

Д. М. МОРДАСОВ

ИСТОРИЯ НАУК О МАТЕРИАЛАХ



**Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2020**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»

Д. М. МОРДАСОВ

ИСТОРИЯ НАУК О МАТЕРИАЛАХ

Допущено Федеральным Учебно-методическим объединением
по укрупнённой группе специальностей и направлений
22.00.00 «Технологии материалов» в качестве учебного пособия
при подготовке бакалавров, обучающихся по направлению
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2020

УДК 001
ББК Ч23я73
М79

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика»
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
О. С. Дмитриев

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Металлургические технологии и оборудование»
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
технический университет им. Р. Е. Алексеева»
И. О. Леушин

Мордасов, Д. М.
М79 История наук о материалах : учебное пособие / Д. М. Мордасов. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – 128 с. – 300 экз.
ISBN 978-5-8265-2177-9

Приведена классификация основных типов материалов и технологий. Рассмотрены этапы исторического развития наук о материалах и эволюция взглядов на строение материи с древнейших времён и до наших дней.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов». Изложенный в пособии материал может быть полезен для студентов других направлений, связанных с разработкой и исследованием новых материалов и технологий.

УДК 001
ББК Ч23я73

ISBN 978-5-8265-2177-9 © Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2020

ВВЕДЕНИЕ

Если представить себе все направления специалистов, выпускаемых высшими учебными заведениями в виде пирамиды, площади сечений которой будут пропорциональны потребности в этих специалистах, то в самом верху будут находиться космонавты и телеведущие. Основание же пирамиды, безусловно, займут технологи, которые производят большую долю материальных ценностей: организаторы производства, конструкторы технологической оснастки, станочники, инструментальщики, кузнецы, литейщики, сварщики, слесари.

Под техникой мы понимаем систематическое применение различных отраслей знания к решению практических задач. Используется либо совокупность результатов нескольких наук, либо практический опыт. Мир техники – различные машины, приборы, электронные устройства – окружает нас в прямом и в переносном смысле с самого раннего детства до глубокой старости. Недаром один из известных американских писателей Митчел Уилсон, физик по образованию, писал, что, по его мнению, современный человек должен знать технику так же хорошо, как сто – двести лет тому назад люди знали сельское хозяйство. Но техника меняется так быстро; одна модель машины сменяется другой, более совершенной, появляются новые, ни на что не похожие устройства, облегчающие жизнь. Такое многообразие невозможно изучить. К тому же, и сама техника, и книги о ней так быстро стареют. Но, может быть, эта изменчивость и является самой важной характеристикой технических объектов. Люди стремятся создавать новое для того, чтобы жить лучше. А известно, что иногда новое – хорошо забытое старое. Поэтому познать творческий процесс несравненно важнее, чем узнать устройство и принцип действия возможно большего числа машин. Итак, надо знать историю техники. Если мы будем знать, как создавались новые орудия труда и новые машины, то сможем использо-

вать эти знания в настоящем и будущем для обучения методам творчества.

Великий русский учёный-естествоиспытатель Владимир Иванович Вернадский говорил: «Настоящее есть проявление прошлого, как бы далеко оно от нас ни отстояло. При крутом переломе понятий и пониманий происходящего, при массовом создании новых представлений и искажений, неизбежно стремление связать их с прошлым. Часто это историческое изучение является единственной возможностью их быстрого проникновения в научную мысль и единственной формой критической оценки, позволяющей отличить ценное и постоянное в огромном материале...».

История развития материалов диалектически связана с историей развития общества. Стремление совершенствовать материалы во все исторические эпохи было вызвано желанием людей улучшить свою жизнь. Наименование исторических этапов по названиям «сделавших эпоху» материалов (каменный, медный, бронзовый, железный века) подчёркивает их значение в развитии человечества.

1. МАТЕРИЯ, ВЕЩЕСТВО, МАТЕРИАЛ, ИЗДЕЛИЕ

Согласно современным представлениям, *материя* рассматривается как объективно существующая реальность, характеризующаяся массой и энергией. В зависимости от того, какая составляющая в характеристике материи преобладает, она существует в двух основных формах: поле и вещество. Масса и энергия определяют пространство, занимаемое конкретным видом материи, и время его жизни в зависимости от окружающих условий. *Поле* – это форма существования материи, которая характеризуется, прежде всего, энергией, а не массой, хотя и обладает последней. Важнейшим свойством поля является континуальность, т.е. его непрерывность в пространстве. *Вещество* характеризуется, прежде всего, собственной массой (покоя), а следовательно, дискретностью (прерывностью в пространстве). Поэтому вещество существует в виде индивидуальных частиц [1].

