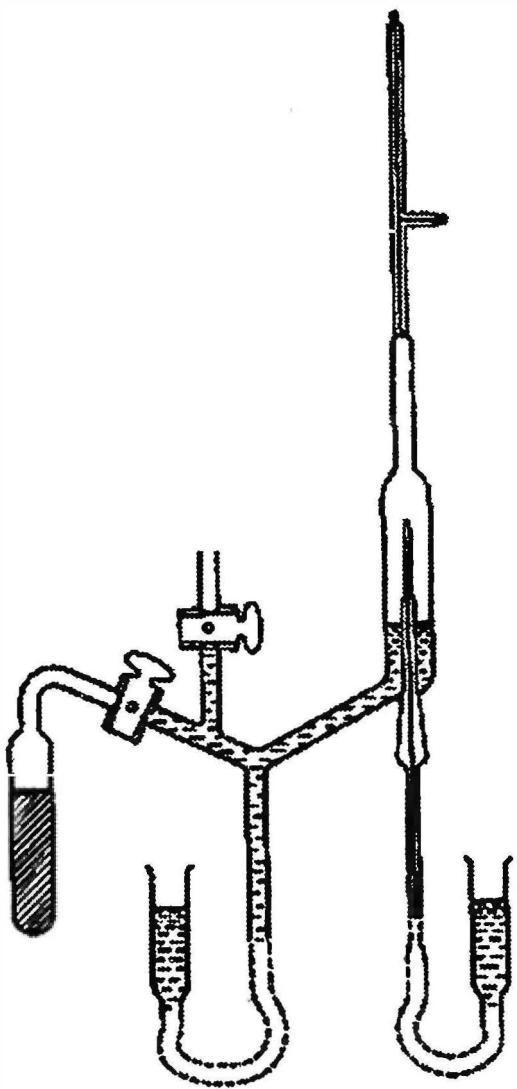
Схема опыта по определению природы альфа-частиц

нок, можно было так отклонять α -частицы, что они попадали либо на щитки, либо на стенки экрана. При этом ионизация воздуха в камере электроскопа прекращалась, и золотая фольга опускалась. Меняя направление магнитного поля, Резерфорд установил, в каком именно направлении отклоняются α -частицы, и отсюда заключил, что знак заряда этих частиц положительный. Затем Резерфорд подключил металлические пластинки к полюсам электрической батареи и по отклонению α -частиц в электрическом поле установил отношение их заряда к массе.

Все указывало на то, что α -частицы являются, по-видимому, двукратно ионизованными атомами гелия. Однако для полной идентификации α -частиц в 1909 году Резерфорд поставил еще один тонкий эксперимент. Изображенный на рисунке прибор для опыта был изготовлен высококвалифицированным стеклодувом. Радиоактивный газ радон, испускавший α -частицы, помещался в тонкостенную стеклянную трубку, вставленную, в свою очередь, в более широкую трубку, из которой был тщательно откачан воздух. Через несколько дней во внешней трубке обнаруживался газ, который образовывался благодаря проникновению α -частиц через стенки внутренней трубки. Этот газ вытеснялся в малый

отросток внешней трубки, через который пропускался электрический разряд. При этом наблюдались характерные желтые линии спектра излучения гелия. В результате этого опыта Резерфорд окончательно удостоверился, что α -частицы — это двукратно ионизованные атомы гелия.

В 1903 году Э.Резерфорд, совместно с английским физиком и химиком Ф.Содди, разработал теорию радиоактивного распада. Согласно этой теории, атомы тяжелых химических элементов могут самопроизвольно распадаться, и в этом процессе происходит превращение одних элементов в другие. За проведенные им исследования распада радиоактивных элементов в 1908 году Резерфорд был удостоен Нобелевской премии по химии. По этому поводу он шутил, что имел дело со многими самыми различными превращениями, однако самым замечательным из них оказа-



Прибор для окончательной идентификации альфа-частиц

лось его собственное превращение в один миг из физика в химика.

Наиболее значительным вкладом Резерфорда в науку стало создание им планетарной модели атома. Еще проводя опыты по отклонению α -частиц магнитным полем, Резерфорд заметил, что если вакуум, в котором проводился эксперимент, был недостаточен, путь некоторых частиц слегка искривлялся. Для такого искривления требовалось сильное поперечное электрическое поле, и Резерфорд заключил, что атомы вещества должны быть средоточием больших электрических сил. Для проверки этой гипотезы Резерфорд поручил своему стажеру Э.Марсдену посчитать число α -частиц, проходящих от излучателя к экрану через различные пластинки. Этот опыт заключался в том, что через тонкую щель пучок α -частиц направлялся на экран из сернистого цинка, вспышки (сцинтилляции) на котором можно было наблюдать в микроскоп. При хорошем вакууме на экране наблюдалась лишь яркая полоска света, но когда на пути α -частиц оказывалась тонкая пластинка какого-нибудь вещества, α -частицы распределялись по большей площади экрана.

В процессе этих измерений Марсден обнаружил крайне неожиданное явление: некоторые α -частицы отклонялись от предполагаемого направления гораздо сильнее, чем это допускалось существовавшими тогда представлениями о строении атома: согласно модели атома Томсона, положительные и отрицательные заряды равномерно распределены внутри атомной сферы. Анализируя же результаты своих экспериментов, Резерфорд понял, что силы, способные отклонить α -частицы на большой угол, могут возникать лишь в том случае, если положительный электрический заряд атома сконцентрирован в очень малом объеме и там же, в основном, сосредоточена его масса. Эту центральную часть атома Резерфорд, используя биологическую терминологию, назвал ядром. Вокруг ядра на большом отдалении от него по орбитам вращаются легкие электроны. Такая модель была подобна Солнцу с вращающимися вокруг него планетами, и поэтому Резерфорд назвал ее планетарной.

Допустив, что положительный заряд атома сконцентрирован в точечном ядре, Резерфорд показал, что частица, попадающая на близкое расстояние от него, описывает гиперболическую орбиту, причем угол отклонения частицы φ определяется равенством $\operatorname{ctg}(\varphi/2) = 2p/b$, в котором p – прицельное расстояние, а буквой b обозначено выражение $2NeE/(mv^2)$, где Ne – центральный заряд, E – заряд α -частицы, m и v – ее масса и скорость

соответственно. Величина b представляет собой наименьшее расстояние, до которого α -частица может проникнуть в глубь атома. По оценке Резерфорда, это расстояние порядка $3,4 \cdot 10^{-12}$ см. Проведенная Г.Гейгером и Э.Марсденом проверка теории путем изучения рассеяния α -частиц на атомах многих элементов (от углерода до платины) показала полное согласие с выводами Резерфорда.

Созданная Резерфордом теория и выведенная им формула выдержали испытание временем, подвергаясь в дальнейшем лишь проверкам и уточнениям. Из предложенной им модели атома стал ясен смысл периодического закона элементов, согласно которому элементы размещаются в таблице в соответствии с зарядом их ядер. В очень короткий срок, с 1911 по 1913 год, на основе опытов Резерфорда и теории квантов Планка были разработаны основы электронной оболочки атома и создана модель атома Бора.

Так, опираясь на, казалось бы, простые опыты, сформировалась обширная наука об атоме и атомном ядре, отцом которой по праву может быть назван Эрнест Резерфорд.

ЭЙНШТЕЙН И ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Альберт Эйнштейн родился в Германии в 1879 году, с 1893 года жил в Швейцарии, с 1914 года – в Германии, а в 1933 году эмигрировал в США. Вклад Эйнштейна в формирование современной физики трудно переоценить: он построил квантовую теорию света и предсказал индуцированное излучение света, на основе которого были созданы современные лазеры; развил молекулярно-статистическую теорию броуновского движения и создал квантовую статистику для частиц с целым спином (статистика Бозе–Эйнштейна); создал специальную и общую теории относительности; работал над проблемами космологии и единой теории поля. В трудах Эйнштейна поставлен ряд нерешенных до сих пор фундаментальных проблем, поиск ответов на которые ведется на переднем крае науки.



Альберт Эйнштейн, 10 франков, Франция, 2000 г.

Эйнштейн получил образование на педагогическом факультете Политехникума в Цюрихе, который закончил в 1900 году. После этого он около двух лет был практически безработным, а затем получил место в Бернском патентном бюро, куда был принят на должность технического эксперта. Там он служил до 1909 года, оценив позднее этот период своей жизни в следующих словах: «Составление патентных формул было для меня благословением. Оно заставляло много думать о физике и давало для этого повод». В научном творчестве Эйнштейна бернский период занимает исключительное место: здесь он создал теорию броуновского движения, теорию фотонов и специальную теорию относительности. Во многом ему помогло изучение техники, причем именно в таком ключе, как это имело место в Патентном бюро: знакомство с непрерывным потоком новых, подчас остроумных, технологических рецептов; перенос конструкций и схем из одной области техники в другую; неожиданные мобилизации



*Альберт Эйнштейн, 10 юаней,
Китай, 1991 г.*

старых приемов для решения новых задач.

В 1905 году Эйнштейн закончил серию работ, посвященных классической теории молекулярного движения. Он объяснил природу наблюдаемого в микроскоп хаотического движения взвешенных в жидкости малых тел — так называемого броуновского движения, исходя из концепции беспорядочно движущихся и сталкивающихся молекул. Эйнштейн учитывал неизбежные флуктуации (т.е. отклонения от

среднего значения) в беспорядочных ударах, которые наносят телу молекулы жидкости. Избыток столкновений, передающих импульс в одном из направлений, по сравнению с числом столкновений, передающих импульс в другом направлении, вызывает сдвиг пылинки, который можно наблюдать в микроскоп. Хотя подобное предположение высказывалось еще до Эйнштейна, отсутствовала математическая основа для этого утверждения и отсутствовали его экспериментальные доказательства. Эйнштейн с помощью статистических методов, развитых Больцманом для определения средних значений в тепловых процессах, показал, что между скоростью движения взвешенных частиц, их размерами и коэффициентом вязкости существует совершенно определенная взаимосвязь, которая может быть проверена экспериментально. Эйнштейновский «закон броуновского движения» был подтвержден в 1908 году опытами французского физика Перрена.

Если теория броуновского движения завершала цикл работ в области молекулярной физики и носила строгий характер классического исследования, то работы по теории света с самого начала были революционными. В своем учении о свете Эйнштейн основывался на выдвинутой в 1900 году Максом Планком гипотезе, что испускание и поглощение энергии при тепловом излучении происходит не непрерывно, а в виде маленьких, далее неделимых порций — квантов. В 1905 году Эйнштейн постулировал, что свет не только излучается и поглощается порциями, но и состоит из дискретных квантов света, представляющих собой частицы, движущиеся в пустоте со скоростью $c = 300000$ км/с. Впоследствии эти частицы получили название фотонов. Новая

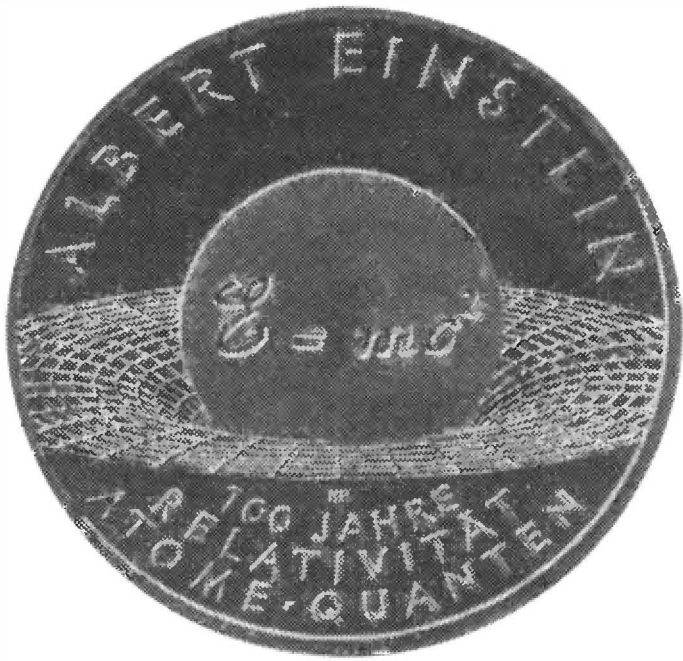
корпускулярная теория света не противоречила его волновой природе. Хотя свет и представляет собой волну, непрерывно распространяющуюся в пространстве, световая энергия в определенных явлениях проявляет себя в настолько уплотненной форме, что может рассматриваться как частица. Свет различного цвета состоит из световых квантов различной энергии: фиолетовый свет (колебания с большей частотой) состоит из более крупных неделимых порций энергии, чем красный свет (колебания с меньшей частотой). Энергия фотонов пропорциональна частоте ν и равна $h\nu$, где h – постоянная Планка, или «квант действия». Позднее, в 1916 году Эйнштейн ввел понятие импульса фотона $h\nu/c$.

Учение Эйнштейна о световых квантах дало простейшее объяснение фотоэлектрическому эффекту, известному со времен Герца и Столетова. Фотоэффект состоит в возникновении электрического тока при облучении светом поверхности металлов. Эйнштейн предложил следующее объяснение этому явлению: световые кванты, попадая на поверхность металла, отдают свою энергию электронам, которые вырываются из металла и создают электрический ток. Чтобы вырвать электрон из металла, нужна определенная энергия. Если фотон такой энергией обладает, он сможет выбить электрон; при этом энергия вылетевших электронов зависит не от интенсивности света, а исключительно от его длины волны. Эйнштейн получил формулу для максимальной энергии вылетевших электронов: $E = h\nu - A$, где A – работа выхода, т.е. энергия, необходимая для того, чтобы покинуть металл, преодолев притяжение со стороны оставшихся атомов. Правильность данного Эйнштейном толкования фотоэффекта десятилетие спустя была подтверждена экспериментальными исследованиями американского физика Милликена. В настоящее время квантовая теория света принадлежит к надежно установленным истинам физики, а за открытие законов фотоэффекта Альберту Эйнштейну в 1921 году была присуждена Нобелевская премия по физике.

Каждая из перечисленных выше работ уже поставила бы Эйнштейна в ряд знаменитых физиков, однако его наивысшим



Альберт Эйнштейн, 5 франков, Швейцария, 1979 г.



*Альберт Эйнштейн, 10 евро,
Германия, 2005 г.*

достижением по праву считается создание общей и специальной теорий относительности. Публикацию своих исследований по теории относительности он начал со статьи «К электродинамике движущихся тел», напечатанной в 1905 году в «Анналах физики». В том же году вышло в свет дополнение к этой статье под заглавием «Зависит ли инерция тела от содержащейся в нем энергии?». Первоначальный вариант теории, носящий название

специальной теории относительности, был разработан для систем, движущихся прямолинейно и равномерно. К построению этой теории Эйнштейна привел парадокс, возникающий при попытках распространить идеи классической физики (правило сложения скоростей и принцип относительности) на новую область физики – электродинамику.

Эйнштейн говорил, что еще с юных лет его занимал вопрос о том, что бы произошло, если бы можно было со скоростью света мчаться вслед за световой волной. Тогда наблюдатель должен был бы воспринимать луч света как покоящееся переменное в пространстве электромагнитное поле. Это, однако, противоречит теории Максвелла, согласно которой свет всегда представляет собой движущиеся электромагнитные волны. К тому же, оптические процессы в такой системе отсчета должны резко измениться: если для наблюдателя свет имеет нулевую скорость, то, например, вспышка фонаря не осветит экран, находящийся на некотором расстоянии. Такое изменение оптических процессов позволило бы наблюдателю отличить движущуюся систему от неподвижной только по процессам внутри системы, что противоречит интуитивному убеждению в невозможности зарегистрировать равномерное и прямолинейное движение при помощи внутренних эффектов в движущейся системе. Таким образом, электродинамика разрушила связь двух очевидных положений классической физики – принципа сложения скоростей и принципа относительности. Эти два положения применительно к электродинамике оказались несовместимыми, что потребовало отказа от одного из них.

Основополагающим экспериментом, который помог решить этот вопрос, оказался знаменитый опыт Майкельсона, предназ-



Альберт Эйнштейн, 5 лирот, Израиль, 1968 г.

наченный для обнаружения «светового эфира». Теория эфира господствовала в науке на протяжении всего XIX века. Считалось, что эфир пронизывает все тела, не принимая участия в их движении. Неподвижный мировой эфир является воплощением «абсолютного пространства». В опыте Майкельсона измерялось время прохождения света по двум трубкам, одна из которых располагалась вдоль движения Земли, а другая – в поперечном положении. Движение Земли в мировом эфире должно было сказаться в увеличении скорости света при прохождении по продольной трубке навстречу движению Земли и в ее уменьшении при движении в обратном направлении. При этом считалось, что свет пройдет туда и обратно в продольной трубке за большее время, чем в поперечной. Опыт Майкельсона дал, однако, отрицательный результат: скорость света оказалась независимой от движения Земли «в эфире». Удовлетворительного объяснения опыта Майкельсона в рамках идеи мирового эфира так и не было дано, пока в 1905 году Эйнштейн не высказал утверждение, что свет распространяется с одной и той же скоростью относительно всех тел, движущихся с постоянной скоростью одно относительно другого.

Это составило основную посылку специальной теории относительности: скорость света – одна и та же во всех системах отсчета, движущихся относительно друг друга без ускорения. Теория Эйнштейна, отказавшись от классического правила сложения скоростей, смогла подчинить принципу относительности все процессы, происходящие в равномерно и прямолинейно движущихся системах. Все эти процессы (как механические, так и оптические) не изменяются под влиянием движения

систем – это второе положение специальной теории относительности.

Созданием теории относительности Эйнштейн изгнал мировой эфир как носителя световых волн из физической картины мира, в результате учение о свете было освобождено от механических компонентов. На место светового эфира Эйнштейн поставил электромагнитное поле как самостоятельную физическую реальность. При этом соотношения старой, классической механики получались из теории относительности как предельный случай, когда скорость света можно считать бесконечно большой по сравнению со скоростями медленно движущихся тел.

При создании теории относительности важным отправным пунктом для Эйнштейна был анализ понятия одновременности. Исходя из конечности скорости света как максимальной скорости передачи сигналов, Эйнштейн пришел к выводу, что говорить об абсолютной одновременности далеко отстоящих друг от друга в пространстве событий не имеет смысла. Поэтому понятия «абсолютной одновременности» не существует. Внесение относительности в понятие одновременности неотвратимо влекло за собой и внесение относительности в понятие времени. Если не может быть абсолютной одновременности, то не существует также абсолютного, одинакового для всех систем отсчета времени. А значит, не существует «абсолютного движения»: движение тела или системы отсчета можно лишь сравнивать с движением другого тела или другой системы отсчета. Таким образом, каждое событие нужно рассматривать в рамках единого пространственно-временного представления о мире.

Законченную математическую форму специальная теория относительности приобрела благодаря усилиям Германа Минковского, бывшего учителя Эйнштейна, профессора математики в Гёттингене. Минковский представил «событие», т.е. пребывание частицы в данный момент в данном месте, в виде точки в 4-мерном пространстве (3 пространственные и 1 временная координаты). Движение изображается последовательностью таких «мировых точек», а совокупность всех «событий» образует 4-мерный континуум пространства-времени, названный «миром». «Мир Минковского» стал неотъемлемой частью теории относительности.

Теория относительности сразу приобрела большую известность, появились ее сторонники и противники, она вызвала оживленную дискуссию не только в научной среде, но и в средствах массовой информации, так как ставила познание мира

на совершенно новый, качественно отличный от предыдущих уровень. Научная слава Эйнштейна начала быстро распространяться по всему миру. По предложению Планка и Нернста в 1913 году Эйнштейн был избран действительным членом Берлинской Академии наук и вскоре переехал из Цюриха в Берлин, где развил активную научную деятельность.

В 1916 году в «Анналах физики» появилась работа Эйнштейна «Основы общей теории относительности». Общая теория относительности, в отличие от специальной, которая разработана для систем, движущихся равномерно и прямолинейно, относится к произвольно движущимся системам. Ее уравнения справедливы и для систем отсчета, движущихся поступательно с ускорением, и для вращающихся систем. По своему содержанию, однако, общая теория относительности главным образом представляет собой учение о тяготении, о гравитационных полях.

Отправным пунктом для создания теории явился выдвинутый Эйнштейном принцип эквивалентности сил инерции, возникающих в ускоренно движущихся системах, и сил тяготения: оба вида этих сил пропорциональны массам тел, поэтому внутренние эффекты, вызванные ускорением, можно приписать тяготению. Эйнштейн предположил далее, что за счет тяготения могут быть объяснены не только динамические, но и оптические явления. Для этого он допустил, что свет обладает гравитационной массой, тем самым ограничив специальную теорию относительности (принцип постоянства скорости света) областями, где гравитационными силами можно пренебречь. При этом удалось распространить принцип относительности на все движущиеся системы.