Таким образом, *вещество* – это форма организации материи, характеризующаяся элементарным составом, пространственным взаиморасположением структурных единиц (атомов, молекул) и набором связей между ними.

Вещества бывают простыми и сложными. Простые вещества могут быть одноатомными (He, Ne, Ar и др.), либо состоять из нескольких атомов одного вида (H₂, Cl₂, N₂, O₂, O₃, I₂ и др.). Сложное вещество состоит из атомов разных видов (H₂O, HCl, H₂SO₄, FeCl₃, Fe₃C, NiTi и др.).

Атомом называется мельчайшая частица, получающаяся в результате предельного разложения вещества. Совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра (порядковым номером в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева) представляет собой химический элемент.

Химический элемент – это определённый вид атомов, которые могут образовывать простые и сложные вещества. Например, химический элемент Na составляет простое вещество – натрий (Na), входит в состав солей (NaCl), а также может находиться в растворах в виде ионов.

Распространённость химических элементов в природе различна (рис. 1). Одной из актуальных задач современного материаловедения является создание материалов из наиболее распространённых элементов, содержащихся в земной коре (Si, Al, Fe, Ti), а также разработка новых подходов и путей применения в составе материалов элементов, содержащихся в земной коре в малых количествах (10⁻⁹...10⁻²%).

Все вещества могут находиться в четырёх агрегатных состояниях: плазма, газ, жидкое и твёрдое (рис. 2).

Агрегатные состояния вещества – это состояния одного и того же вещества (например, воды, железа, серы), переходы между которыми сопровождаются скачкообразными изменениями свободной энергии,

энтропии, плотности и других основных физических свойств. Так, вода может существовать в твёрдом (лед), жидком (вода) и газообразном (пар) агрегатном состоянии.