Для доказательства относительности ускоренных движений Эйнштейн отождествил тяготение с искривлением пространства-времени. Он показал, что пространство не является однородным, а по своей геометрической структуре зависит от распределения масс, от вещества и поля. Всеобщая справедливость геометрии Евклида уже не могла сохраниться, она оказалась предельным случаем при слабых взаимодействиях масс. В общем же пространстве царит неевклидова геометрия, теорию которой разработал Риман. В римановой геометрии, которая благодаря Эйнштейну приобрела физический смысл, говорят об «искривленном» пространстве, где нет прямых линий и есть лишь линии кратчайшего расстояния между двумя точками (как на шаре). «Кривизна» пространства определяет геометрическую форму траекторий движения тел в поле тяготения.

Для экспериментальной проверки выводов из общей теории относительности Эйнштейн указал три «эффекта».

Первый эффект – смещение перигелия Меркурия (т.е. ближайшей к Солнцу точки его эллиптической орбиты). В теории Эйнштейна это явление объяснялось как «возмущение» структуры пространства воздействием массы Солнца. Точное совпадение наблюдаемого смещения с величиной, вычисленной по теории, послужило сильной поддержкой для учения Эйнштейна.

Вторым эффектом является отклонение (искривление) световых лучей звезд вблизи Солнца, благодаря наличию у света гравитационной массы. Отклонение луча можно заметить, сфотографировав звездное небо: если луч звезды пройдет вблизи Солнца, он отклонится, и на фотографии изображение звезды окажется смещенным по сравнению с фотографией, сделанной в отсутствие Солнца в наблюдаемой части небосвода. Этот эффект можно было заметить только во время солнечного затмения, так как когда Солнце на небе, звезды нельзя ни увидеть, ни сфотографировать. Нужно было выбрать такое затмение, когда Солнце находится на пути лучей ярких звезд. Такое наблюдение было осуществлено английской астрономической экспедицией в Гвинее и Бразилии в 1919 году. При сопоставлении фотографий, полученных во время затмения, с фотографией, сделанной ночью (т.е. в отсутствие Солнца на пути лучей звезд), было зарегистрировано смещение, предсказанное теорией Эйнштейна.

Третьим эффектом для проверки теории тяготения Эйнштейна является «релятивистское красное смещение», т.е. смещение спектральных линий света, приходящего к нам от гигантских звезд, по сравнению со светом, который при помощи молекул того же вида создается на Земле. Этот вывод теории Эйнштейна подтвердился при исследовании излучения спутника Сириуса.

После завершения работы над общей теорией относительности Эйнштейн обратился к проблеме создания единой теории поля, сводящей воедино свойства гравитационного и электромагнитного полей. Этой проблемой он занимался вплоть до своей кончины в 1955 году, однако разрешить ее ему не удалось.

В истории человечества Альберт Эйнштейн остался как глубочайший физик-мыслитель, великий преобразователь естествознания, создавший новую картину мироздания.

ДЕЛЕНИЕ УРАНА: ОТ КЛАПРОТА ДО ГАНА

*Вильгельм Клапрот (1789) →
Анри Беккерель (1896) → Пьер и Мария Кюри (1898) →
Эрнест Резерфорд (1911) → Ганс Бете (1932) → Джеймс
Чедвик (1932) → Ирен и Фредерик Жолио-Кюри (1934) →
Энрико Ферми (1935) → Лизе Мейтнер, Фриц Штрассман,
Отто Ган (1938)*

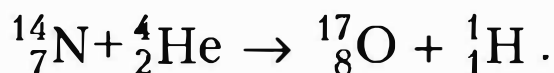
Девяносто второй элемент периодической таблицы Менделеева уран был открыт Вильгельмом Клапротом в 1789 году. Через сто с лишним лет, в 1896 году, Анри Беккерель обнаружил, что уран радиоактивен, а еще через два года супруги Пьер и Мария Кюри выделили из урановой руды два новых химических элемента – полоний и радий. Как оказалось, радиоактивность радия в миллион раз превышала радиоактивность естественного урана. Свойство радиоактивности заключается в том, что радиоактивные элементы излучают либо α -, либо β -частицы и превращаются в другие элементы. Как показал Резерфорд, α -частицы представляют собой двукратно положительно заряженные ядра гелия, а β -частицы – это отрицательно заряженные электроны.

Окончательно постулат о неделимости и неизменности химических элементов завершил свое существование при появлении гипотезы Резерфорда и Содди о распаде атомов. Уже на заре изучения радиоактивности были установлены три цепочки радиоактивного распада. Две из них начинались от урана, а одна – от девяностого элемента тория. Периоды полураспада не управлялись никакими физическими и химическими воздействиями, а конечным продуктом всех этих цепочек был свинец. (Факт существования двух различных цепочек распада урана был понят лишь в результате многолетней интенсивной работы ученых разных стран.)



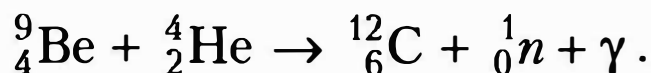
Отто Ган, 500 сика, Гана, 2005 г.

Вначале Резерфорду в 1911 году с помощью бомбардировки ядер α -частицами удалось преобразовать один элемент в другой, как это видно, например, из реакции



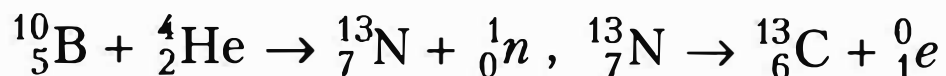
Впоследствии было открыто много аналогичных реакций, но не с тяжелыми элементами – они эффективно отталкивали α -частицы.

Затем в 1932 году были открыты позитрон, тяжелый водород и, наконец, нейтрон. Облучая бериллий α -частицами, Бете и Беккер в Германии обнаружили сильно проникающее излучение, которое они приняли за γ -лучи. Жолио-Кюри показал, однако, что эти лучи выбивают протоны из водородосодержащих соединений, что невозможно для γ -излучения. То, что сильно проникающим излучением являются нейтроны, показал Чедвик, изучая реакцию

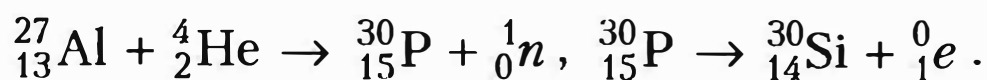


С открытием нейтронов прояснился, наконец, долго мучивший химиков вопрос дробных масс элементов, т.е. существования изотопов. Оказалось, что и уран имеет два основных изотопа: ${}^{235}_{92}\text{U}$ и ${}^{238}_{92}\text{U}$, они и являются родоначальниками двух радиоактивных цепочек.

Открытие Чедвика позволило использовать при бомбардировке атомных ядер не только α -частицы, но и нейтроны. Между двумя этими процессами вскоре обнаружилось существенное различие. Бомбардировка α -частицами почти всегда приводила к образованию стабильных атомов, если при этом происходило также излучение протона. Если же при бомбардировке атомов α -частицами происходило излучение нейтрона, то наряду с ним также излучался позитрон. Излучение позитрона иногда происходило уже после того, как облучение α -частицами прекращалось. Наблюдение таких реакций Ирен и Фредериком Жолио-Кюри в 1934 году предопределило открытие искусственной радиоактивности. Первыми такими реакциями стали:

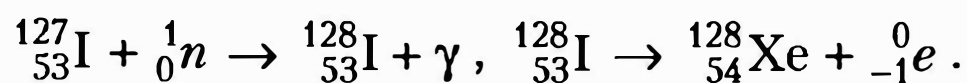


и



Исключительно важное значение нейтронов для проведения ядерных реакций осознал Ферми. Его команда облучила нейтронами почти все элементы периодической системы и от-

крыла множество искусственных радиоактивных элементов. Например:



На этом пути Ферми добрался до урана и, облучая его нейтронами, обнаружил множество трансмутантов. Некоторые из вновь полученных продуктов облучения обладали очень малыми периодами полураспада. Поскольку многие из этих продуктов излучали электроны, Ферми предположил, что он получил 93-й и 94-й трансурановые элементы. Предположение Ферми, однако, было принято научной общественностью с осторожностью, причем многие полагали, что наиболее надежно установленный так называемый 13-минутный элемент был на самом деле протактинием — элементом с номером 91.

Лизе Мейтнер и Отто Хан решали перепроверить эксперимент Ферми с тем, чтобы определить, является ли 13-минутный элемент протактинием. Поскольку вновь обнаруженный продукт реакции не оказался ни протактинием, ни ураном, ни актинием, ни торием, ученые заключили, что вновь обнаруженный элемент является трансурановым 93-м элементом. Никакие другие возможности ими тогда не рассматривались. С открытием нейтрона и использованием искусственных источников радиации действительно наблюдалось огромное количество необычных реакций, однако продуктами этих реакций всегда являлись либо изотопы облучаемых веществ, либо элементы, отстоящие на одну или, в крайнем случае, на две позиции от облучаемых элементов. Возможность развала тяжелого ядра на легкие ядра тогда просто не существовала.

Независимо от этих опытов, Кюри и Савич описали в 1937–38 годах так называемый 3,5-часовой изотоп, который возникал при облучении урана нейтронами. Его свойства напоминали пятьдесят седьмой элемент лантан. В то же время в экспериментах Гана и Штрассмана по облучению урана нейтронами был получен еще более странный результат: наряду с предполагаемыми трансурановыми элементами возникали, путем последовательного излучения α -частиц, три искусственно β -активных



Отто Хан, 5 марок, Германия, 1979 г.

изотопа радия с различными временами жизни, которые, в свою очередь, превращались в β -активные изотопы актиния. Вывод о том, что в эксперименте наблюдались именно изотопы радия, основывался на следующем: согласно законам химии, это могли быть только барий или радий, однако появление пятьдесят шестого элемента бария по существовавшим тогда представлениям считалось невозможным. Странным в этих опытах было то, что α -распад не сопровождался появлением медленных нейтронов, однако сразу же возникло много различных изотопов. Чтобы получить максимально обогащенный искусственным радием образец, экспериментаторы попытались выделить его, используя в качестве носителя хлорид бария, но все попытки завершились неудачей. В то же время контрольные опыты с действительно изотопами радия всегда оказывались успешными – первый осадок всегда был богаче радиоактивным элементом.

В этой драматической ситуации Ган и Штрассман предприняли контрольный «показательный» опыт. Они смешали чистый натуральный радий с искусственным радием и провели разделение изотопов. Оказалось, что естественный радий, как всегда, выделяется хорошо, а искусственный отделить от бария невозможно. Далее, при β -распаде радия образуется актиний, а при β -распаде бария – лантан. Смесь естественного и искусственного радия давала и тот, и другой элемент.

Ган вынужден был признать, что наблюдавшийся им искусственный радий был на самом деле барием. В первом сообщении от 6 января 1939 года об опытах, которые «противоречили всем явлениям, наблюдавшимся до сих пор в ядерной физике», Ган высказал предположение, что второй продукт распада должен иметь атомную массу порядка 100 – чтобы суммарная масса вновь образуемых элементов совпала с массой урана. Во втором сообщении от 10 февраля 1939 года Ган и Штрассман описали расщепление тория, продуктами распада которого стали инертный газ и щелочной металл.

Сразу вслед за этими сообщениями появилась статья Лизе Мейтнер и ее племянника Отто Фриша, в которой расщеплению ядра урана на два более легких ядра было дано теоретическое обоснование. Они же показали, что деление ядер урана должно сопровождаться громадным выходом энергии. Уран, порядковый номер которого 92, превращается в барий с номером 56 и криптон с номером 36. Хотя условие сохранения заряда в этой реакции выполняется, оба получающихся в ней искусственных изотопа имеют слишком большую массу. Они, следовательно, должны превратиться в другие, более стабильные изотопы. Так,

наивысший стабильный изотоп криптона имеет массу 86, а в процессе деления ядер урана возникает нестабильный криптон с массой 88. За реакции с тепловыми, т.е. медленными, нейтронами ответствен $^{235}_{92}\text{U}$. Если бы не было других продуктов распада, искусственный изотоп бария должен был бы иметь массу $(235 + 1) - 88 = 148$. В то же время самый тяжелый стабильный изотоп бария имеет массу лишь 138. Учитывая это обстоятельство, в своем сообщении Ган и Штрассман предположили, что в результате реакции деления тяжелых ядер наряду с легкими ядрами появляются также нейтроны. (Экспериментально это впервые показал Фредерик Жолио-Кюри.) Высвобождающиеся в ходе этой реакции нейтроны способны инициировать дальнейшие реакции распада тяжелых ядер, что при достаточном запасе «горючего» приводит к цепной реакции.

Итак, что же происходит в уране? Уран в основном состоит из двух изотопов: $^{235}_{92}\text{U}$ и $^{238}_{92}\text{U}$, причем их количества в природном уране находятся в соотношении 1 : 140. За счет медленных нейтронов идет цепная реакция деления лишь U-235, а с U-238 происходит следующее. При захвате им нейтрона образуется короткоживущий изотоп U-239, самопроизвольно излучающий электрон. В результате образуется элемент с номером 93, т.е. нептуний. Изотоп нептуния $^{239}_{93}\text{Np}$ – тоже радиоактивен, его период полураспада составляет 2,3 дня. Нептуний также излучает электрон, в результате чего образуется элемент с номером 94, т.е. плутоний. Период полураспада $^{239}_{94}\text{Pu}$ около 24000 лет. (Имена этим элементам американский физик Гленн Сиборг дал по названиям планет: уран – нептун – плутон.) Кроме указанных ядерных реакций, при облучении урана-238 нейтронами рождается еще один изотоп, когда нейтрон не захватывается, а, наоборот, сам выбивает еще один нейтрон из ядра. В результате β -излучающий изотоп урана с массой 237 превращается в $^{237}_{93}\text{Np}$ с периодом полураспада в миллионы лет. В дополнение ко всему, в уране-238 также происходят естественные реакции деления, образующие около 200 изотопов с номерами от 30 до 64. Таким образом, наличие $^{238}_{92}\text{U}$ в природной смеси урана выводит нейтроны из цепной реакции с $^{235}_{92}\text{U}$, однако в этих же процессах идет накопление плутония, а с $^{239}_{94}\text{Pu}$ также возможна цепная реакция.

В заключение – несколько строк о человеке, которому принадлежит честь открытия расщепления тяжелых ядер. Отто Ган родился через сто лет после открытия Клапротом урана – 8 марта 1879 года во Франкфурте-на-Майне. Химическое образование он получил в Мюнхене и Марбурге, а первые шаги в науке делал

под руководством Уильяма Рамзая в Лондоне и Эрнеста Резерфорда в Монреале. По возвращении в Германию Ган продолжил свои исследования радиоактивных элементов в Химическом институте Берлинского университета. Здесь же он встретился с Лизе Мейтнер, которая прибыла в Берлин из Вены на учебу к Макс Планку. Сотрудничество Отто Гана и Лизе Мейтнер продолжалось более 30 лет. В 1912 году Ган стал директором радиохимической группы вновь созданного Института физической химии и электрохимии Общества кайзера Вильгельма. В годы первой мировой войны Ган принимал участие в боевых действиях на Западном фронте. После окончания войны Ган продолжил исследования радиоактивности и в 1928 году стал директором Института физической химии и электрохимии. В 1934 году его ближайшая сотрудница Лизе Майтнер была вынуждена покинуть Германию, и их работа продолжалась лишь по переписке. В годы второй мировой войны Ган занимался фундаментальными исследованиями продуктов ядерного распада, хотя и был подключен к некоторым проектам центра ядерных исследований вермахта. В конце войны Ган и его коллеги были арестованы союзными войсками и переправлены в Англию. Здесь Отто Ган узнал о ядерных бомбардировках японских городов Хиросима и Нагасаки и пережил по этому поводу сильнейшее потрясение. В 1946 году Ган вернулся в Германию и стал президентом Общества кайзера Вильгельма, переименованного в Общество Макса Планка. В этом же году ему была вручена Нобелевская премия по химии за 1944 год. Выступая с публичными лекциями об опасности распространения ядерного оружия, Отто Ган объединил многих ученых в борьбе за мирное развитие человечества.

ПРИНЦИП ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ БОРА

Планетарная модель атома представляется сегодня столь же очевидной, как и планетарное строение Солнечной системы. Однако для осознания и того и другого фактов понадобился гений выдающихся ученых, способных выйти далеко за рамки сложившихся в свое время общепринятых представлений. Так, квантовая планетарная модель атома была предложена в начале двадцатого века великим датским физиком Нильсом Бором (1885–1962), объединившим гипотезу Резерфорда о строении атома и гипотезу Планка о дискретности электромагнитного излучения.

Анализируя рассеяние альфа-частиц на золотой фольге, Резерфорд предположил, что в центре атома находится положительно заряженное ядро, вокруг которого по орбитам вращаются отрицательно заряженные электроны. Эта модель приводила, однако, к неразрешимому парадоксу. Согласно классической электродинамике, вращающийся по орбите электрон должен постоянно терять энергию, излучая электромагнитные волны. По мере уменьшения энергии электрон должен приближаться по спирали к ядру и, в конечном счете, упасть на него. Такая перспектива никоим образом не согласовывалась с твердо установленной стабильностью большинства химических элементов.



Нильс Бор, 500 крон, Дания, 2003 г.

Проблема устойчивости планетарного атома привлекла Бора, находившегося в 1912 году на стажировке у Резерфорда в Манчестерском университете. Он высказал идею о том, что электроны вращаются вокруг ядра не поодиночке, а группами, образуя электронные кольца, при этом сжатию кольца препятствует взаимное отталкивание электронов. Однако из устойчивости электронных колец не следовала устойчивость атомных размеров: законы ньютоновской механики позволяли электронному кольцу вращаться на любом расстоянии от ядра, а от изменения радиуса лишь изменялась бы частота обращения электронов вокруг ядра. Тем самым, классическая механика не могла объяснить устойчивость атомов.

Затем Бор выдвинул гипотезу, согласно которой электроны в кольцах могут вращаться лишь со строго определенными частотами и на строго определенных расстояниях от ядра. Это была революционная идея, но уверенность в ней Бору придало знакомство с формулами, описывающими последовательность дискретных линий в спектрах излучения элементов. Одной из таких последовательностей является знаменитая серия Бальмера, полученная чисто эмпирически еще в конце девятнадцатого века и описывающая частоты видимой части спектра атома водорода:

$$\nu = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 3, 4, 5, \dots,$$

где $R = 10973732,5 \text{ м}^{-1}$ – постоянная Ридберга.

Согласно теории Бора, каждая линия в спектре соответствует свету, излучаемому электроном, когда он переходит с одной разрешенной орбиты на другую, более низкую орбиту. Частота каждой такой линии, умноженная на постоянную Планка, равна разности энергий начального (E_1) и конечного (E_2) состояний, между которыми совершают переход электроны:

$$h\nu = E_1 - E_2$$

(здесь $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ – постоянная Планка). Первое (постоянное) слагаемое в формуле Бальмера говорит о том, что в атоме имеется самый низкий уровень энергии, а второе (переменное) слагаемое указывает на дискретность разрешенных природой электронных состояний. Электронные переходы возможны не только на уровень с наименьшей энергией, но и между высокоэнергичными состояниями, чему соответствуют дополнительные наборы спектральных линий. Обобщающая формула, описывающая все возможные переходы между диск-

рентными уровнями электронов в атоме, может быть записана в виде

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где m и n – соответствующие целые числа.

Таким образом, модель атома Бора постулировала, что электроны, находящиеся на стационарных орбитах, не излучают электромагнитных волн и что излучение возникает лишь при переходах между стационарными состояниями. Эта концепция потребовала отказа от применения классической механики и электродинамики в микромире и знаменовала собой громадный прогресс в понимании природы вещества и излучения.

Опубликованная в 1913 году квантовая модель атома принесла Бору мировую известность. В 1922 году «за заслуги в изучении строения атома» ему была присуждена Нобелевская премия по физике. Атом Бора сыграл роль моста между миром атомной структуры и миром квантовой теории. Уже одно это обстоятельство определило место Бора в ряду создателей квантовой механики, однако ему принадлежит еще целый ряд определяющих принципов этой науки.

Исходя из своей модели атома, Бор показал, что по мере удаления от ядра разрешенные уровни все меньше отличаются друг от друга и в конечном счете сливаются. Квантовые скачки делаются все меньше, и переход из одного стационарного состояния в другое становится практически непрерывным. Тем самым, электрон из власти квантовых законов постепенно поступает в распоряжение классической физики. Эта идея лежит в основе сформулированного Бором принципа соответствия.