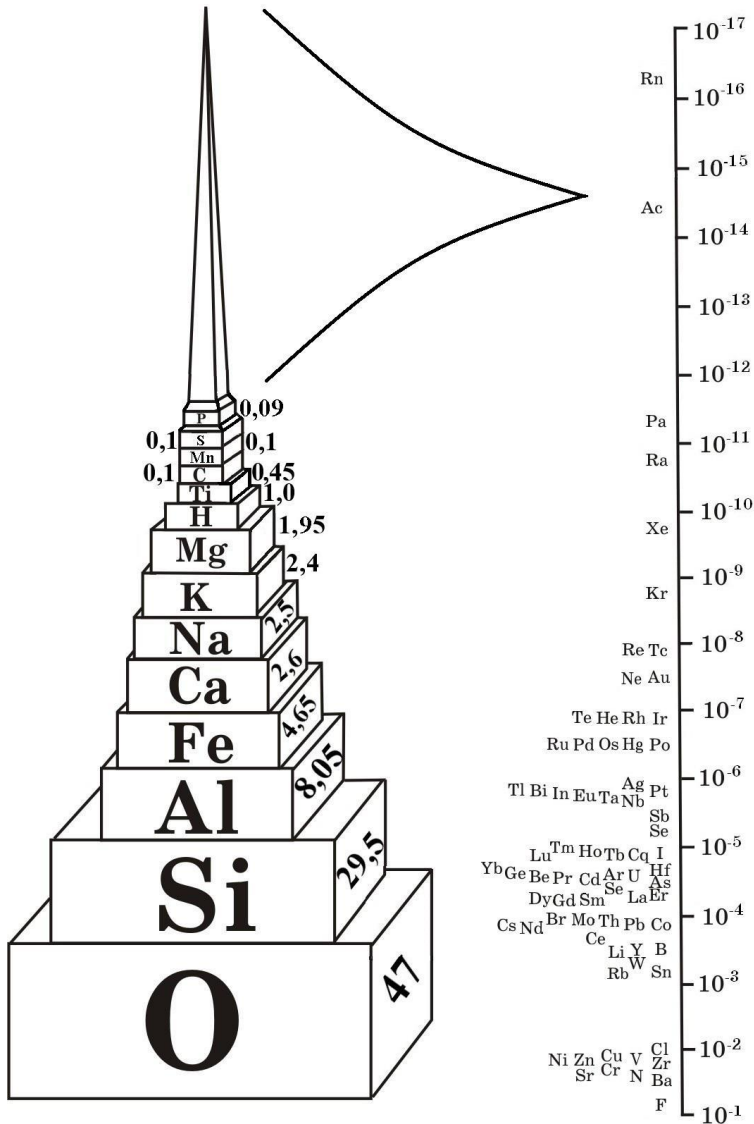


Рис. 1. Содержание элементов в земной коре, масс. % [2]

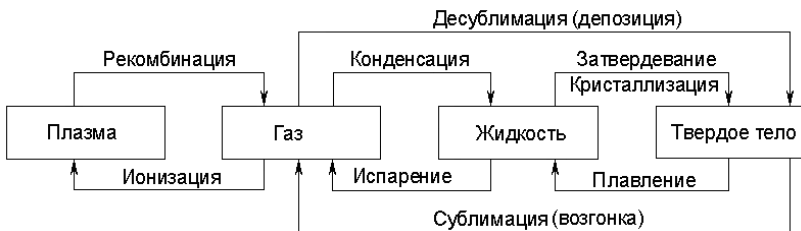


Рис. 2. Агрегатные состояния веществ и фазовые переходы

Плазму (ионизированный газ) выделяют в особое агрегатное состояние вещества в связи с тем, что заряженные частицы плазмы, в отличие от нейтральных молекул обычного газа, взаимодействуют друг с другом на больших расстояниях. В плазме атомы вещества ионизированы, т.е. от каждого атома отделён, минимум, один электрон.

В газообразном состоянии атомы практически не связаны друг с другом и хаотически перемещаются в пространстве.

В жидком состоянии атомы слабо связаны друг с другом, существует ближний порядок, вещество занимает форму сосуда, части легко отделимы друг от друга.

В твёрдом состоянии атомы взаимодействуют друг с другом по определённому закону и образуют кристаллическую решётку того или иного вида.

В современной физике вместо понятия агрегатного состояния вещества пользуются более широким понятием фазы.

Физическое явление, состоящее в переходе вещества из одной фазы в другую при изменении внешних условий – температуры, давления, магнитного и электрического полей и т.п., называется фазовым переходом.

Значение температуры, давления или какой-либо другой физической величины, при котором происходит фазовый переход, называют точкой перехода.

Если представить себе «карту» состояний вещества в координатах «температура–давление» (рис. 3), то чем дальше мы будем удаляться от точки (20 °С; 1 атм), тем беднее наши знания в этой области.

В области давлений порядка 10^7 атм, как предполагают учёные, образуется плазма особого типа (все электроны отделены от ядер и переходят в электронный газ). Из такой «вырожденной» плазмы, по-видимому, состоят так называемые белые карлики – звезды, имеющие массу, примерно равную массе Солнца, но много меньшие размеры (так как объём ядер много меньше объёма атомов). Масса 1 м^3 вещества такой звезды составляет гигатонны.