Еще один сформулированный им постулат – принцип дополнительности – был настолько дорог Бору, что когда он получил дворянство, то выбрал себе герб с изображением древнекитайского символа инь-ян, олицетворяющего этот принцип. Суть принципа дополнительности заключается в том, что волновой и корпускулярный характеры вещества и излучения представляют собой два взаимодополняющих компонента понимания природы. В различных экспериментах проявляется либо волновое, либо корпускулярное поведение, но смешанное поведение не наблюдается никогда. В древнекитайской философии инь и ян определяют отношения между землей и небом и развитие этого замкнутого мира. Друг без друга инь и ян не могут обнаружить своего действия, а то, что в действии их сил остается скрытым, является непостижимым.

ВОЛНОВАЯ МЕХАНИКА ШРЁДИНГЕРА

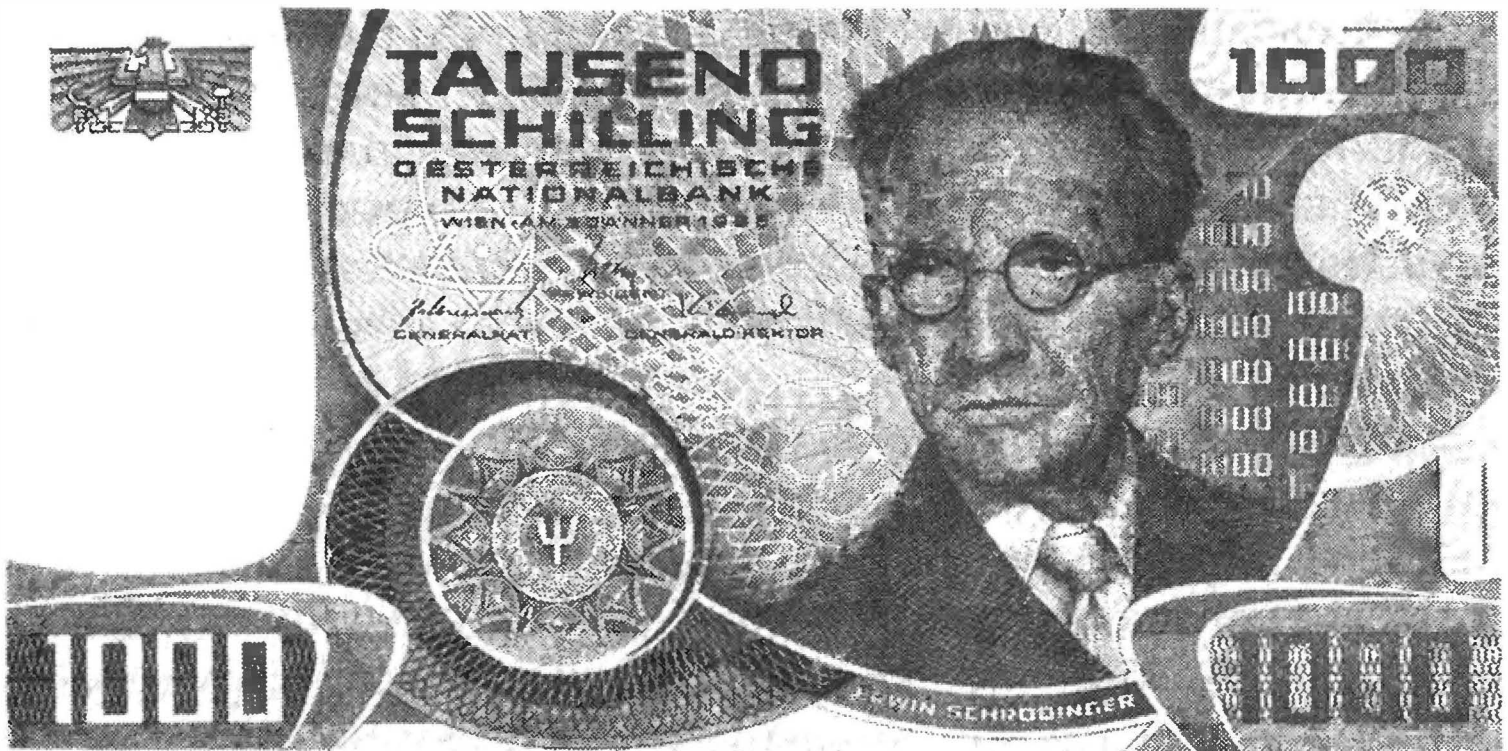
Имя выдающегося физика Эрвина Шрёдингера неразрывно связано со становлением и развитием квантовой теории. Его волновое уравнение занимает центральное место в этой теории и ставит Шрёдингера в ряд величайших ученых современности.

Поразителен творческий диапазон Шрёдингера. Он внес заметный или определяющий вклад в квантовую механику и электродинамику, физику элементарных частиц и космических лучей, статистическую механику и термодинамику, общую теорию относительности, космологию и теорию поля. Им выполнены пионерские работы на стыке физики и биологии и написаны труды по философским проблемам естествознания.

Круг интересов Шрёдингера выходил далеко за пределы физики и естествознания вообще. Он был знатоком античной и восточной философии, великолепно знал мировую литературу, владел многими языками, в том числе древнегреческим и латынью, и предпочитал читать великие произведения мировой литературы в оригинале. Наконец, Шрёдингер занимался лепкой, писал стихи и даже издал книгу своих стихотворений. Современники поражались его энциклопедичности и универсализму.

Бурные события XX века, и прежде всего мировые войны, заметно повлияли на жизнь Шрёдингера – ему пришлось много раз переезжать из одной европейской страны в другую, а на родину, в Австрию, он вернулся лишь на склоне лет.

Эрвин Шрёдингер родился в 1887 году в Вене и там же закончил престижную Академическую гимназию. После блестяще сданных выпускных экзаменов он поступил в Венский университет, выбрав своей специальностью физику и математику. Будучи учеником выдающегося представителя венской физической школы Фрица Газенорля, Шрёдингер основательно изучил математические методы физики и уже в студенческие годы сочетал блестящую физическую эрудицию с мастерским владением этими методами. Научную деятельность он начал в Венском университете, занимаясь классической механикой, броуновским движением и теорией ошибок. Вскоре, одна-



Эрвин Шрёдингер, 1000 шиллингов, Австрия, 1983 г.

ко, его внимание привлекла квантовая теория, достигшая к тому времени уже значительных успехов.

В 1920 году Шрёдингер переехал в Германию, а через короткое время получил предложение из Цюрихского университета возглавить кафедру теоретической физики. В эти годы французский физик Луи де Бройль развивал идеи о переносе корпускулярно-волнового дуализма света, постулированного Эйнштейном для объяснения фотоэффекта, на частицы вещества. Согласно представлениям де Бройля, всякой частице, характеризующейся импульсом и энергией, можно было приписать также некоторую частоту колебаний и длину волны. Шрёдингер познакомился с этой теорией в 1925 году, и она вдохновила его на разработку волновой механики для описания физических свойств атома. Уже в следующем году он начал публикацию серии работ под общим названием «Квантование как задача о собственных значениях», которые стали со временем классикой науки и поставили на солидную основу казавшуюся до тех пор таинственной волновую механику.

Использовавшиеся в те годы представления квантовой физики оставались во многом несогласованными и противоречивыми. Например, в атомной модели Бора для расчета электронных орбит и процессов излучения использовались законы классической механики и электродинамики, тогда как для объяснения устойчивости электронных орбит привлекались квантовые условия. Важный шаг в преодолении этих противоречий был сделан в 1925 году Вернером Гейзенбергом, в работах которого были заложены основы созданной им впоследствии (совместно с М. Борном и П. Иорданом) матричной механики.

Гейзенберг исходил из предположения, что в физике микромира следует интересоваться не наблюдаемыми величинами (такими, как электронные орбиты или периоды обращения электронов в атоме), а теми величинами, которые можно измерить (например, частотой излучения и интенсивностью спектральных линий). Целью Гейзенберга было создание строгой квантовой теории, в которую, по аналогии с классической механикой, входили бы лишь соотношения между наблюдаемыми величинами. Введенный им формализм матричной механики уже через короткое время был усовершенствован настолько, что позволял получать точные решения многих физических задач.

Шрёдингер был осведомлен о новых веяниях в квантовой теории, однако сложные методы матричной механики и недостаток наглядности «отпугивали» его. Работая в Цюрихе, он находился довольно далеко от тогдашних центров атомной физики да и с их лидерами не поддерживал личных контактов. К тому же, независимая натура Шрёдингера не позволяла ему в своих исследованиях примыкать к той или иной доктрине. В результате к созданию волновой механики Шрёдингер пришел своим собственным путем, рассматривая атом как колебательную систему и отождествляя возможные собственные колебания этой системы с устойчивыми энергетическими состояниями в атоме.

Стремясь осмыслить гипотезу де Бройля и построить на ее основе новую атомную теорию, Шрёдингер опирался на глубокое знакомство с аналитической механикой Гамильтона. Еще в середине XIX века этот ирландский математик придал законченный вид теоретической механике и установил формальную связь между классической механикой и геометрической оптикой. Оптико-механическая аналогия позволила ему представить основные закономерности этих, на первый взгляд различных, дисциплин в одном и том же математическом виде. Так, в рамках оптико-механической аналогии закон движения материальной точки с заданной энергией в статическом силовом поле имеет тот же вид, что и закон распространения монохроматического светового пучка в среде с меняющимся показателем преломления. При этом постоянное значение энергии материальной точки соответствует постоянной частоте колебаний световой волны, а скорость точки соответствует групповой скорости распространения света в среде.

Шрёдингер решил распространить математическую аналогию между оптикой и механикой на волновые свойства света и материи. Преодолев на этом пути многочисленные математические трудности, он получил знаменитое волновое уравнение для

атома водорода в виде

$$\Delta\psi + \frac{2m}{h^2} \left(E + \frac{e^2}{r} \right) \psi = 0 ,$$

где ψ – волновая функция, m – масса электрона, e – его заряд, r – расстояние между электроном и ядром, E – полная энергия системы, h – постоянная Планка, Δ – математический символ (оператор Лапласа), который в декартовой системе координат

имеет вид
$$\Delta = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2} .$$

Это соотношение, выражающее обобщение гипотезы де Бройля о волновых свойствах вещества, с математической точки зрения представляет собой линейное дифференциальное уравнение, решения которого имеют смысл стоячих волн. Теперь стационарные электронные орбиты в атоме Бора могли рассматриваться как собственные колебания – по аналогии с тем, как натянутая струна колеблется лишь с некоторыми дискретными частотами, зависящими от ее длины и граничных условий. С помощью полученного им волнового уравнения Шрёдингер рассчитал энергетические уровни такого гармонического осциллятора и показал на примере атома водорода, что теоретически рассчитанные энергетические уровни либо совпадают со значениями, полученными в рамках матричной механики Гейзенберга, либо хорошо согласуются с экспериментом. Использование известных методов математической физики сделало теорию Шрёдингера более привлекательной для физиков, чем матричная механика Гейзенберга. Более того, в своей третьей статье о квантовании Шрёдингер показал полную математическую эквивалентность матричной и волновой механики – из собственных волновых функций Шрёдингера можно было построить матрицы Гейзенберга и наоборот.

Итак, единая квантовая теория была создана, однако дискуссия о ее физическом содержании продолжалась. Главным предметом этой дискуссии стал вопрос о природе волновой функции. По отношению к этой проблеме физики разделились на два лагеря. Сам Шрёдингер, для которого авторитет классической концепции движения был непререкаем, трактовал волновую функцию самым наглядным образом и говорил в этой связи о колебательном движении в трехмерном пространстве. Квантовый скачок при переходе атома из одного состояния в другое интерпретировался как постепенный переход из состояния, соответствующего собственному колебанию с энергией E_m , в состояние с энергией E_n , при этом излишек энергии излучался в виде

электромагнитной волны. Электрон представлялся электрически заряженным облаком, обволакивающим атом, и преобразовывался в пространственно распределенную электромагнитную волну, движущуюся непрерывно, без всякого квантового скачка. Квантовая механика, таким образом, естественно примыкала к классической, что особенно импонировало как самому Шрёдингеру, так и воспитанным в традициях классической физики де Бройлю, Эйнштейну, фон Лауэ, Планку.

Другой точки зрения придерживались Паули, Гейзенберг и Бор. Напряженная работа по прояснению поставленных проблем показала, что полуклассическая интерпретация волновой механики неправомерна и что построить теорию на базе только волновых представлений, отказавшись от концепции корпускулярно-волнового дуализма, невозможно.

Выход из затруднения подсказали исследования процессов атомных столкновений, проведенные в 1926 году Максом Борном. Анализ рассеяния электронов и α -частиц на ядрах дал ключ к пониманию смысла волновой функции Шрёдингера: квадрат ее амплитуды соответствовал вероятности, с которой соответствующая частица могла быть обнаружена в данной точке пространства. Это означало, что волновая функция описывает отдельные события (например, акт излучения кванта света) лишь с точки зрения вероятности их осуществления. Такая интерпретация поставила волновую механику на прочную физическую основу и вскоре получила относительно замкнутый и непротиворечивый вид.

Хотя надежды Шрёдингера на создание своего рода классической теории поля для атомных явлений не оправдались, его волновая механика стала важным шагом в разработке математических методов квантовой механики и в развитии теоретико-познавательного содержания квантовой физики. В последующие годы Шрёдингер много занимался детальной проработкой разнообразных аспектов волновой механики и ее практическими приложениями. Особое место заняли здесь его работы по теории возмущений, получившие впоследствии развитие в большом числе приложений. Благодаря этим работам уравнение Шрёдингера стало важнейшим инструментом современной науки – от физики твердого тела до физики элементарных частиц.

Как создатель волновой механики, Эрвин Шрёдингер выдвинулся в первые ряды физиков своего времени. В 1933 году ему вместе с Полем Дираком была присуждена Нобелевская премия по физике «за открытие новых форм атомной теории».

ОТКРЫТИЕ ГОЛОГРАФИИ

Изобретатель голографии английский физик венгерского происхождения Деннис (Денеш) Габор (1900–1979) родился в Будапеште и увлекся оптическими исследованиями еще в школе. Из прочитанного им самостоятельно по физике его особенно заинтересовала теория микроскопа Аббе и метод цветной фотографии Липмана. Вместе со своим братом Деннис построил дома небольшую физическую лабораторию и проводил опыты по актуальным в начале XX века направлениям.

В 1924 году Габор получил диплом инженера в Высшей технической школе Берлина, а еще через три года там же защитил диссертацию. В эти годы физика в Германии и, в частности, в Берлинском университете достигла своего апогея. Здесь одновременно работали Эйнштейн, Планк, Нернст и Лауэ. В 1927 году Габор поступил на фирму «Сименс» и сделал свое первое

крупное изобретение – созданная им кварцевая ртутная лампа широко использовалась для уличного освещения.

В 1933 году, с приходом Гитлера к власти, Габор уехал сначала в Венгрию, а затем в Англию. Здесь он также работал в промышленной компании и продолжал свои научные изыскания. В 1947 году Габор придумал, а еще через год провел первые эксперименты по голографии, называвшейся тогда «реконструкцией волнового фронта». Однако эти работы, из-за отсутствия источников монохроматического излучения, на двадцать лет опередили свое время и не привели к созданию голограмм. Это стало возможным лишь с изобретением и внедрением лазера.

В 1949 году Габор перешел в Имперский колледж науки и технологии в Лондоне, где проработал до своего ухода на пенсию в 1967 году. Здесь он разработал голографический микроскоп, плоскую цветную телевизионную трубку и изобрел термоионный



Деннис Габор, 3000 форинтов, Венгрия, 2000 г.

конвертер. Теоретические работы Габора этого периода включали расчеты по теории коммуникации, теории плазмы и теории термоядерного синтеза. Последняя из них предполагала схему, в которой высокотемпературная плазма создавалась 1000-амперным разрядом в потоке, скорость которого превосходила скорость формирования многочисленных нестабильностей. К счастью, одна нестабильная мода всегда оставалась, так что не пришлось тратить деньги на проверку этой гипотезы.

К концу жизни Габор увлекся футуристическими изысканиями и много занимался преодолением разрыва между высокими технологиями и социальными институтами. Свои идеи в этой области Габор изложил в монографиях «Изобретая будущее», «Инновация» и «Зрелое общество».

В 1971 году Деннис Габор был удостоен Нобелевской премии по физике «за изобретение и разработку голографического метода».

Собственно голограмма, как система трехмерной лишенной линз фотографии, может быть получена, например, следующим образом. Объект фотографирования устанавливается в абсолютно темной комнате на столе, защищенном от вибрации (смещение даже на половину длины волны видимого света приведет к размытости изображения на пленке). При снятии голограммы поток лазерного излучения расщепляется на два луча. Один из них – опорный – направляется через диффузор на голографическую пленку, так что она оказывается освещенной равномерно и полностью. Вторым луч также через диффузор направляется на объект съемки и после отражения попадает на пленку. Отраженный луч несет информацию о положении, размерах, форме и текстуре объекта. Накладываясь на опорный луч на пленке, он образует интерференционную картину, которая записывается светочувствительной эмульсией.

В качестве пленок и реактивов для голограмм, в принципе, используются те же материалы, что и в обычной фотографии. После проявления пленки голограмма освещается под тем же углом, под которым был направлен опорный луч во время съемки. Для освещения и получения трехмерного изображения теперь достаточно использовать любой источник света. При наблюдении голографического изображения нужно смотреть на пленку – само изображение «появляется» в пространстве между пленкой и наблюдателем.

В настоящее время не существует технологий, допускающих фокусировку изображения в пустом пространстве. Для создания изображения нужен дым, туман, пленка или же вогнутое зеркало.

ло. Голографические изображения невозможно проецировать на удаленные объекты. Голограмма создает трехмерное изображение в пространстве только при просмотре через пленку или при отражении света от нее.

Габор не мог получить качественных голограмм по той причине, что имевшиеся в его распоряжении ртутные дуговые лампы не давали когерентного (монокроматического, или одноцветного) света. Сам термин «голограмма», предложенный Габором, имеет греческое происхождение и означает «всеобщая передача».

Первые голограммы с использованием лазера были получены Э.Лейтом и Ю.Упатниексом в Мичиганском университете в 1962 году. Для просмотра полученных ими голограмм тоже использовался лазер. В том же 1962 году Ю.Н.Денисюк в Государственном оптическом институте в Ленинграде, впервые объединив голографию Габора с принципами цветной фотографии Липмана, получил голограммы, просматриваемые при обычном освещении. С изобретением импульсных лазеров, которые дают мощный поток света в течение нескольких наносекунд, открылась возможность буквально останавливать мгновение и получать голограммы быстротекущих процессов (например, полет пули).

Голограммы можно получать не только в диапазоне видимого света, но и в области звуковых волн или других участков электромагнитного спектра. Так, голограммы, сделанные с использованием рентгеновских или ультрафиолетовых лучей, позволяют наблюдать трехмерные изображения объектов с размерами, меньшими длины видимого света. Уникальная способность голограмм записывать и реконструировать объекты одновременно с помощью звуковых и световых волн открывает простор для многочисленных практических применений.

ЭНРИКО ФЕРМИ И ПЕРВЫЙ ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР

Сотую клетку в Периодической системе элементов занимает фермий (Fm). Это название «юбилейный» элемент получил в честь великого итальянского физика Энрико Ферми (1901–1954), о котором современники говорили, что он открыл дверь в атомный век человечества. Кроме того, Ферми внес решающий вклад в развитие статистической физики и квантовой теории твердого тела.

Еще в 1926 году Ферми разработал новую разновидность статистической механики, основанную на принципе запрета



Энрико Ферми, 200 лир, Сан-Марино, 1984 г.

Паули. Задачей статистической механики, как одного из крупнейших разделов физики, является описание макроскопических тел, т.е. систем, состоящих из большого числа одинаковых частиц (молекул, атомов, электронов), через свойства этих частиц и взаимодействие между ними. Согласно принципу Паули, две тождественные частицы с полужелым спином не могут одновременно находиться в одном состоянии. Это приводит к тому, что с понижением температуры такие

частицы – фермионы – последовательно заполняют состояния с наименьшей возможной энергией. При абсолютном нуле температур имеются заполненные и пустые состояния, граница между которыми называется уровнем Ферми. Статистика фермионов, каковыми являются, например, барионы, кварки, лептоны, а также электроны и дырки в твердых телах, принципиально отличается от статистики частиц с целочисленным спином, которые стремятся сконденсироваться в одном и том же состоянии при нулевой температуре. К таким частицам, которые называются бозонами, относятся фотоны, глюоны и гравитоны, а также составные частицы из четного числа фермионов. В твердых телах бозонами являются, например, кванты колебаний атомов кристаллической решетки – фононы.

В начале 30-х годов Ферми перенес свое внимание на атомное ядро. В 1933 году он предложил теорию бета-распада, позволившую объяснить, каким образом ядро спонтанно испускает электроны и какова при этом роль нейтрино – частиц, лишенных электрического заряда и не поддававшихся тогда экспериментальному обнаружению. Существование таких частиц было постулировано Паули, а название придумано Ферми (экспериментально нейтрино было обнаружено лишь в 1956 году). Теория бета-распада Ферми затрагивала новый тип сил, получивших название слабого взаимодействия. По интенсивности слабое взаимодействие значительно уступает сильному, удерживающему вместе нуклоны, из которых состоит атомное ядро.

В 20-е годы было принято считать, что атом содержит два типа заряженных частиц: положительные протоны внутри ядра и отрицательные электроны, обращающиеся вокруг ядра. Физиков интересовало, может ли ядро содержать частицу, лишенную электрического заряда. Эксперименты по обнаружению электро-нейтральной частицы достигли кульминации в 1932 году, когда Дж.Чедвик открыл нейтрон. Ферми сразу же оценил значение нейтрона как мощного средства инициирования ядерных реакций. Экспериментаторы пытались бомбардировать атомы заряженными частицами, но для преодоления электрического отталкивания заряженные частицы необходимо разгонять на мощных и дорогих ускорителях. Действительно, налетающие электроны отталкиваются атомными электронами, а протоны и альфа-частицы – ядром так, как отталкиваются одноименные электрические заряды. Поскольку нейтрон не имеет электрического заряда, необходимость в ускорителях отпадает.

Значительный прогресс в инициировании ядерных реакций был достигнут в 1934 году, когда Фредерик Жолио и Ирен Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность. Облучая ядра бора и алюминия альфа-частицами, они впервые создали новые радиоактивные изотопы известных элементов. Продолжая начатую этими исследованиями работу, Ферми и его сотрудники в Риме принялись облучать нейтронами каждый элемент Периодической системы в надежде получить новые радиоактивные изотопы с помощью присоединения нейтронов к ядрам. Первого успеха удалось достичь при бомбардировке фтора, затем были получены сотни новых радиоактивных изотопов. При бомбардировке урана – 92-го элемента, самого тяжелого из встречающихся в природе, Ферми и его группа получили сложную смесь изотопов. Химический анализ не обнаружил в ней ни изотопов урана, ни изотопов соседнего элемента, более

того – результаты анализа исключали присутствие всех элементов с номерами от 86 до 91. Сам того не зная, Ферми вызвал деление урана, расщепив тяжелое ядро на два или большее число осколков и других фрагментов.

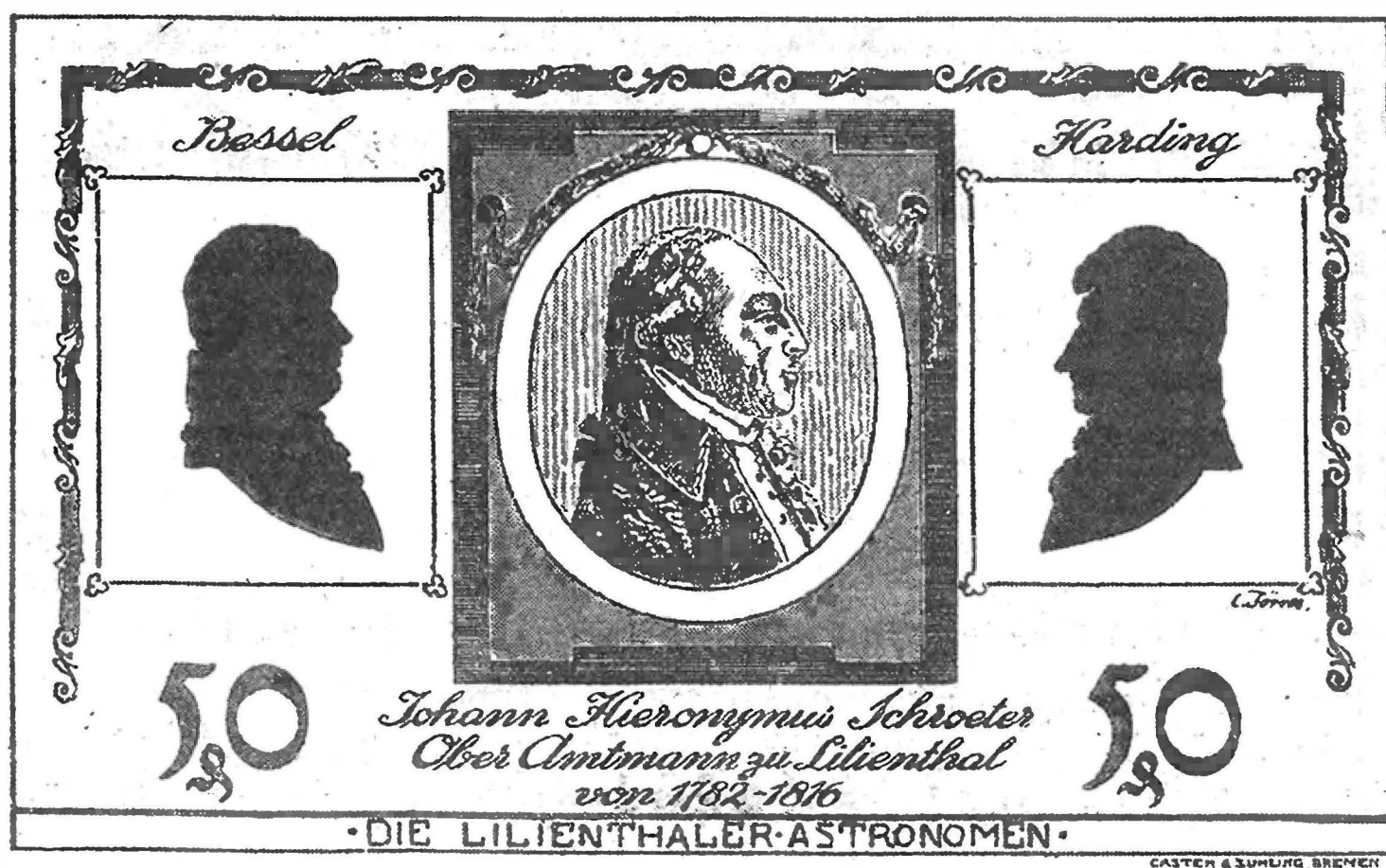
Через несколько месяцев после начала экспериментов, в 1935 году, Ферми и его сотрудники обнаружили, что если нейтроны замедлять, пропуская через воду или парафин, то они более эффективно инициируют ядерные реакции. Замедление нейтронов легко объяснить их столкновениями с ядрами водорода (протонами), в больших количествах содержащихся в этих средах. При столкновениях значительная часть кинетической энергии нейтронов передается протонам, поскольку массы этих частиц почти равны, а медленные частицы более эффективно проникают в ядра атомов. (Это связано с тем, что процесс проникновения элементарной частицы в ядро носит резонансный характер. Согласно гипотезе де Бройля, каждая элементарная частица является одновременно и волной, длина которой зависит от скорости. Атомное ядро также имеет свою длину волны. Когда длины волн элементарной частицы и ядра оказываются одинаковыми, нейтроны легче проникают в глубь ядра.)

В 1938 году Энрико Ферми была присуждена Нобелевская премия по физике «за доказательства существования новых радиоактивных элементов, полученных при облучении нейтронами, и связанное с этим открытие ядерных реакций, вызываемых медленными нейтронами». Наряду с выдающимися открытиями Ферми, всеобщее признание получили его искусство экспериментатора, поразительная изобретательность и интуиция, позволившие пролить новый свет на структуру ядра и открыть новые горизонты для будущего развития атомных исследований.

Сразу же по завершении церемонии вручения Нобелевской премии Ферми отправился в США. Там ему стало известно об открытии Ганом, Мейтнер и Штрассманом расщепления урана при облучении его нейтронами. Физики начали обсуждать возможность цепной реакции. Если всякий раз, когда нейтрон расщепляет атом урана, испускаются новые нейтроны, то они, сталкиваясь с другими атомами урана, порождают новые нейтроны и тем самым порождают незатухающую цепную реакцию. Так как при каждом делении ядра урана высвобождается большое количество энергии, цепная реакция сопровождается колоссальным ее выделением. Уран, таким образом, оказывается природным аккумулятором энергии, которая может использоваться как в мирных, так и в военных целях.

НЕ ДЕНЬГИ

Собственно, не деньги, или по-немецки нотгельды (Notgeld), – это суррогатные платежные знаки, выпущенные в оборот различными банками и муниципалитетами, а также неправительственными организациями Германии и Австрии в период с 1914 по 1924 год. В ходе первой мировой войны и по ее завершении в этих странах проявилась острая нехватка наличных денег, и в первую очередь разменной монеты. Серебро, а вслед за ним медь и никель, быстро исчезли из оборота. Чтобы как-то справиться с этой проблемой, банки позволили городам вместо общей разменной монеты использовать свои суррогаты. Со временем нотгельды стали выпускаться не только в бумажном виде, но и из алюминия, цинка, кожи, ткани, дерева и других материалов, и не только муниципалитетами, но и различными фирмами, в том числе ресторанами и магазинами. Инфляция, поразившая Германию в 1923 году, породила новый вид нотгельдов с номиналами в миллионы и миллиарды марок. Однако выпуск мелких номиналов не прекратился, но теперь это были выпуски, предназначенные исключительно для коллекционеров.



Иоганн Шретер, Фридрих Бессель и Карл Хардинг, 50 пфеннигов, Германия, 1921 г.

Во многих городах нотгельды иллюстрировали местные достопримечательности или представляли именитых сограждан. Так, на них появились знаменитые физики, математики и ученые других специальностей. Причем некоторые ученые – такие как Атанасиус Кирхер, Христиан Вольф, Иоганн Шретер, Адольф Андерсен – представлены только на нотгельдах.

Атанасиус Кирхер (1602–1680) многими сравнивался с Леонардо да Винчи, а некоторые называли его последним представителем эпохи Возрождения. Он обладал поистине энциклопедическими познаниями и внес вклад практически во все области



Атанасиус Кирхер, 10 пфеннигов, Германия, 1921 г.

современного ему естествознания. Кирхер был одним из первых исследователей египетских иероглифов, он наблюдал колонии микробов в микроскопе и предложил эффективные методы борьбы с распространением эпидемий, изучал такие формы взаимного притяжения, как любовь, гравитация и магнетизм. Современными исследователями многие достижения Атанасиуса Кирхера поставлены под сомнение, они отмечают его эклектику и непрофессионализм, однако ясно, что уже одно присутствие в европейской науке универсального гения Кирхера способствовало ее быстрому прогрессу во всех областях.

Христиан Вольф (1679–1754) был ведущим представителем немецкой философской школы в период от Лейбница до Канта. Так же, как и Атанасиус Кирхер, он интересовался большинством направлений современного ему естествознания. В своем подходе он опирался прежде всего на математику, став основателем таких научных дисциплин, как экономика и деловое администрирование. Собственно философию Вольф определял как науку возможного и подразделял ее на теоретическую и практическую части. Основой обеих являлась логика, иногда называемая рациональной философией. Теоретическая философия у Вольфа подразделялась, в свою очередь, на космологию и рациональную психологию. Обе известны в основном благодаря «Критике чистого разума» Иммануила Канта. Наконец, практическая философия подразделялась у Вольфа на этику, экономику и политику. Моральным принципом его философии стала мысль о необходимости стремления человека и общества к совершенству. В этом, в частности, особенно проявлялся его математический склад ума.

Иоганн Шретер (1745–1816), юрист по образованию, достиг высокого положения при королевском дворе в Ганновере, однако променял свою политическую карьеру на наблюдательную астрономию. После открытия Уильямом Гершелем планеты Уран (1781 г.) Шретер приобрел у него подзорную трубу с фокусным расстоянием 122 см и апертурой 12 см. С этим инструментом он быстро завоевал хорошую репутацию в астрономической среде за счет систематических наблюдений Луны, Солнца и Венеры. Тремя годами позже у того же Гершеля за свою полугодовую зарплату он купил подзорную трубу с фокусным расстоянием 214 см и апертурой 16,5 см. С этой передовой по тому времени аппаратурой он достиг увеличения удаленных объектов в 1200 раз. После этого Шретер занялся систематическими наблюдениями Марса, Юпитера и Сатурна. Им были выполнены важные исследования по топографии Луны и Марса, его именем назван эффект несоответствия между наблюдаемой и предсказанной фазами Венеры.

Профессор математики в прусской провинции Адольф Андерсен (1818–1879) прославился не своими научными достижениями, а игрой в шахматы. Во второй половине XIX века многие считали его неофициальным чемпионом мира. Хотя он проиграл исторические матчи Морфи (1858 г.) и Стейницу (1866 г.), Андерсен выиграл три крупнейших международных



Омар Хайям, 75 пфеннигов, Германия, 1921 г.

турнира своего времени в Лондоне (1851, 1862 г.) и Баден-Бадене (1870 г.). Арпад Эло, создатель современной системы рейтинга шахматистов, рассчитал показатели ведущих игроков в шахматы прошлого и показал, что Андерсен был первым шахматистом в мире с рейтингом более 2600. Математический подход Андерсена к игре в шахматы заключался в том, что он систематически и последовательно усиливал свои позиции в нападении, не забывая о защите. Интересно отметить, что на одном из нотгельдов, посвященных Андерсену, изображен Омар Хайям, по-видимому, также ценивший шахматы.

Для меня, как для автора многих материалов о физиках и математиках на монетах и банкнотах мира, нотгельды стали в какой-то мере непознанным континентом. Мой интерес к этим денежным знакам привлек Томас Яре, учитель математики из немецкого города Кемниц, на интернет-сайте которого (www.schulmodell.de) я впервые увидел некоторые из описанных здесь нотгельдов.

УНИВЕРСИТЕТЫ АВСТРИИ

Из восьми государственных университетов Австрии – четыре старейших. Это университеты Вены (1365 г.), Инсбрука (1569 г.), Граца (1585 г.) и Зальцбурга (1622 г.). Все они сыграли выдающуюся роль в развитии своих провинций и страны в целом. Их исторические пути во многом схожи, хотя между ними всегда имелись и существенные различия.

Университет Инсбрука прослеживает свою историю от Иезуитской школы, хотя права университета он получил от императора Леопольда I лишь в 1570 году. Дважды затем этот университет распускался и собирался вновь, пока император Франц I окончательно не закрепил его статус. В настоящее время Королевский Императорский Леопольда Франца университет Инсбрука носит имена обоих императоров.

Университет Граца обязан своему преобразованию из Иезуитского колледжа великому герцогу провинции Штейермарк Карлу, а также благосклонности папы Сикста V и императора Рудольфа II. За свою более чем четырехвековую историю Карла Франца университет Граца не раз испытывал трудные времена и даже преобразовывался в лицей, пока в 1827 году окончательно не обрел университетский статус указом императора Франца I.



Университет Инсбрука, 50 шиллингов, Австрия, 1970 г.



Университет Граца, 500 шиллингов, Австрия, 1985 г.



Университет Зальцбурга, 50 шиллингов, Австрия, 1972 г.

Университет Зальцбурга вновь открыл свои двери лишь в 1962 году, но носит имя своего основателя – принца-архиепископа Париса Лодрона. В 1622 году состоялось торжественное открытие этого университета, причем он пользовался тогда теми же имперскими привилегиями, что и университеты Германии, Франции и Италии. Временная аннексия Зальцбурга Баварией во времена наполеоновских войн привела к приостановке, а затем и закрытию этого университета.

Безусловным лидером среди австрийских университетов в области культуры, науки и образования является Венский университет.

Развитие Вены как политического, экономического и культурного центра будущей Австрийской империи занимало центральное место в амбициозных планах герцога Рудольфа IV, и 12



Рудольф IV, 100 шиллингов, Австрия, 2001 г.

марта 1365 года он санкционировал основание Венского университета как центра подготовки специалистов докторского уровня по всем «дозволенным» дисциплинам. Этот проект был ратифицирован папой Урбаном V 18 июня 1365 года, который, однако, не позволил открыть теологический факультет. (Причиной отказа, возможно, стало вмешательство императора Карла IV, не желавшего конкуренции недавно созданному Пражскому университету.) Только в

1384 году герцогу Альбрехту III удалось расширить университет до четырех факультетов – теологии, юриспруденции, медицины («высшие факультеты») и изящных искусств (впоследствии факультет философии), по образу и подобию Парижского университета.

В соответствии с географическим принципом, студенты Вен-

ского университета подразделялись на четыре «академические нации». Австрийская нация включала студентов с территорий, контролируемых Габсбургами, а также из Италии и Швейцарии. Рейнская нация представляла студентов из Баварии, Швабии, Франконии, Нижнего Рейна и Западной Европы. Венгерская нация включала не только венгров, но и студентов из Богемии, Моравии, Польши и других славянских земель. Наконец, Саксонская нация была представлена студентами из Северной Германии, Скандинавии и Британских островов. Такое подразделение, введенное в 1384 году, сохранялось до 1838 года.

Старейший среди германоязычных университетов, Венский университет развивался очень стремительно. Уже в XV веке он набирал наибольшее число студентов во всей Священной Римской империи. Студенты того времени были существенно моложе нынешних. На факультет изящных искусств они поступали в возрасте 14–16 лет при условии знания латыни, на которой и велось преподавание. Использование латыни в профессиональной деятельности того времени, в частности в медицине и юриспруденции, имело глубокие корни. Еще египетские жрецы древности использовали особый язык и тайную систему знаков для защиты своих знаний от непосвященных. Накопление фундаментальных знаний на факультете изящных искусств было необходимым для допуска к обучению на одном из «высших факультетов». Лишь малая часть студентов получала такой допуск, и уж совсем немногие достигали академических степеней. Большинство выпускников удовлетворялись степенью бакалавра, имея которую можно было претендовать и на степень магистра в изящных искусствах. Магистры имели право и были обязаны в течение двух лет преподавать на своем факультете. В это же время они могли обучаться на одном из «высших факультетов», где также можно было достичь степеней бакалавра, лиценциата и доктора.

Структура Венского университета, типичная для средневековых университетов Европы, держалась на строгой иерархии, хотя и предусматривала выборность руководящих органов. На вершине этой пирамиды находился ректор, а внизу, как и положено, были студенты. Студенты Венского университета, принадлежавшие к одной из «академических наций», выбирали своего прокуратора. Прокураторы, в свою очередь, избирали ректора. Доктора и магистры составляли корпус каждого факультета и каждый семестр выбирали из своего состава деканов. Деканы факультетов, наряду с прокураторами «академических наций», входили в состав Ученого совета, который возглавлял

ректор. Для решения стратегически важных вопросов университетской жизни собиралась Ассамблея – собрание всех преподавателей университета.

Венский университет, как и любой европейский университет того времени, пользовался всеми академическими свободами и правами. Автономия университета предусматривала, прежде всего, независимость от государства и церкви. Сотрудники университета были освобождены от налогов и военной службы. Они подчинялись собственной юрисдикции, которую осуществлял ректор. Запись в университетском матрикуле была свидетельством принадлежности к «Республике школяров».

В период абсолютизма Венский университет использовался для укрепления единства и объединения империи. Профессора, ранее свободные преподаватели, стали получать кафедры и вспомоществование от государства. В 1623–1773 годах преподавание в Венском университете контролировалось орденом Иезуитов, и вспомогательная роль философского факультета была доведена до крайней черты. Открытия естественных наук того времени практически не находили места в учебных программах, а преподавание было оторвано от научных исследований. Тогда же, однако, расцвело барочное великолепие университета. Ему были предоставлены новые роскошные здания в столице империи, докторские диссертации спонсировались императором, спектакли студенческого театра пользовались успехом у просвещенной публики.

Вплоть до наступления эпохи просвещения доступ в университет был возможен лишь для католиков. В годы правления Марии Терезии и Йозефа II были предприняты решительные шаги по ослаблению влияния церкви в университете. С 1778 года протестантам были разрешены докторские степени, а в 1782 году император Йозеф II разрешил докторантуру по юриспруденции и медицине евреям. Тем не менее, вплоть до начала XX века Венский университет оставался оплотом католицизма.

Венская революция 1848 года, в которой студенты и выпускники университета сыграли главную роль, принесла долгожданные реформы в образовании и научных исследованиях. Их уровень во всех дисциплинах необычайно возрос. Особенно больших успехов профессора и воспитанники Венского университета достигли в медицине, экономике, славистике, теории искусств, химии, физике и математике.

Венская школа физики представлена многими выдающимися учеными.

Физический факультет Венского университета был основан

Кристианом Доплером (1803–1853). Физикам хорошо известен эффект, названный его именем. Он заключается в том, что частота колебаний, воспринимаемых каким-либо приемником, зависит от скорости, с которой относительно него движется излучатель. Йозефа Лошмидта (1821–1895) сделала знаменитой его публикация «О размерах молекул воздуха». «Число Лошмидта» – число молекул в 1 см^3 идеального газа при нормальных условиях – играет фунда-



Университет Вены, 50 шиллингов, Австрия, 1965 г.

ментальную роль в молекулярной теории газов. Людвиг Больцман (1844–1906) разработал кинетическую теорию газов, обосновал «закон Стефана–Больцмана» для излучающих тел и внес определяющий вклад в теорию электромагнитных явлений. Теодор Оппольцер (1841–1886) считается крупнейшим теоретиком астрономии после Кеплера. Его перу принадлежат фундаментальные труды «Руководство по определению кометных орбит» и «Канон затмений». Физик и философ Эрнст Мах (1838–1916) известен в точных науках «числом Маха» – отношением скорости течения к скорости звука в той же точке потока. Фридрих Газенорль (1874–1915) был одним из пионеров физики низких температур, а среди его многочисленных учеников – нобелевский лауреат Эрвин Шрёдингер (Нобелевская премия по физике 1933 года).

Наряду со Шрёдингером в список нобелевских лауреатов – выпускников и преподавателей Венского университета – входят Роберт Барани (Нобелевская премия по медицине 1914 года), Юлиус Вагнер-Яурегг (Нобелевская премия по медицине 1927 года), Ханс Фишер (Нобелевская премия по химии 1930 года), Карл Ландштейнер (Нобелевская премия по медицине 1930 года), Виктор Гесс (Нобелевская премия по физике 1936 года), Отто Леви (Нобелевская премия по медицине 1936 года), Конрад Лоренц (Нобелевская премия по медицине 1973 года), Фридрих фон Хайек (Нобелевская премия по экономике 1974 года).

Одним из знаменитейших выпускников Венского университета стал Зигмунд Фрейд (1856–1939). Он изучал медицину в Венском университете и получил здесь ученую степень по

нейропатологии, главным направлением его исследований стало изучение психических расстройств. Теория Фрейда о развитии невротизма знаменовала радикально новый подход к пониманию функционирования мозга. Его метод психоанализа раскрыл многие побудительные мотивы человеческой деятельности. В 1934 году Фрейд лишился лицензии на преподавание, а после аннексии Австрии фашистской Германией он был изгнан из страны.

В 1965 году Венский университет широко отпраздновал свое 600-летие. В 1975 году в университете прошли демократические реформы. В настоящее время не только профессора и администраторы, но даже и студенты участвуют в решении ключевых проблем функционирования университета.

Сейчас Венский университет состоит из восьми факультетов – католической теологии, протестантской теологии, социологии и экономики, юриспруденции, медицины, фундаментальных и интегрированных исследований, гуманитарных наук, формальных и естественных наук. Быстрое развитие всех направлений исследований сопровождается резким увеличением числа студентов.

УНИВЕРСИТЕТЫ ИТАЛИИ

Университет Болоньи, основанный в 1088 году, считается старейшим университетом Европы. В этом году преподавание юриспруденции в Болонье начал основоположник школы глоссаторов Ирнерий (глоссы, первоначально заметки между строчками, стали затем заметками на полях). В 1158 году император Священной Римской империи Фридрих I Барбаросса выдал Болонскому университету хартию, согласно которой студенты и профессора находились под его покровительством как в самом университете, так и на пути к нему. Этот документ, разумеется, имел важное значение в средневековой Европе, на дорогах которой в те времена встречались не только искатели вечных истин.

Вначале студенты школы глоссаторов образовывали корпорации по национальному признаку, опираясь на общность разговорного языка. Затем, в силу преподавания на общей для всех латыни, они стали осознавать свою общность – универсальность, откуда и пошло название высшей школы. В Болонском университете – *Alma Mater Studiorum* – были заложены основы самоуправления вузов. Студенты сами нанимали профессоров и избирали ректора. Деньги на оплату преподавателей также собирали со студентов. Профессора, собственно, не влияли на процесс приема и выдачи дипломов. Прием в университет проводили лучшие студенты. Лекции делились на обязательные и необязательные. Только на старших курсах, получая степень лиценциата, кандидат обязан был сдать экзамен преподавателю, а получая степень доктора, – пройти публичный экзамен в присутствии приемной комиссии, т.е. конвента. Полноправие студентов, впрочем, обернулось снижением качества образования, так что в 1219 году папа римский предписал, чтобы никто не мог получить докторского звания без согласия архиепископа



*Университет Болоньи, 500 лир,
Италия, 1988 г.*

Болонского. Вскоре после этого университет вновь стал лучшим учебным заведением, а его выпускники признавались обладателями высшего ученого звания в Италии.

Возникший как юридическое учебное заведение, Болонский университет в XIV веке открыл факультеты философии, медицины и теологии. К традиционным предметам – юриспруденции, риторике и грамматике – добавились философия, математика, физика, медицина и другие науки. Заметим, что по образу и подобию Болонского университета были образованы университеты Падуи, Модены, Пизы и Неаполя, а также Сорбонны и Кембриджа. Изначально университет почти не зависел от церкви и городских властей, однако со временем установился порядок, согласно которому жалованье преподавателям выплачивалось городскими властями. В дальнейшем университет все более терял автономию и подпадал под влияние католической церкви.

В конце XV века для изучения права в Болонский университет приехал Николай Коперник. Студенты тогда еще подразделялись по землячествам и Коперник записался в «Германскую нацию». Наряду с изучением права он занимался астрономией под руководством болонского профессора Доменико Мария ди Новара. По отзывам современников, профессор был «...мужем, одаренным божественным разумом, человеком со свободным умом и духом, побуждавшим других к преобразованию астрономии словами и примером». Профессор не считал птолемеевское учение незыблемым и неприкосновенным, он сочинил свою теорию движения Луны, заслужившую впоследствии похвалы со стороны Кеплера. Вместе с Коперником они занимались астрономическими наблюдениями и, в частности, наблюдали затмение Луной звезды первой величины α Тельца Альдебарана.

Из других болонских профессоров того времени заслуживают упоминания Сципион дель Ферро, замечательный математик, открывший решение уравнений третьей степени, и Антоний Урцей, преподававший грамматику, риторiku, поэтику и греческий язык. Последнему обучился и Коперник, так что мог читать Платона и других авторов в подлиннике.

В разные годы в Болонском университете обучались Данте Алигьери, Франческо Петрарка, Эразм Роттердамский, Торквато Тассо, Карло Гольдони, Альбрехт Дюрер.

С Болонским университетом связано также имя знаменитого астронома Джованни Доменико Кассини. В начале своей карьеры он работал в обсерватории маркиза Мальвазиа близ Болоньи, а затем в течение долгого времени был профессором математики и астрономии в Болонском университете. В 1669 году Кассини

переехал во Францию, где руководил строительством Парижской обсерватории, которую возглавлял до конца жизни. Кассини выполнил многочисленные позиционные наблюдения Солнца с меридианным инструментом и на основании этих наблюдений составил новые солнечные таблицы. Он создал первую точную теорию атмосферной рефракции, начал наблюдения поверхности планет с помощью больших телескопов с высококачественной оптикой, составил таблицы движения спутников Юпитера, которые широко использовались астрономами и мореплавателями. Пользуясь этими таблицами, Оле Рёмер в 1675 году измерил скорость света. В 1675 году Кассини обнаружил, что кольцо Сатурна состоит из двух частей, разделенных темной полосой (деление Кассини), и предположил, что каждое кольцо включает большое количество небольших частиц. Совместно с Рише и Пикаром Кассини принимал участие в наблюдениях Марса во время противостояния 1672 года, в результате чего было получено первое приемлемое значение солнечного параллакса ($9,5''$). В историю науки Кассини вошел не только как выдающийся представитель наблюдательной астрономии, но и благодаря своему удивительному консерватизму. Он был противником теории всемирного тяготения, с сомнением относился к модели Коперника, предлагал заменить эллипсы Кеплера кривыми четвертого порядка (овалами Кассини) и, наконец, считал, что Рёмер неправильно объясняет наблюдаемую неравномерность движения спутников Юпитера конечностью скорости света.

Окончил Болонский университет и преподавал медицину в нем основоположник электрофизиологии Луиджи Гальвани. Он был уволен из университета незадолго до своей кончины из-за того, что отказался принести присягу Цизальпинской республике, образованной в 1797 году Наполеоном Бонапартом на территории Центральной и Северной Италии. Первые работы Гальвани были посвящены сравнительной анатомии. В 1771 году он начал опыты по изучению мышечного сокращения и вскоре открыл феномен сокращения мышц препарированной лягушки под действием электрического тока. В своих экспериментах Гальвани обнаружил, что мышцы сокращаются и в отсутствие внешнего источника тока, при простом наложении на них двух разных металлов, соединенных проводником. Гальвани объяснил это явление существованием «животного электричества», благодаря которому мышцы заряжаются подобно лейденской банке. Результаты своих наблюдений и теорию животного электричества Гальвани изложил в 1791 году в работе «Трактат о силах электричества при мышечном движении». Правильное

объяснение его опытам дал Алессандро Вольта, что в дальнейшем способствовало изобретению нового источника тока – гальванического элемента.

Другим представителем классических университетов Италии является Пизанский университет, основанный в 1334 году эдиктом папы Климента VI. Изначально в нем были факультеты



Университет Пизы, 5000 лир, Италия, 1993 г.

теологии, юриспруденции и медицины, однако славу ему принесли, прежде всего, великие физики – Галилео Галилей и Энрико Ферми. Каждому из них посвящена отдельная статья в книге, здесь же будет рассказано еще об одном великом питомце Пизы – Нобелевском лауреате Карло Руббиа. Он обучался в Высшей нормальной школе при Пизанском университете и здесь же в 1958 году защитил диссертацию, посвященную экспериментальному исследованию косми-

ческих лучей и разработке приборов для детектирования элементарных частиц, образующихся в ускорителях при столкновениях других частиц, разогнанных до высоких энергий.

Для пояснения сути сделанных Карло Руббиа совместно с Симоном ван дер Мером открытий напомним основные сведения о четырех существующих в природе фундаментальных взаимодействиях. Гравитационное взаимодействие ответственно за притяжение между массами, электромагнитное определяет взаимодействие электрически заряженных и /или магнитных тел, сильное взаимодействие не позволяет распасться ядру, а слабое обуславливает распад некоторых нестабильных атомов. Считается, что фундаментальные взаимодействия осуществляются путем обмена частицами – квантами силовых полей. Так, квантом электромагнитного излучения является фотон, а свет, тем самым, представляет собой поток дискретных частиц. Теория относительности Эйнштейна использует принцип эквивалентности массы и энергии, обеспечивая фундамент для анализа взаимодействий частиц с конечной массой и «безмассового» излучения.

В 1935 году Хидэки Юкава предсказал, что сильное взаимодействие внутри ядра осуществляется полями, квант которых

обладает массой, и оценил эту массу. Предсказанная Юкавой частица была обнаружена в 1947 году в столкновениях высокоэнергетических космических лучей с ядром. Эту частицу назвали пи-мезоном, а ее масса оказалась примерно в 200 раз больше массы электрона. Позднее, уже в лабораторных условиях с использованием мощных ускорителей, было открыто множество других мезонов и субатомных частиц.

В 1960 году Шелдон Глэшоу предложил единую теорию элект-

ромагнитного и слабого взаимодействий (электрослабого взаимодействия), которая предполагала наличие трех ранее не наблюдавшихся частиц – положительного бозона W^+ , отрицательного бозона W^- , нейтрального бозона Z^0 . Вслед за этим Стивен Вайнберг и Абдус Салам независимо друг от друга предсказали, что бозоны Глэшоу должны иметь массу, на порядок большую массы протона или нейтрона. Из-за большой массы этих бозонов для их рождения при столкновениях необходимы необычайно высокие энергии сталкивающихся частиц.

Шелдон Глэшоу, Абдус Салам и Стивен Вайнберг были удостоены Нобелевской премии по физике 1979 года «за вклад в объединенную теорию слабых и электромагнитных взаимодействий между элементарными частицами, в том числе предсказание слабых нейтральных токов».

В 1969 году Руббиа занялся поиском бозонов в Фермиевской национальной ускорительной лаборатории (США). Через несколько лет его группа доложила о существовании нейтральных токов, ожидавшихся как следствие обмена Z^0 частицами. Располагая этими данными, Руббиа предпринял новые усилия для обнаружения заряженных W^+ и W^- бозонов. Для проведения такого эксперимента потребовалась переделка имевшегося в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН) ускорителя в сверхмощный протонный синхротрон. Это необходимо для разгона до сверхвысоких энергий пучков протонов и антипротонов, циркулирующих по одному и тому же кольцу во встречных направлениях. Столкновение материи и антиматерии приводит к аннигиляции обеих масс с выделением энергии. Важнейшим пунктом реализации замысла была разработка детектора для



Университет Пизы, 500 лир, Италия, 1993 г.

обнаружения частиц, рождающихся при столкновениях. Работая в группе из более чем 100 человек, Руббиа и его коллеги построили 1200-тонную камеру для обнаружения примерно десяти типов предполагаемых новых частиц.

Проблема получения достаточного количества антипротонов была решена Симоном ван дер Мером. Его идея заключалась в том, что антипротоны, рождающиеся при бомбардировке медной мишени высокоэнергичными протонами, собирались в специальном накопительном кольце. Сложная система электродов фокусировала антипротоны, собирая их в компактные сгустки. Затем эти сгустки поступали в протонный синхротрон вместе со сгустками протонов, предварительно ускоренных аналогичным образом. После этого частицы и античастицы окончательно ускорялись до энергии в 300 млрд электронвольт. Поскольку частицы и античастицы имеют противоположные знаки заряда, они вращаются по синхротронному кольцу в противоположных направлениях, сталкиваясь между собой лишь в точках, где установлены детекторы. Эксперименты начались в 1982 году, и уже через месяц было объявлено об обнаружении пяти W частиц. Еще через год удалось пронаблюдать и Z^0 частицы.

В 1984 году Карло Руббиа и Симон ван дер Мер были удостоены Нобелевской премии по физике «за решающий вклад в большой проект, осуществление которого привело к открытию квантов поля W и Z – переносчиков слабого взаимодействия». Слабое взаимодействие оказалось слабым именно потому, что W и Z частицы такие тяжелые.

МОСКОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В Татьянин день 25 января 2005 года Московскому государственному университету им. М.В.Ломоносова исполнилось 250 лет. На праздник съехались гости из многих университетов мира, в торжественных церемониях принимали участие высокие руководители государства. По сути, этот день отмечался всей Россией.

Указ об образовании Московского университета был подписан императрицей Елизаветой Петровной 12 января (25 по новому стилю) 1755 года по представлению графа Ивана Ивановича Шувалова. Проект создания университета принадлежал выдающемуся ученому-энциклопедисту Михаилу Васильевичу Ломоносову, согласно планам которого в новом высшем учебном заведении России были от-

крыты три факультета: философский, юридический и медицинский. Свое обучение студенты начинали на философском факультете, где получали базовые знания как по естественным, так и по гуманитарным наукам. Продолжить образование можно было на любом из указанных факультетов в соответствии с избранной специальностью. Преподавание в университете велось на латыни и на русском языке, а отсутствие в структуре университета богословского факультета было обусловлено наличием в России специальной системы подготовки служителей церкви.

Вскоре после учреждения Московского университета при нем были открыты типография и книжная лавка, начали издаваться газета «Московские ведомости» и журнал «Полезное увеселение». Тогда же первых читателей приняла университетская библиотека, которая более 100 лет оставалась единственной общедоступной библиотекой в Москве. Под эгидой Московского университета возникли и получили развитие многие центры



*Московский университет,
3 рубля, Россия, 2005 г.*

отечественной культуры, науки и просвещения. Среди них – Малый театр, Петербургская академия художеств, Казанский университет.

В XIX веке на базе Московского университета были образованы различные общества: испытателей природы, истории и древностей российских, любителей российской словесности. В 1804 году был принят университетский устав, согласно которому университет получил широкую автономию. Развитие демократических начал в Московском университете немало способствовало активизации общественно-политической жизни в стране. Именно в его аудиториях кипели бурные споры западников и славянофилов о путях развития России.

В конце XIX – начале XX века по инициативе и при содействии университета возникли знаменитые московские музеи: Политехнический, Исторический, Зоологический, Антропологии, Изящных искусств; открылись Ботанический сад и Московский зоопарк. После революции 1917 года в организации университета произошли кардинальные перемены. Была не только отменена плата за обучение, но и внедрена система студенческих стипендий. Университет перешел на государственное обеспечение. Произошло резкое увеличение числа готовящихся специалистов. На базе некоторых факультетов университета были образованы новые высшие учебные заведения.

К началу второй мировой войны университет насчитывал около 5000 студентов, обучавшихся по всем направлениям гуманитарных и естественных наук того времени. В 1940 году, к празднованию 185-летия Московского университета, ему было присвоено имя М.В.Ломоносова. С осени 1941 года университет находился в эвакуации сначала в Ашхабаде, а затем в Свердловске, в Москву университет вернулся весной 1943 года. Ученые Московского университета внесли важный вклад в дело повышения обороноспособности страны. За годы войны были проведены многочисленные исследования по аэродинамике и гидродинамике, радиосвязи, автоматике и системам управления, разработке взрывчатых веществ. Были открыты новые месторождения стратегически важных полезных ископаемых, в медицинскую практику были введены новые лекарственные препараты.

В послевоенные годы Московский университет стал символом восстановления разрушенного хозяйства страны. На Ленинских горах был возведен величественный комплекс зданий Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова.

В настоящее время Московский университет является крупнейшим классическим университетом России. На 29 естественных и гуманитарных факультетах МГУ обучается более сорока тысяч студентов, аспирантов и докторантов, а также специалистов в системе повышения квалификации. Обучение студентов ведется по 27 направлениям и 57 специальностям. Тематика аспирантов и докторантов охватывает практически весь спектр современных научных направлений. Учебный процесс в МГУ обеспечивает уникальный коллектив преподавателей и ученых, среди которых две с половиной тысячи докторов и шесть тысяч кандидатов наук, около тысячи профессоров и двух тысяч доцентов и старших преподавателей.

В Московском университете реализована, по сути, оптимальная концепция сочетания науки и образования. В структуре университета имеется ряд центров и научно-исследовательских институтов, однако научная работа осуществляется также профессорами и преподавателями, которые имеют возможность привлекать к научным исследованиям талантливую молодежь уже с младших курсов. Среди выпускников и преподавателей Московского университета есть лауреаты престижных национальных и международных премий. Из 18 Нобелевских премий, присужденных нашим соотечественникам, 11 принадлежат выпускникам и профессорам МГУ.

Празднование 250-летия Московского университета дало новый импульс его развитию. К юбилею была открыта Фундаментальная библиотека МГУ, началось освоение новой территории. Московский университет комплектуется самым современным оборудованием, происходит расширение тематики научных исследований и формирование новых факультетов. Наряду с классическими факультетами – механико-математическим, физическим, химическим и другими появились новые факультеты – такие как факультет наук о материалах, биоинженерии и биоинформатики, фундаментальной медицины. Все они обеспечивают мировой уровень подготовки специалистов и способствуют укреплению позиций Московского университета как одного из ведущих центров науки и образования в мире.



*Московский университет,
1 рубль, Россия, 1997 г.*

УНИВЕРСИТЕТЫ ПОЛЬШИ

В 1364 году король Польши Казимир Великий получил от папы римского разрешение основать университет в Кракове, в то время польской столице. Раньше Краковского университета в центральной Европе был открыт лишь Пражский университет (1348 г.), а вскоре после него появились университеты в Вене (1365 г.) и Пече (1367 г.). Папа Урбан V, однако, не позволил преподавание в Кракове теологии, ограничив университет факультетами свободных искусств, медицины и права.



Краковская академия, 10 злотых, Польша, 1999 г.

Следуя порядкам, заведенным в Болонье и Падуе, студенты сами избирали ректора университета, причем его резиденция находилась в королевской крепости Вавель.

Престолонаследник безвременно ушедшего из жизни Казимира Великого Людовик Анжуйский не интересовался развитием Краковского университета, и он быстро пришел в упадок. Новый импульс его развитию

дала королева Ядвига. Она лично защищала интересы Краковского университета перед папой римским в Авиньоне и завещала университету всю свою собственность. Важнейшую роль в создании Краковского университета сыграл и ее царственный супруг Ладислав II Ягелло, именем которого впоследствии назвали этот университет. Заново он открылся в 1400 году, с этого же времени в нем стала преподаваться теология. По образу Парижского университета, ректора теперь избирали уже не студенты, а профессора.

Краковский (Ягеллонский) университет быстро завоевал славу одного из ведущих центров образования и науки в средневековой Европе. Уже к середине XV века в Кракове сформировалась школа математики и астрологии. В 1491–1495 годах в Краковском университете обучался Николай Коперник, который всегда считал его своей Alma Mater. В те годы почти

половина всех обучавшихся в университете студентов приезжали из-за пределов Польши. Наряду с университетами Севильи и Толедо, Краковский университет считался центром средневековой алхимии. Согласно легенде, в Кракове временно проживал знаменитый доктор Фауст. Наконец, первые систематические исследования географии восточных земель также были проведены в Кракове.

В первой половине XVI века Краковский университет отверг идеи реформации, результатом чего стало резкое падение его популярности у студентов Германии и Венгрии. Как оплот католической теологии, университет привлекал лишь студентов из Литвы и Польши. Вместе с тем, число польских студентов также уменьшилось, поскольку местная знать завоевала право занимать важные позиции в государстве независимо от академических достижений.

Догматизм и схоластика в преподавании даже светских наук в XVII веке привели Краковский университет к потере международного статуса. Некоторые признаки его возрождения появились лишь тогда, когда в 1748 году была учреждена кафедра естественных наук. К концу XVIII века в Краковском университете были открыты астрономическая обсерватория, ботанический сад, клиника и ряд научных лабораторий.

Вместе со страной Краковский университет в XVIII веке переживал трудные времена. Последовательные разделы Польши между Австрией, Пруссией и Россией поставили под угрозу само существование университета. Правительства этих стран рассматривали его как колыбель революционных и национально-освободительных идей. Со временем, однако, университет вновь обрел былой статус и привлекательность для студентов из многих стран центральной Европы.

В XIX веке Краковский университет прославился работами польских физиков Кароля Ольшевского и Зыгмунта Вроблевского, которые в 1883 году впервые получили жидкий кислород в измеримых количествах. После трагической гибели Вроблевского (при взрыве экспериментальной установки) Ольшевский в 1895 году получил жидкий аргон, добился ожижения водоро-



*Краковский университет,
10 злотых, Польша, 1964 г.*

да и в попытке ожижения гелия достиг температуры, лишь на несколько градусов превышающей абсолютный ноль.

В те же годы в Кракове работали физиолог Наполеон Цибульский, который объяснил действие адреналина; анатомопатолог Тадеуш Брович, который выделил микроб тифа; химик Леон Мархлевский, установивший химическое родство гемоглобина и хлорофилла. Наряду с выдающимися естествоиспытателями в Краковском университете работали также знаменитые историки, философы и правоведы. К началу первой мировой войны Краковский университет насчитывал около ста кафедр, на которых обучалось более трех тысяч студентов.

После получения независимости Польшей в 1918 году число польских университетов увеличилось от двух (в Кракове и Львове) до пяти (добавились университеты Варшавы, Вильнюса и Познани), причем профессорско-преподавательский состав новых университетов формировался в основном из выпускников Краковского университета. Однако великая депрессия 1930–1934 годов привела к резкому сокращению финансирования университетов. В годы второй мировой войны Краковский университет потерял многих преподавателей и студентов, а его возрождение произошло лишь в последние десятилетия прошлого века.

Современная организационная структура Краковского университета представлена тринадцатью факультетами, три из которых образуют Медицинский колледж. В 1999 году открылся Биологический исследовательский центр, вслед за которым в 2002 году были учреждены Институт молекулярной биологии и Институт защиты окружающей среды. В настоящее время 3100 профессоров и преподавателей Краковского университета обучают более 27000 студентов, утверждая тем самым Краков в роли ведущего европейского образовательного и научного центра. Одним из знаменитейших его выпускников стал Кароль Войтыла – папа римский Иоанн Павел II.

В течение длительного времени Краковский университет оставался единственным высшим учебным заведением Польши. В 1505 году городской совет Вроцлава добился подписания королем Венгрии и Богемии Владиславом II декрета об основании Вроцлавского университета, но противодействие Кракова положило конец этому начинанию. Лишь через два столетия маленькая Иезуитская академия была основана во Вроцлаве императором Леопольдом I. После вхождения Силезии в состав Пруссии эта академия объединилась с протестантским универси-

тетом во Франкфурте-на-Одере, образовав в 1811 году Вроцлавский университет. Университет состоял из четырех классических факультетов, главный из которых – факультет теологии – был представлен протестантским и католическим отделениями.

Наиболее быстрыми темпами Вроцлавский университет развивался во второй половине XIX века. В это время в нем работали

знаменитые химики Эдуард Бюхнер и Роберт Вильгельм Бунзен, математик Петер Густав Дирихле, физик Роберт Кирхгоф, астроном Иоганн Готфрид Галле. Знамениты были ассоциации польских студентов во Вроцлаве «Полония» и «Верхняя Силезия», которые сыграли важную роль в политической жизни Польши времен борьбы за независимость.

Долгое время Вроцлав, в немецкой транскрипции Бреслау, входил в состав Германии. Исторически главный корпус Вроцлавского университета располагался в бывшем замке княжеского рода Пястов. Во время первой и второй мировых войн это здание было практически разрушено. Собственно польский период в развитии Вроцлавского университета начался лишь в 1945 году, с окончанием второй мировой войны. В те годы Вроцлавский университет и Вроцлавский политехнический институт образовывали единое целое. Они даже делили между собой факультет математики, физики и химии. Наряду с этим, во Вроцлавском университете имелись факультеты гуманитарного, медицинского и сельскохозяйственного профилей, ряд из которых обрел впоследствии статус независимых учебных заведений.

В настоящее время Вроцлавский университет объединяет факультеты истории и педагогики, природоведения, права, математики и информатики, филологии, физики и астрономии, химии, обществоведения и является классическим европейским университетом.



*Вроцлавский университет,
3 марки, Германия, 1911 г.*

КАРЛОВ УНИВЕРСИТЕТ

В середине XIV века наследник древнего чешского королевского рода Пржемысловичей Карл IV почти одновременно получил титулы чешского короля и императора Священной Римской империи. Взойдя на престол, он предпринял активные действия по усилению политического, экономического и культурного влияния Чехии. Прежде всего он поехал в Авиньон и



*Пражский университет,
100 крон, Чехословакия, 1948 г.*

испросил у папы Климента VI разрешения на учреждение пражского архиепископства, а затем и на создание Пражского университета. Документ от 7 апреля 1348 года гласил: «Чтобы не надо было нашим верным жителям королевства, неустанно алчущим плодов знаний, просить милостыню в чужой земле, но чтобы они находили в королевстве стол, гостеприимно для них приготовленный». Университет должен был стать «украшением Чешской короны» и способствовать

распространению славы Чешского королевства во всех концах христианского мира.

Университет, который впоследствии именовался Каролинумом, или Карловым университетом, стал первым высшим учебным заведением в Центральной и Восточной Европе. Он с самого начала создавался как общеевропейский интеллектуальный центр, где работали представители многих европейских народов. Университет включал четыре факультета: философский, где в основном занимались философией и другими, как тогда говорили, «свободными искусствами» (красноречием, музыкой, математикой); юридический, на котором изучалось право; медицинский, где кроме собственно медицины учащиеся получали сведения из области химии и естественных наук; богословский, который готовил образованных священников. Международный характер пражского университета подчеркивался равноправным положением в нем представителей разных стран, из которых в универ-

ситет приезжали студенты и преподаватели, образовывавшие чешскую, польскую, саксонскую и баварскую «нации». Глава университета – ректор – избирался всеми преподавателями, которые назывались магистрами. Основной формой обучения в университете была лекция. Обычно магистр читал текст по книге (рукописной, книгопечатание еще не было изобретено), а студенты записывали за ним. Каждый магистр был волен в рамках своего курса определять его содержание, так что именно с университетской кафедры распространялись новые взгляды и новые теории.

Любимой формой соревнования в знаниях и в умении их отстаивать был ученый диспут. Его участники, как правило это были магистры, представлявшие различные направления, устраивали публичное обсуждение спорного вопроса. Каждый участник произносил речь, отстаивая свою точку зрения и опровергая противника а избранные на председательские места коллеги решали, кто оказался убедительнее. При этом поощрялось всячески ругать противника, обвиняя его во всевозможных грехах. Такое поношение рассматривалось лишь как внешний прием для дискредитации противника, выставления его прежде всего в нелепом и смешном виде. Научная аргументация, конечно же, была важна, однако не она определяла внешнюю форму диспута. Можно сказать, что диспут был местом публичного самоутверждения личности средневекового ученого, ведь именно здесь он мог показать всем свой объем знаний, что очень ценилось в средние века, так как разрыв между обладающим знаниями ученым меньшинством и остальным обществом, весьма мало образованным, будь то дворянин или крестьянин, был огромен. Диспуты ученых мужей бывали настолько горячими, что нередко кончались потасовкой.

Развитие общества и формирование научного мировоззрения в средние века, в частности, проходило под знаком разрешения теологических проблем. В начале XV века в университете возникла научная оппозиция. Ее лидером стал знаменитый чешский реформатор Ян Гус. Он получил магистерскую степень в Пражском (Карловом) универ-



Карл IV, 100 крон, Чехословакия, 1974 г.

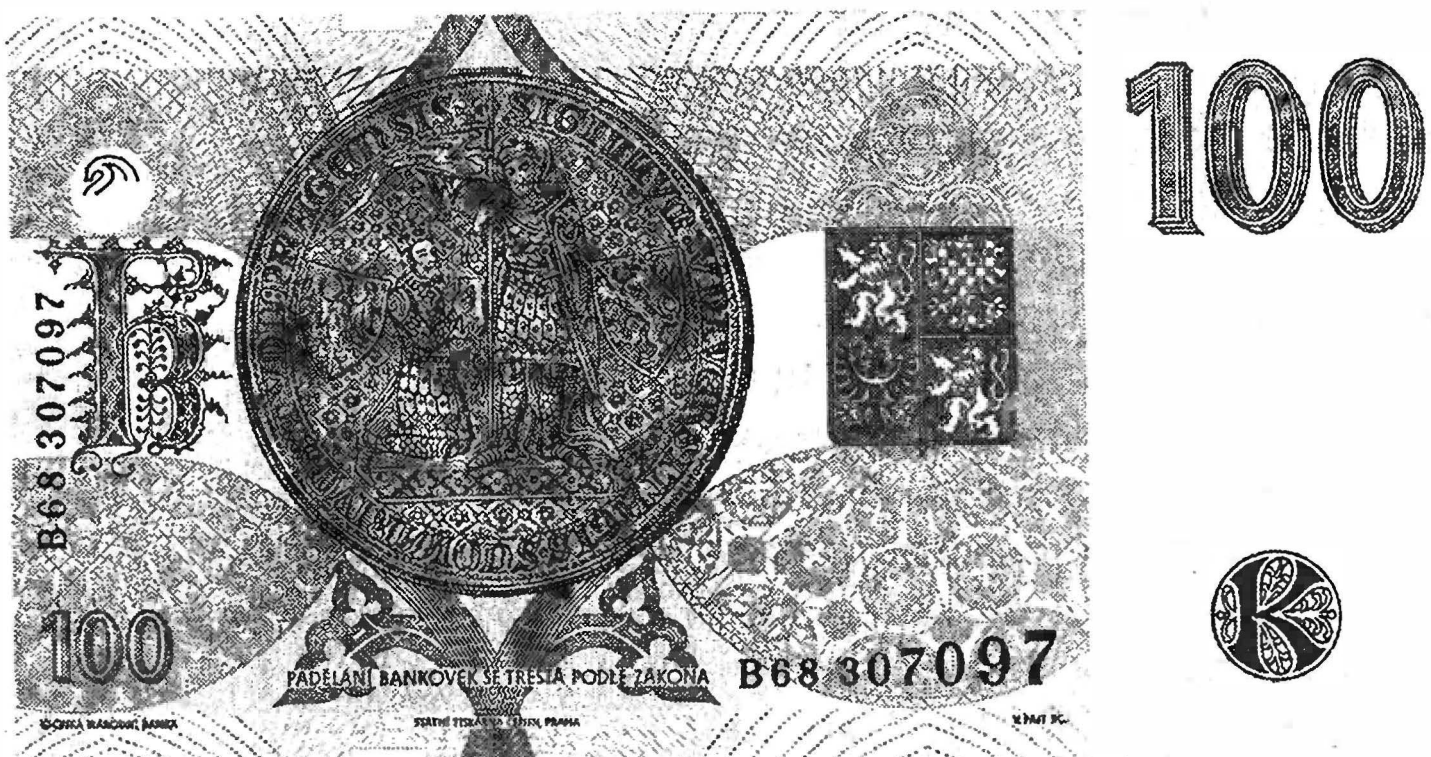


Карл IV, 200 крон, Чехия, 1998 г.

ситете в 1396 году и в 1409–1410 годах был его ректором. Борьба чешской и немецкой партий внутри университета захватила Яна Гуса с головой. При его непосредственном участии в 1409 году король Вацлав IV издал Кутногорский декрет, отдавший управление университетом в руки магистров «чешской нации» – в ущерб традиционной средневековой схеме, когда университетская политика определялась консенсусом четырех наций. В ре-

зультате большинство немецких магистров покинули университет, повсюду распространяя слухи о коварных еретиках, оккупировавших почтенное имперское учреждение. Prestиж Пращского университета и его уровень, разумеется, серьезно пострадали, но это было скорее побочным, чем прямым эффектом реформаторской деятельности Яна Гуса.

Высшим арбитром в делах веры должен был стать Вселенский собор, собравшийся в Констанце 5 ноября 1414 года. Ян Гус был вызван на собор для объяснений и явился туда. Однако он столкнулся с тем, что объяснений никто и не спрашивал. От Яна Гуса сразу потребовали отречься от всего, что он проповедовал, не объясняя, в чем собственно состоит его ересь. Он же в ответ требовал доказать ему, в чем его проповеди расходятся с



Карлов университет, 100 крон, Чехия, 1995 г.

Писанием. Разбирательство, не начавшись, фактически зашло в тупик. Судьи требовали признательного раскаяния, апеллируя к авторитету собора, Гус заявлял о своей невинности, апеллируя к Библии. Процесс завершился 6 июля 1415 года сожжением реформатора, которое взбудоражило всю Чехию. Вооруженное восстание гуситов, как известно, завершилось их поражением, что привело к закрытию всех, кроме философского, факультетов Пражского университета. Контроль над университетом получили иезуиты, которые в разрушенном доминиканском монастыре на базе часовни Св. Климента основали новое учебное заведение – Климентинум.

В средние века Прага и Карлов университет оказались вытесненными на обочину европейской культуры, а Чехия стала одной из провинций Австро-Венгерской империи. После 1620 года Каролинум стал называться университетом Карла-Фердинанда. И все-таки это был чешский университет, подтверждавший претензии чехов на культурную самостоятельность. Преподавание в нем велось, однако, на немецком языке. Чешский язык зазвучал в аудиториях лишь в 1882 году, когда Карлов университет был разделен на два – немецкое и чешское – отделения.

В настоящее время Карлов университет пользуется репутацией одного из сильнейших в мире. На его многочисленных факультетах, расположенных не только в Праге, но и в других чешских городах, обучается более сорока тысяч студентов. Структура Карлова университета сложна и охватывает практически все направления современного высшего образования. И по сей день Каролинум занимает одно из старинных готических зданий Праги – Карлов колледж второй половины XIV века. О тех временах напоминает большой зал с эркером бывшей часовни и готические аркады на первом этаже. Во дворе Каролинума установлена скульптура ректора Яна Гуса.

УНИВЕРСИТЕТЫ ГЕРМАНИИ

В пределах современных границ Германии Гейдельбергский университет имени Карла Рупрехта, основанный в 1386 году, является старейшим (хотя первым собственно германским университетом был Пражский университет, основанный еще в 1348 году). В ту пору в Гейдельберге проживало не более



Вильгельм Гумбольдт, Александр Гумбольдт, 5 марок, Германия, 1967 г.

3500 человек, а университет привлек в него еще около 600 студентов. Девизом университета стала фраза на его печати «Книга знаний всегда открыта» (Semper apertus). Во второй половине XVI века Гейдельбергский университет переживал период расцвета, являясь, по сути, академическим и культурным центром Европы. С началом тридцатилетней войны, однако, положение университета резко ухудшилось, а его знаменитая библиотека была похищена из церковного хранилища и перевезена в Рим. Лишь в начале XIX

века великий герцог Карл Фридрих восстановил пришедший в упадок университет и дал ему государственные гарантии.

С Гейдельбергом связаны многие выдающиеся философы и исследователи. Здесь работали Георг Гегель и Людвиг Фейербах, преподавал психологию и философию экзистенциализма Карл Ясперс. Профессор Гейдельбергского университета Густав Кирхгоф в середине XIX века сформулировал ряд основных законов электротехники, спектроскопии и теории излучения черного тела. Законы излучения черного тела, впоследствии объясненные в рамках модели атома Бора, способствовали развитию квантовой механики. В сотрудничестве с Робертом Бунзеном, также профессором Гейдельбергского университета, Кирхгоф открыл химические элементы цезий и рубидий. Филипп Ленард в 1905 году был удостоен Нобелевской премии по физике за исследование катодных лучей. Его работы лежат в

основе многих современных информационных и коммуникационных технологий. В Гейдельберге родился Вольфганг Кеттерле, лауреат Нобелевской премии по физике 2001 года за исследование лазерного охлаждения и захвата ультрахолодных атомов. Он является одним из авторов открытия Бозе-Эйнштейновской конденсации газов.

С университетом Лейпцига, основанном в 1409 году, связаны имена многих представителей немецкой культуры. Среди них философы Готхольд Лессинг и Фридрих Ницше, композиторы Роберт Шуман и Рихард Вагнер. Из знаменитых физиков следует упомянуть Густава Герца, удостоенного Нобелевской премии 1925 года за исследование прохождения электронов через газы, и Вернера Гейзенберга, лауреата Нобелевской премии 1932 года за создание матричной формулировки квантовой механики.

Тюбингенский университет был основан в 1477 году первым герцогом Вюртембергским Эберхардом VI, воспринявшим идеи европейского возрождения в своих поездках по Италии. Этот университет сыграл важную роль в эпоху протестантской реформации, в нем сформировались основы будущей школьной системы Германии. Среди его знаменитых воспитанников – астроном Иоганн Кеплер, поэт Фридрих Гёльдерлин, философы Фридрих Шеллинг и Георг Гегель. Расцвет Тюбингенского университета пришелся на середину XIX века, когда в нем был создан первый в Германии факультет естественных наук.

Марбургский университет, основанный в 1527 году и носящий имя его основателя Филиппа I, является первым и старейшим протестантским университетом. Позиции этого университета особенно сильны в философии, теологии и гуманитарных науках. Наряду с этим, в нем преподавали выдающиеся химики Роберт Бунзен и Отто Ган и первый лауреат Нобелевской премии по медицине (1901 г.) Эмиль Беринг. Среди знаменитых студентов Марбургского университета – Михаил Ломоносов, братья Гримм, Борис Пастернак.

Расцвет Йенского университета, основанного в 1558 году, наступил в конце XVIII – начале XIX века, когда преподавание в нем вели такие выдающиеся профессора, как Иоганн Фихте, Георг Гегель, Фридрих Шлегель и Иоганн Шиллер. В эти годы покровительство университету оказывал патрон Гете герцог

Карл Август. Отличительной чертой студентов Йенского университета было исключительное свободолобие и ревнивое отношение к кодексу чести, что проявлялось в бесчисленных дуэлях. В конце XIX века работы Карла Цейса и Эрнста Аббе по созданию точных оптических приборов дали новый импульс развитию не только Йенского университета, но и всей германской промышленности и науки.

Как и другие средневековые учебные заведения, все упомянутые университеты сыграли выдающуюся роль в формировании европейской цивилизации. Все они создавались по образу Болонского университета, прошли через лютеранскую реформацию и остались крупнейшими центрами немецкой культуры.

Новый этап в развитии высшей школы Германии связан с образованием в 1809 году Берлинского университета. Его концепция, основанная на единстве обучения и науки, была разработана Вильгельмом Гумбольдтом в начале XIX века, а в настоящее время стала основой университетского образования. При создании Берлинского университета его структура полностью отвечала организации средневековых университетов с классическим набором юридического, медицинского, философского и богословского факультетов. Однако под влиянием передовых философов того времени Гегеля, Фихте и Шлейермахера, а также естествоиспытателя Александра Гумбольдта в стенах университета с самого начала получили развитие многие естественно-научные дисциплины.

Первое здание Берлинскому университету было подарено прусским королем Фридрихом Вильгельмом III (с 1828 по 1949 год университет носил его имя). По мере развития университета



Берлинский университет, 5 марок, Германия, 1964 г.

новые подразделения и институты интегрировались в его структуру — в частности, в нее вошли знаменитая Клиника Шарите и Музей натуральной истории.

Расцвет Берлинского университета пришелся на первые декады XX века. Именно в эти годы его профессорам было присуждено наибольшее количество Нобелевских премий (всего – 29!). Так, первая Нобелевская премия по химии 1901 года была вручена Якобу Вант-Гоффу за исследование динамики химических реакций, а премия по литературе 1902 года была присуждена историку античности Теодору Моммзену. Среди выдающихся ученых Берлинского университета – лауреаты Нобелевской премии Отто Ган, Макс Лауэ, Макс Планк, Альберт Эйнштейн, Вернер Гейзенберг, Эрвин Шрёдингер, Ханс Бете и Макс Борн. Кажется, весь цвет экспериментальной и теоретической физики того времени собрался в Берлине.

Этот яркий период завершился в 1933 году с изменением политической обстановки в стране и изгнанием из стен университета инакомыслящих. После второй мировой войны раскол в среде университетских профессоров только усилился, так что новый Свободный университет был основан в Западном Берлине. С 1949 года Берлинский университет стал носить имена братьев Александра и Вильгельма Гумбольдтов.

После объединения Германии развитию Гумбольдтова университета был дан новый импульс. Он получил новые корпуса в пригороде Берлина, где сконцентрированы факультеты естественно-научного направления. Берлинский университет активно участвует во всех европейских образовательных программах, более 10 процентов из 40000 студентов – иностранцы. В настоящее время степень магистра в Берлинском университете присуждается по 59 различным направлениям. Традиционно сильны его связи с восточно-европейскими университетами и, в частности, с Московским государственным университетом.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Список ученых, представленных на монетах, банкнотах и нотгельдах

1. Фалес (625 – 547 до н.э.)
2. Пифагор (570 – 500 до н.э.)
3. Демокрит (460 – 370 до н.э.)
4. Сократ (469 – 399 до н.э.)
5. Платон (428 – 347 до н.э.)
6. Аристотель (384 – 322 до н.э.)
7. Архимед (287 – 212 до н.э.)
8. Чжен Шень (78 – 139)
9. Птолемей (90 – 160)
10. Цу Чи чжи (429 – 500)
11. Арьябата (476 – 550)
12. Альфарабиус (870 – 950)
13. Альгазен (965 – 1039)
14. Бируни (973 – 1048)
15. Авиценна (980 – 1037)
16. Омар Хайям (1048 – 1131)
17. Маймон (1135 – 1204)
18. Цу Ши чжи (1231 – 1316)
19. Улугбек (1394 – 1449)
20. Паоло Тосканелли (1397 – 1482)
21. Пьеро делла Франческа (1420 – 1492)
22. Лука Пачоли (1445 – 1514)
23. Леонардо да Винчи (1452 – 1519)
24. Альбрехт Дюрер (1471 – 1528)
25. Мартин Вальдземюллер (1472 – 1522)
26. Николай Коперник (1473 – 1543)
27. Иоганн Шёнер (1477 – 1547)
28. Педро Нуньес (1502 – 1577)
29. Герард Меркатор (1512 – 1594)
30. Тихо Браге (1546 – 1601)
31. Джордано Бруно (1548 – 1600)
32. Галилео Галилей (1564 – 1642)
33. Иоганн Кеплер (1571 – 1630)
34. Рене Декарт (1596 – 1650)
35. Атанасиус Кирхер (1602 – 1680)
36. Отто фон Герике (1602 – 1686)
37. Ян Гевелий (1611 – 1687)

38. Блез Паскаль (1623 – 1662)
39. Петер Богдани (1625 – 1689)
40. Кристиан Гюйгенс (1629 – 1695)
41. Исаак Ньютон (1642 – 1727)
42. Оле Рёмер (1644 – 1710)
43. Готфрид Лейбниц (1646 – 1716)
44. Кристиан Томас (1655 – 1758)
45. Эдмонд Галлей (1656 – 1742)
46. Кристофер Польхем (1661 – 1751)
47. Кристиан Вольф (1679 – 1754)
48. Самуил Миковини (1686 – 1750)
49. Прокоп Дивиш (1698 – 1765)
50. Андерс Цельсий (1701 – 1744)
51. Янош Сегнер (1704 – 1777)
52. Бенджамин Франклин (1706 – 1790)
53. Леонард Эйлер (1707 – 1783)
54. Михаил Ломоносов (1711 – 1765)
55. Руджер Бошкович (1711 – 1787)
56. Хорхе Хуан (1713 – 1773)
57. Луи Антуан Бугенвилль (1729 – 1811)
58. Хосе Мутис (1732 – 1808)
59. Томас Джефферсон (1743 – 1826)
60. Алессандро Вольта (1745 – 1827)
61. Иоганн Шретер (1745 – 1816)
62. Гаспар Монж (1746 – 1818)
63. Георг фон Вега (1756 – 1802)
64. Франтишек Герстнер (1756 – 1832)
65. Карл Хардинг (1765 – 1834)
66. Наполеон Бонапарт (1769 – 1821)
67. Жозе де Кальдас (1771 – 1816)
68. Кристиан Эрстед (1777 – 1851)
69. Карл Гаусс (1777 – 1855)
70. Фридрих Бессель (1784 – 1846)
71. Чарльз Баббаж (1791 – 1871)
72. Майкл Фарадей (1791 – 1867)
73. Николай Лобачевский (1792 – 1856)
74. Василий Струве (1793 – 1864)
75. Петер Берон (1799 – 1871)
76. Михаил Остроградский (1801 – 1862)
77. Нильс Абель (1802 – 1829)
78. Янош Бойяи (1802 – 1860)
79. Рама IV (1804 – 1868)
80. Уильям Гамильтон (1805 – 1865)
81. Йозеф Петцваль (1807 – 1891)
82. Урбен Леверье (1811 – 1877)

83. Карл Цейс (1816 – 1888)
84. Адольф Андерсен (1818 – 1879)
85. Уильям Томсон (1824 – 1907)
86. Жозе Эчегарей (1832 – 1916)
87. Филипп Райс (1834 – 1874)
88. Джон Теббат (1834 – 1916)
89. Дмитрий Менделеев (1834 – 1907)
90. Эрнст Аббе (1840 – 1905)
91. Вильгельм Конрад Рентген (1845 – 1923)
92. Томас Альва Эдисон (1847 – 1931)
93. Николай Жуковский (1847 – 1921)
94. Лоран Этвеш (1848 – 1919)
95. Софья Ковалевская (1850 – 1891)
96. Никола Тесла (1856 – 1943)
97. Генрих Герц (1857 – 1894)
98. Александр Ляпунов (1857 – 1918)
99. Константин Циолковский (1857 – 1935)
100. Макс Планк (1858 – 1947)
101. Михайло Пупин (1858 – 1935)
102. Александр Попов (1859 – 1906)
103. Пьер Кюри (1859 – 1906)
104. Хулио Гаравито (1865 – 1920)
105. Кандидо Рондон (1865 – 1958)
106. Петр Лебедев (1866 – 1912)
107. Кристиан Биркеланд (1867 – 1917)
108. Мария Склодовская-Кюри (1867 – 1934)
109. Эрнест Резерфорд (1871 – 1937)
110. Гульельмо Маркони (1874 – 1937)
111. Альберт Эйнштейн (1879 – 1955)
112. Отто Ган (1879 – 1968)
113. Нильс Бор (1885 – 1962)
114. Эрвин Шрёдингер (1887 – 1961)
115. Владимир Смирнов (1887 – 1974)
116. Юрий Кондратюк (1897 – 1942)
117. Владимир Фок (1898 – 1974)
118. Деннис Габор (1900 – 1979)
119. Энрико Ферми (1901 – 1954)
120. Игорь Курчатов (1903 – 1960)
121. Ян Нейман (1903 – 1957)
122. Роберт Оппенгеймер (1904 – 1967)
123. Сергей Всехсвятский (1905 – 1984)
124. Виктор Амбарцумян (1908 – 1996)
125. Кайт Арф (1910 – 1997)

Монеты, посвященные физикам и математикам

№	Персона	Номинал	Год	Металл	Страна
1.	Фалес	1 лира	1996	Al	Сан-Марино
2.	Пифагор	2000 шиллингов	2000	Ag	Уганда
3.	Демокрит	10 драхм	1976	Cu-Ni	Греция
4.	Демокрит	10 драхм	1984	Cu-Ni	Греция
5.	Демокрит	1 экю	1997	Ag	Греция
6.	Сократ	2 лиры	1996	Al	Сан-Марино
7.	Платон	5 лир	1996	Al	Сан-Марино
8.	Аристотель	5 драхм	1976	Cu-Ni	Греция
9.	Аристотель	5 драхм	1984	Cu-Ni	Греция
10.	Аристотель	10 лир	1996	Al	Сан-Марино
11.	Аристотель	1 крона	1997	Ag	Гибралтар
12.	Аристотель	25 долларов	2003	Au	Либерия
13.	Чжен Шень	5 юаней	1986	Ag	Китай
14.	Чжен Шень	5 юаней	1992	Ag	Китай
15.	Чжен Шень	1/5 кроны	1995	Au	Остров Мэн
16.	Чжен Шень	1 крона	1995	Ni	Остров Мэн
17.	Чжен Шень	1 крона	1995	Ag	Остров Мэн
18.	Птолемей	10 песо	1992	Ag	Куба
19.	Цу Чи чжи	5 юаней	1986	Ag	Китай
20.	Цу Чи чжи	1/5 кроны	1995	Au	Остров Мэн
21.	Цу Чи чжи	1 крона	1995	Ni	Остров Мэн
22.	Цу Чи чжи	1 крона	1995	Ag	Остров Мэн
23.	Альфарабиус	20 тенге	1993	Cu-Ni	Казахстан
24.	Бируни	100 сом	1999	Ag	Узбекистан
25.	Авиценна	100 сом	1999	Ag	Узбекистан
26.	Цу Ши джи	5 юаней	1989	Ag	Китай
27.	Улугбек	1 сом	1994	томпак	Узбекистан
28.	Улугбек	100 сом	1999	Ag	Узбекистан
29.	Тосканелли	10 песо	1992	Ag	Куба
30.	делла Франческа	500 лир	1992	Ag	Италия
31.	Пачоли	500 лир	1994	биметалл	Италия
32.	да Винчи	10 юаней	1982	Ag	Китай
33.	да Винчи	2 лиры	1984	Al	Сан-Марино
34.	да Винчи	200 крон	1994	Ag	Чехия
35.	да Винчи	1 крона	1995	Cu-Ni	Остров Мэн
36.	Да Винчи	1 скудо	1998	Au	Сан-Марино
37.	да Винчи	500 тугриков	1999	Ag	Монголия
38.	да Винчи	1000 тугриков	1999	Au	Монголия
39.	да Винчи	1000 песет	2000	Ag	Зап. Сахара
40.	да Винчи	1000 песет	2000	Ni	Зап. Сахара

41.	да Винчи	1 евро	2002	биметалл	Италия
42.	да Винчи	1 1/2 евро	2003	Ag	Франция
43.	да Винчи	10 евро	2006	Ag	Италия
44.	Дюрер	3 марки	1928	Ag	Германия
45.	Дюрер	5 марок	1971	Ag	Германия
46.	Дюрер	10 марок	1971	Ag	Германия
47.	Дюрер	150 гуарани	1973	Ag	Парагвай
48.	Дюрер	1500 гуарани	1973	Au	Парагвай
49.	Дюрер	3000 гуарани	1973	Au	Парагвай
50.	Дюрер	1000	2001	Ag	Уганда
шиллингов					
51.	Коперник	10 злотых	1959	Ni	Польша
52.	Коперник	10 злотых	1969	Ni	Польша
53.	Коперник	100 злотых	1973	Ni проба	Польша
54.	Коперник	5 марок	1973	Ag	Германия
55.	Коперник	100 злотых	1974	Ag	Польша
56.	Коперник	2000 злотых	1979	Au	Польша
57.	Коперник	5000 злотых	1989	Ag	Польша
58.	Коперник	10 долларов	1992	Ag	Острова Кука
59.	Коперник	20 злотых	1995	Ag	Польша
60.	Коперник	1000 песет	2000	Ni	Зап. Сахара
61.	Нуньес	100 эскудо	1999	биметалл	Португалия
62.	Меркатор	5 марок	1969	Ag	Германия
63.	Меркатор	1000 песет	2000	Ni	Зап. Сахара
64.	Браге	25 долларов	1995	Ag	Ямайка
65.	Бруно	1000 лир	2000	Ag	Италия
66.	Галилей	500 лир	1982	Ag	Италия
67.	Галилей	5 лир	1984	Al	Сан-Марино
68.	Галилей	10 долларов	1994	Ag	Науру
69.	Галилей	10 тала	1995	Ag	Зап. Самоа
70.	Галилей	10 евро	1997	Ag	Италия
71.	Галилей	1000 франков	1999	Ag	Чад
72.	Галилей	1000 песет	2000	Ni	Зап. Сахара
73.	Галилей	10 долларов	2001	Cu-Ni	Либерия
74.	Галилей	25 долларов	2003	Au	Либерия
75.	Галилей	2 евро	2005	биметалл	Сан-Марино
76.	Кеплер	5 марок	1971	Ni	Германия
77.	Кеплер	10 евро	2002	Ag	Австрия
78.	Кеплер	50 долларов	1994	Ag	Соломоновы острова
79.	Декарт	100 франков	1991	Ag	Франция
80.	Декарт	500 франков	1991	Au	Франция
81.	Декарт	15 экю	1991	Ag	Франция
82.	Декарт	50 лир	1996	Ni	Сан-Марино

83.	фон Герике	10 марок	1977	Ag	Германия
84.	фон Герике	10 марок	1986	Ag	Германия
85.	фон Герике	10 евро	2005	Ag	Германия
86.	Ньютон	20 долларов	1993	Ag	Тувалу
87.	Ньютон	500 тугриков	1999	Ag	Монголия
88.	Ньютон	10000 шиллингов	1999	Ag	Сомали
89.	Лейбниц	5 марок	1966	Ag	Германия
90.	Лейбниц	20 марок	1966	Ag	Германия
91.	Галлей	50 центов	2002	Ni	Остров Св. Елены
92.	Галлей	50 пенсов	2002	Ag	Остров Св. Елены
93.	Миковини	500 крон	2000	Ag	Словакия
94.	Дивиш	200 крон	2004	Ag	Чехия
95.	Цельсий	20 экю	1997	Ag	Швеция
96.	Сегнер	200 крон	2004	Ag	Словакия
97.	Франклин	1/2 доллара	1960	Ag	США
98.	Франклин	1 доллар	2006	Ag	США
99.	Франклин	1 доллар	2006	Ag	США
100.	Франклин	1/4 евро	2006	Ni	Франция
101.	Франклин	20 евро	2006	Ag	Франция
102.	Эйлер, Ломоносов, Петр I	3 рубля	1999	Ag	Россия
103.	Эйлер	2 рубля	2007	Ag	Россия
104.	Ломоносов	1 рубль	1986	Ni	Россия
105.	Ломоносов	100 рублей	1992	Au	Россия
106.	Бошкович	1 дукат	1999	Au	Хорватия
107.	Бугенвилль	50 вату	1994	Ag	Вануату
108.	Джефферсон	5 долларов	1991	Ag	Багамские острова
109.	Джефферсон	1 доллар	1993	Ni	США
110.	Джефферсон, Наполеон	1 1/2 евро	2003	Ag	США
111.	Джефферсон	1 доллар	2007	Ni	США
112.	Вольта	10 лир	1984	Al	Сан-Марино
113.	Монж	100 франков	1998	Ag	Франция
114.	Монж	500 франков	1998	Au	Франция
115.	Вега	500 толариев	2004	биметалл	Словения
116.	Вега	5000 толариев	2004	Ag	Словения
117.	Вега	25000 толариев	2004	Au	Словения
118.	Герстнер	200 крон	2006	Ag	Чехия
119.	Наполеон	50 пенсов	1986	Ni	Остров Св. Елены

120.	Наполеон	21 экю	1993	Ag	Гибралтар
121.	Наполеон	70 экю	1994	Ag	Гибралтар
122.	Наполеон	14 экю	1996	Ag	Гибралтар
123.	Наполеон	25 динар	1964	Ag	Андорра
124.	Наполеон	50 динар	1964	Ag	Андорра
125.	Наполеон	20 долларов	1997	Ag	Либерия
126.	Наполеон	250	2001	Ag	Сомали
		шиллингов			
127.	Наполеон	50 пенсов	2002	Ag	Остров Св. Елены
128.	Наполеон	25 долларов	2003	Au	Либерия
129.	Наполеон	1 1/2 евро	2004	Ag	Франция
130.	Гаусс	5 марок	1977	Ag	Германия
131.	Гаусс	20 марок	1977	Ag	Германия
132.	Баббаж	1/5 кроны	1995	Au	Остров Мэн
133.	Баббаж	1 крона	1995	Ag	Остров Мэн
134.	Баббаж	1 крона	1995	Ni	Остров Мэн
135.	Фарадей	1/5 кроны	1995	Au	Остров Мэн
136.	Фарадей	1 крона	1995	Ag	Остров Мэн
137.	Фарадей	1 крона	1995	Ni	Остров Мэн
138.	Лобачевский	1 рубль	1992	Ni	Россия
139.	Струве	1 рубль	2006	Ag	Белоруссия
140.	Струве	20 рублей	2006	Ag	Белоруссия
141.	Остроградский	2 гривны	2001	Ni	Украина
142.	Абель	20 крон	2002	Ni	Норвегия
143.	Бойяи	3000	2002	Ag	Венгрия
		форинтов			
144.	Гамильтон	10 евро	2005	Ag	Ирландия
145.	Петцваль	200 крон	2007	Ag	Словакия
146.	Райс	5 марок	1974	Ni	Германия
147.	Менделеев	1 рубль	1984	Ni	Россия
148.	Менделеев	3 рубля	2000	Ag	Россия
149.	Аббе	20 марок	1980	Ag	Германия
150.	Рентген	5 марок	1970	Ni	Германия
151.	Рентген	10 марок	1995	Ag	Германия
152.	Рентген	1/5 кроны	1995	Au	Остров Мэн
153.	Рентген	1 крона	1995	Ag	Остров Мэн
154.	Рентген	1 крона	1995	Ni	Остров Мэн
155.	Рентген	1000 песет	2000	Ni	Зап. Сахара
156.	Рентген	1 вон	2001	томпак	Сев. Корея
157.	Рентген	5 вон	2001	Ag	Сев. Корея
158.	Эдисон	10 юаней	1990	Ag	Китай
159.	Эдисон	5 долларов	1991	Ag	Багамские острова
160.	Эдисон	1/5 кроны	1995	Au	Остров Мэн

161. Эдисон	1 крона	1995	Ag	Остров Мэн
162. Эдисон	1 крона	1995	Ni	Остров Мэн
163. Эдисон	1 доллар	1997	биметалл	Австралия
164. Эдисон	500 тугриков	1999	Ag	Монголия
165. Эдисон	1000 песет	2000	Ni	Зап. Сахара
166. Эдисон	1 доллар	2004	Ag	США
167. Эдисон	1 доллар	2005	Cu-Ni	Ниуэ
168. Жуковский	2 рубля	1997	Ag	Россия
169. Этвеш	2000 форинтов	1998	Ag	Венгрия
170. Ковалевская	2 рубля	2000	Ag	Россия
171. Тесла	20 динар	1996	Ni	Югославия
172. Тесла	150 куна	2006	Ag	Хорватия
173. Тесла	1000 динар	2006	Ag	Сербия
174. Тесла	5000 динар	2006	Au	Сербия
175. Тесла	10000 динар	2006	Au	Сербия
176. Герц	5 марок	1969	Ni	Германия
177. Ляпунов	2 гривны	2007	Ni	Украина
178. Циолковский	1 рубль	1987	Ni	Россия
179. Циолковский	2 рубля	2007	Ag	Россия
180. Планк	2 марки	1964	Ni	Германия
181. Планк	5 марок	1983	Ag	Германия
182. Попов	1 рубль	1984	Ni	Россия
183. Пьер и Мария Кюри	50 лир	1984	Ni	Сан-Марино
184. Пьер и Мария Кюри	100 франков	1997	Ag	Франция
185. Пьер и Мария Кюри	500 франков	1997	Au	Франция
186. Пьер и Мария Кюри	2 злотых	1998	бронза	Польша
187. Пьер и Мария Кюри	20 злотых	1998	Ag	Польша
188. Лебедев	1 рубль	1991	Ni	Россия
189. Мария Кюри	10 злотых	1967	Ni	Польша
190. Мария Кюри	100 злотых	1974	Ni проба	Польша
191. Мария Кюри	100 злотых	1974	Ni проба	Польша
192. Мария Кюри	100 злотых	1974	Ni проба	Польша
193. Мария Кюри	100 злотых	1974	Ni проба	Польша
194. Мария Кюри	2000 злотых	1979	Au	Польша
195. Мария Кюри	100 франков	1984	Ag	Франция
196. Мария Кюри	500 франков	1984	Au	Франция
197. Маркони	100 лир	1974	Ni	Италия
198. Маркони	500 лир	1974	Ag	Италия
199. Маркони	100 лир	1984	Ni	Сан-Марино

200.	Маркони	1/5 кроны	1995	Au	Остров Мэн
201.	Маркони	1 крона	1995	Ag	Остров Мэн
202.	Маркони	1 крона	1995	Ni	Остров Мэн
203.	Маркони	2 фунта	2001	биметалл	Англия
204.	Маркони	5 долларов	2001	биметалл	Канада
205.	Эйнштейн	150 гуарани	1974	Ag	Парагвай
206.	Эйнштейн	1500 гуарани	1974	Au	Парагвай
207.	Эйнштейн	3000 гуарани	1974	Au	Парагвай
208.	Эйнштейн	5 марок	1979	Ni	Германия
209.	Эйнштейн	5 франков	1979	Ni	Швейцария
210.	Эйнштейн	5 франков	1979	Ni	Швейцария
211.	Эйнштейн	500 лир	1984	биметалл	Сан-Марино
212.	Эйнштейн	2 бата	1986	Ni	Таиланд
213.	Эйнштейн	10 бата	1986	Ni	Таиланд
214.	Эйнштейн	600 бата	1986	Ag	Таиланд
215.	Эйнштейн	10 юаней	1991	Ag	Китай
216.	Эйнштейн	10 франков	2000	Ag	Франция
217.	Эйнштейн	100 франков	2000	Au	Франция
218.	Эйнштейн	1000 шиллингов	2000	Ag	Уганда
219.	Эйнштейн	1000 песет	2000	Ni	Зап. Сахара
220.	Эйнштейн	25 долларов	2001	Au	Либерия
221.	Эйнштейн	5 долларов	2004	Au	Марианские острова
222.	Эйнштейн	5 долларов	2004	Au	Марианские острова
223.	Эйнштейн	500 франков	2004	Ag	Того
224.	Эйнштейн	1 шекель	2005	Ag	Израиль
225.	Эйнштейн	2 шекеля	2005	Ag	Израиль
226.	Эйнштейн	10 шекелей	2005	Au	Израиль
227.	Ган	5 марок	1979	Ni	Германия
228.	Ган	500 сика	2005	Ag	Гана
229.	Смирнов, Фок, Менделеев, Ухтомский	3 рубля	1999	Ag	Россия
230.	Кондратюк	2 гривны	1997	Cu-Ni	Украина
231.	Габор	3000 форинтов	2000	Ag	Венгрия
232.	Ферми	200 лир	1984	бронза	Сан-Марино
233.	Курчатов	2 рубля	2003	Ag	Россия
234.	Нейман	5000 форинтов	2003	Ag	Венгрия
235.	Оппенгеймер	1 крона	1999	Ag	Гибралтар
236.	Всехсвятский	2 гривны	2005	Cu-Ni	Украина
237.	Арф	7500000 лир	2001	Ag	Турция

Банкноты, посвященные физикам и математикам

№	Персона	Номинал	Год	Страна
1.	Демокрит	20 драхм	1955	Греция
2.	Демокрит	100 драхм	1967	Греция
3.	Сократ	500 драхм	1955	Греция
4.	Платон и Аристотель	500000 лир	1997	Италия
5.	Аристотель	1 драхма	1941	Греция
6.	Аристотель	10000 драхм	1941	Греция
7.	Аристотель	10000 драхм	1947	Греция
8.	Аристотель	10 драхм	1954	Греция
9.	Архимед	4 доллара	1863	США
10.	Арьябата	2 рупии	1977	Индия
11.	Альфарабиус	1 тенге	1993	Казахстан
12.	Альфарабиус	200 тенге	1999	Казахстан
13.	Альфарабиус	500 тенге	1999	Казахстан
14.	Альфарабиус	1000 тенге	2000	Казахстан
15.	Альфарабиус	2000 тенге	2000	Казахстан
16.	Альфарабиус	5000 тенге	2003	Казахстан
17.	Альфарабиус	10000 тенге	2003	Казахстан
18.	Альгазен	10 динар	1992	Ирак
19.	Альгазен	10000 динар	2003	Ирак
20.	Авиценна	20 сум	1999	Таджикистан
21.	Авиценна	200 риалов	1979	Иран
22.	Маймон	1000 шекелей	1983	Израиль
23.	Маймон	1 шекель	1986	Израиль
24.	да Винчи	50000 лир	1967	Италия
25.	Дюрер	10 марок	1977	Германия
26.	Вальдзеемюллер	10000 песо	1993	Колумбия
27.	Коперник	20 грошей	1924	Польша
28.	Коперник	1000 злотых	1965	Польша
29.	Коперник	1000 злотых	1982	Польша
30.	Шёнер	1000 марок	1977	ФРГ
31.	Нуньес	100 эскудо	1954	Португалия
32.	Нуньес	100 эскудо	1961	Португалия
33.	Нуньес	500 эскудо	1979	Португалия
34.	Меркатор	1000 франков	1975	Бельгия
35.	Галилей	2000 лир	1973	Италия
36.	Кеплер	50 марок	1924	Вюртемберг
37.	Декарт	100 франков	1944	Франция
38.	Гевелий	10000000 марок	1923	Данциг
39.	Паскаль	500 франков	1990	Франция
40.	Богдани	1000 лек	2001	Албания

41.	Гюйгенс	25 гульденов	1955	Голландия
42.	Ньютон	1 фунт	1977	Англия
43.	Рёмер	50 крон	1970	Дания
44.	Польхем	500 крон	1985	Швеция
45.	Польхем	500 крон	1989	Швеция
46.	Франклин	100 долларов	1990	США
47.	Франклин	100 долларов	1996	США
48.	Эйлер	10 франков	1979	Швейцария
49.	Бошкович	1 динара	1991	Хорватия
50.	Бошкович	5 динар	1991	Хорватия
51.	Бошкович	10 динар	1991	Хорватия
52.	Бошкович	25 динар	1991	Хорватия
53.	Бошкович	100 динар	1991	Хорватия
54.	Бошкович	500 динар	1991	Хорватия
55.	Бошкович	1000 динар	1991	Хорватия
56.	Бошкович	2000 динар	1991	Хорватия
57.	Бошкович	5000 динар	1992	Хорватия
58.	Бошкович	10000 динар	1992	Хорватия
59.	Бошкович	50000 динар	1993	Хорватия
60.	Бошкович	100000 динар	1993	Хорватия
61.	Хорхе Хуан	10000 песет	1992	Испания
62.	Бугенвилль	5 франков	1960	Св. Пьер и Микелон
63.	Бугенвилль	5000 франков	1996	Французская Полинезия
64.	Мутис	200 песо	1992	Колумбия
65.	Мутис	2000 песет	1992	Испания
66.	Джефферсон	2 доллара	1953	США
67.	Джефферсон	2 доллара	2003	США
68.	Вольта	10000 лир	1984	Италия
69.	Вега	50 толариев	1992	Словения
70.	Наполеон	10000 франков	1956	Франция
71.	Наполеон	100 франков	1961	Франция
72.	Кальдас	20 песо	1950	Колумбия
73.	Кальдас	20 песо	1953	Колумбия
74.	Кальдас	20 песо	1983	Колумбия
75.	Эрстед	100 крон	1970	Дания
76.	Гаусс	10 марок	1993	Германия
77.	Фарадей	20 фунтов	1993	Англия
78.	Берон	10000 левов	1997	Болгария
79.	Берон	10 левов	1999	Болгария
80.	Абель	500 крон	1966	Норвегия
81.	Абель	500 крон	1982	Норвегия
82.	Рама IV	50 бат	1992	Таиланд
83.	Рама IV	50 бат	1997	Таиланд

84.	Леве́рье	50 франков	1947	Франция
85.	Томсон	20 фунтов	1991	Шотландия
86.	Томсон	100 фунтов	1991	Шотландия
87.	Томсон	100 фунтов	1996	Шотландия
88.	Эчегарей	1000 песо	1971	Испания
89.	Теббат	100 долларов	1973	Австралия
90.	Тесла	5 динар	1994	Югославия
91.	Тесла	5 динар	1994	Югославия
92.	Тесла	100 динар	1994	Югославия
93.	Тесла	100 динар	2003	Югославия
94.	Тесла	500 динар	1978	Югославия
95.	Тесла	1000 динар	1990	Югославия
96.	Тесла	1000 динар	1991	Югославия
97.	Тесла	1000 динар	1992	Югославия
98.	Тесла	5000 динар	1993	Югославия
99.	Тесла	5000000 динар	1993	Югославия
100.	Тесла	10000000000 динар	1993	Югославия
101.	Тесла	100 динар	2003	Сербия
102.	Тесла	100 динар	2006	Сербия
103.	Пупин	50000000 динар	1993	Югославия
104.	Гаравито	20000 песо	2000	Колумбия
105.	Рондон	1000 крузейро	1991	Бразилия
106.	Биркеланд	200 крон	1994	Норвегия
107.	Кюри	500 франков	1994	Франция
108.	Кюри	20000 злотых	1989	Польша
109.	Резерфорд	100 долларов	1993	Новая Зеландия
110.	Маркони	2000 лир	1990	Италия
111.	Эйнштейн	5 лирот	1968	Израиль
112.	Бор	500 крон	2003	Дания
113.	Шрёдингер	1000 шиллингов	1983	Австрия
114.	Амбарцумян	100 драм	1998	Армения

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Математика древности и Пифагор	5
Демокрит и учение об атомах	7
Чжен Шень и первый сейсмограф	11
Восточная мудрость	13
Итальянцы эпохи Возрождения	21
«Солнце остановил, сдвинул Землю»	26
Первая карта мира	32
И все-таки она вертится...	34
«Я небеса измерял...»	41
Два бургомистра	50
«Воздушный» телескоп и другие инструменты Гевелия	55
Под сенью яблони в цвету	58
«...О приятном рассмотрении криволинейных фигур»	65
Шведская линия	70
Громоотвод Дивиша и водяная турбина Сегнера	74
Франклин – изобретатель громоотвода	77
Провидец современной физики	82
Великий мореплавателю	84
В поисках новых континентов	88
Новый этап в развитии электричества	90
Профессор от артиллерии и число «пи»	96
Открытие планеты Нептун	99
Закон Менделеева	102
Эрнст Аббе и «Карл Цейс Йена»	108
Первый лауреат Нобелевской премии по физике	116
Один Герц	120
Макс Планк – основатель квантовой физики	124
Изобретатели радио	128
У истоков открытия радиоактивности	134
Лебедевские крылышки	138
Опыты Резерфорда	144
Эйнштейн и теория относительности	149
Деление урана: от Клапрота до Гана	157
Принцип дополнительности Бора	163
Волновая механика Шрёдингера	166

Открытие голографии	171
Энрико Ферми и первый ядерный реактор	174
Не деньги	177
Университеты Австрии	181
Университеты Италии	187
Московский университет	193
Университеты Польши	196
Карлов университет	200
Университеты Германии	204
Приложение	208

Александр Николаевич Васильев

История науки в коллекции монет

Библиотечка «Квант». Выпуск 104

Приложение к журналу «Квант» №6/2007

Редактор *В.А.Тихомирова*

Обложка *А.Е.Пацхверия*

Макет и компьютерная верстка *Е.В.Морозова*

Компьютерная группа *Е.А.Митченко, Л.В.Калиничева*

ИБ № 89

Формат 84×108 1/32. Бум. офсетная. Гарнитура кудряшевская

Печать офсетная. Объем 7 печ.л. Тираж 3000 экз.

Заказ № 1657.

119296 Москва, Ленинский пр., 64-А, «Квант»

Тел.: (495)930-56-48, e-mail: admin@kvant.info

Отпечатано в ОАО Ордена Трудового Красного Знамени

«Чеховский полиграфический комбинат»

142300 г.Чехов Московской области

Сайт: www.chpk.ru

E-mail: marketing@chpk.ru

Факс: 8(49672)6-25-36, факс: 8(499)270-73-00

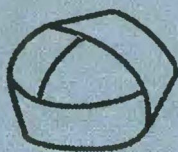
Отдел продаж услуг многоканальный: 8(499) 270-73-59

**ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ книги
СЕРИИ «БИБЛИОТЕЧКА «КВАНТ»**

1. *М.П.Бронштейн*. Атомы и электроны
2. *М.Фарадей*. История свечи
3. *О.Оре*. Приглашение в теорию чисел
4. *Опыты в домашней лаборатории*
5. *И.Ш.Слободецкий, Л.Г.Асламазов*. Задачи по физике
6. *Л.П.Мочалов*. Головоломки
7. *П.С.Александров*. Введение в теорию групп
8. *В.Г.Штейнгауз*. Математический калейдоскоп
9. *Замечательные ученые*
10. *В.М.Глушков, В.Я.Валах*. Что такое ОГАС?
11. *Г.И.Копылов*. Всего лишь кинематика
12. *Я.А.Сморodinский*. Температура
13. *А.Е.Карпов, Е.Я.Гик*. Шахматный калейдоскоп
14. *С.Г.Гиндикин*. Рассказы о физиках и математиках
15. *А.А.Боровой*. Как регистрируют частицы
16. *М.И.Каганов, В.М.Цукерник*. Природа магнетизма
17. *И.Ф.Шарыгин*. Задачи по геометрии: планиметрия
18. *Л.В.Тарасов, А.Н.Тарасова*. Беседы о преломлении света
19. *А.Л.Эфрос*. Физика и геометрия беспорядка
20. *С.А.Пикин, Л.М.Блинов*. Жидкие кристаллы
21. *В.Г.Болтянский, В.А.Ефремович*. Наглядная топология
22. *М.И.Башмаков, Б.М.Беккер, В.М.Гольховой*. Задачи по математике: алгебра и анализ
23. *А.Н.Колмогоров, И.Г.Журбенко, А.В.Прохоров*. Введение в теорию вероятностей
24. *Е.Я.Гик*. Шахматы и математика
25. *М.Д.Франк-Каменецкий*. Самая главная молекула
26. *В.С.Эдельман*. Вблизи абсолютного нуля
27. *С.Р.Филонович*. Самая большая скорость
28. *Б.С.Бокштейн*. Атомы блуждают по кристаллу
29. *А.В.Бялко*. Наша планета – Земля
30. *М.Н.Аршинов, Л.Е.Садовский*. Коды и математика
31. *И.Ф.Шарыгин*. Задачи по геометрии: стереометрия
32. *В.А.Займовский, Т.Л.Колупаева*. Необычные свойства обычных металлов
33. *М.Е.Левинштейн, Г.С.Симин*. Знакомство с полупроводниками
34. *В.Н.Дубровский, Я.А.Сморodinский, Е.Л.Сурков*. Релятивистский мир
35. *А.А.Михайлов*. Земля и ее вращение
36. *А.П.Пурмаль, Е.М.Слободецкая, С.О.Травин*. Как превращаются вещества

37. *Г.С.Воронов*. Штурм термоядерной крепости
38. *А.Д.Чернин*. Звезды и физика
39. *В.Б.Брагинский, А.Г.Полнарев*. Удивительная гравитация
40. *С.С.Хилькевич*. Физика вокруг нас
41. *Г.А.Звенигородский*. Первые уроки программирования
42. *Л.В.Тарасов*. Лазеры: действительность и надежды
43. *О.Ф.Кабардин, В.А.Орлов*. Международные физические олимпиады школьников
44. *Л.Е.Садовский, А.Л.Садовский*. Математика и спорт
45. *Л.Б.Окунь*. $\alpha, \beta, \gamma \dots Z$: элементарное введение в физику элементарных частиц
46. *Я.Е.Гегузин*. Пузыри
47. *Л.С.Марочник*. Свидание с кометой
48. *А.Т.Филиппов*. Многоликий солитон
49. *К.Ю.Богданов*. Физик в гостях у биолога
50. Занимательно о физике и математике
51. *Х.Рацлис*. Физика в ванне
52. *В.М.Липунов*. В мире двойных звезд
53. *И.К.Кикоин*. Рассказы о физике и физиках
54. *Л.С.Понтрягин*. Обобщения чисел
55. *И.Д.Данилов*. Секреты программируемого микрокалькулятора
56. *В.М.Тихомиров*. Рассказы о максимумах и минимумах
57. *А.А.Силин*. Трение и мы
58. *Л.А.Ашкинази*. Вакуум для науки и техники
59. *А.Д.Чернин*. Физика времени
60. Задачи московских физических олимпиад
61. *М.Б.Балк, В.Г.Болтянский*. Геометрия масс
62. *Р.Фейнман*. Характер физических законов
63. *Л.Г.Асламазов, А.А.Варламов*. Удивительная физика
64. *А.Н.Колмогоров*. Математика – наука и профессия
65. *М.Е.Левинштейн, Г.С.Симин*. Барьеры: от кристалла до интегральной схемы
66. *Р.Фейнман*. КЭД – странная теория света и вещества
67. *Я.Б.Зельдович, М.Ю.Хлопов*. Драма идей в познании природы
68. *И.Д.Новиков*. Как взорвалась Вселенная
69. *М.Б.Беркинблит, Е.Г.Глаголева*. Электричество в живых организмах
70. *А.Л.Стасенко*. Физика полета
71. *А.С.Штейнберг*. Репортаж из мира сплавов
72. *В.Р.Полищук*. Как исследуют вещества
73. *Л.Кэрролл*. Логическая игра
74. *А.Ю.Гросберг, А.Р.Хохлов*. Физика в мире полимеров
75. *А.Б.Мигдал*. Квантовая физика для больших и маленьких
76. *В.С.Гетман*. Внуки Солнца
77. *Г.А.Гальперин, А.Н.Земляков*. Математические бильярды

78. *В.Е.Белонучкин*. Кеплер, Ньютон и все-все-все...
79. *С.Р.Филонович*. Судьба классического закона
80. *М.П.Бронштейн*. Солнечное вещество
81. *А.И.Буздин, А.Р.Зильберман, С.С.Кротов*. Раз задача, два задача...
82. *Я.И.Перельман*. Знаете ли вы физику?
83. *Р.Хонсбергер*. Математические изюминки
84. *Ю.Р.Носов*. Дебют оптоэлектроники
85. *Г.Гамов*. Приключения мистера Томпкинса
86. *И.Ш.Слободецкий, Л.Г.Асламазов*. Задачи по физике (2-е изд.)
87. Физика и...
88. *А.В.Спивак*. Математический праздник
89. *Л.Г.Асламазов, И.Ш.Слободецкий*. Задачи и не только по физике
90. *П.Гнэдиг, Д.Хоньек, К.Райли*. Двести интригующих физических задач
91. *А.Л.Стасенко*. Физические основы полета
92. Задачник «Кванта». Математика. Часть 1. Под редакцией Н.Б.Васильева
93. Математические турниры имени А.П.Савина
94. *В.И.Белотелов, А.К.Звездин*. Фотонные кристаллы и другие метаматериалы
95. Задачник «Кванта». Математика. Часть 2. Под редакцией Н.Б.Васильева
96. Олимпиады «Интеллектуальный марафон». Физика
97. *А.А.Егоров, Ж.М.Раббот*. Олимпиады «Интеллектуальный марафон». Математика
98. *К.Ю.Богданов*. Прогулки с физикой
99. *П.В.Блиох*. Радиоволны на земле и в космосе
100. *Н.Б.Васильев, А.П.Савин, А.А.Егоров*. Избранные олимпиадные задачи. Математика
101. У истоков моей судьбы...
102. *А.В.Спивак*. Арифметика
103. *Я.А.Сморodinский*. Температура



Библиотечка КВАНТ



ВЫПУСК

104

104

БОЖИМОТЕ ЧУКО КВАХИТ