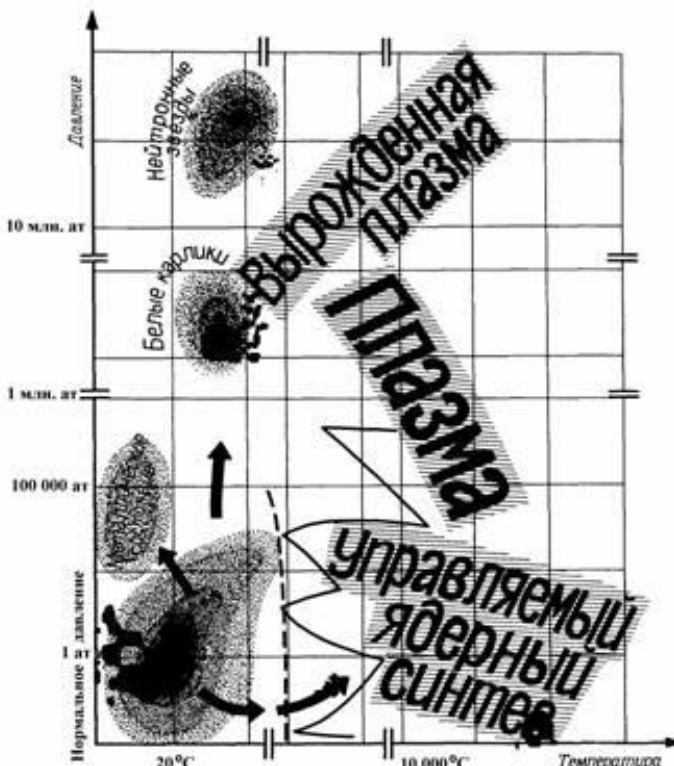


Рис. 3. Карта состояний вещества

При достаточно больших давлениях и низких температурах все вещества превращаются в металлы, так как при таких условиях внешние электроны отрываются от атомов, образуя электронный газ.

«Карта» состояний вещества показывает, что те свойства веществ, которые на первый взгляд кажутся очевидными, на самом деле, присущи только привычному нам миру низких давлений и невысоких температур – маленькому островку, лежащему в левом нижнем углу «карты» огромного, неведомого мира.

Исторически сложились два подхода к трактовке свойств и явлений, происходящих в твёрдых веществах, в частности в металлах:

- макроскопический или феноменологический;
- микроскопический или атомистический.

В макроскопическом подходе характерна трактовка твёрдого тела как сплошной среды без детализации его внутреннего строения.

Подобный подход взят на вооружение, например, наукой «Сопротивление материалов».

В микроскопическом подходе описание и объяснение свойств твёрдых тел основано на законах взаимодействия составляющих его частиц, т.е. на атомном уровне. В этом подходе реализуется цепочка: «состав–структура–свойство». Микроскопический подход на сегодня является единственным строго научным подходом к интерпретации наблюдаемых свойств и явлений в твёрдых телах.

Наука, изучающая связь между составом, строением и свойствами материалов, а также их изменение при различных внешних воздействиях, носит название «Материаловедение».

Основная практическая задача материаловедения – поиск оптимального состава и способа обработки материалов для придания им заданных свойств.

Объектом изучения в материаловедении является материал. **Материал** – это вид вещества или совокупность нескольких его типов (фаз) в виде одной материальной системы (материального тела), предназначенная для получения продукции в виде сырья, изделия или конструкции [1].

Сырьё – вещество или материал, предназначенные для дальнейшей переработки и использования в соответствующем изделии или конструкции.

Изделие – материальный продукт или предмет человеческой деятельности (вещь или товар) с конкретной функциональной направленностью и областью использования.

Конструкция – состав и взаимное расположение частей – «элементов» (изделий) какого-либо построения, сооружения, механизма и машины или устройства, а также само такое построение, сооружение, механизм и машина или устройство.

Жидкие или газообразные материалы представляют собой вещества (жидкости или газы) или их смеси и, дополнительно содержат в своём составе микропримеси. Например, водопроводная вода представляет собой химическое вещество – воду (H_2O), а также растворённые в ней соли кальция и магния, нитраты, сероводород, вещества, появившиеся после обработки реагентами, попавшие со сточными водами и(или) в результате взаимодействия с трубопроводной системой.

Твёрдофазный материал представляет собой какое-либо твёрдое вещество, атомная структура которого имеет дальний и(или) ближний порядок, а также различные виды дефектов, определённый вид контакта между частицами материала и их распределение по размерам. Например, твёрдые сплавы, основными компонентами которых являются вещества – карбиды вольфрама, титана или тантала и мягкий ко-

бальт, имеющий более низкую температуру плавления, чем карбиды. Твёрдые сплавы получают при помощи технологий порошковой металлургии.

В полученном материале карбиды обеспечивают повышенную твёрдость сплава, а кобальт выполняет роль матрицы и отвечает за прочностные свойства при деформациях.

2. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ МАТЕРИАЛОВ

Все материалы могут быть разделены на *металлы и неметаллы*.

Основную часть всех материалов составляют металлы (96 из известных 118 химических элементов таблицы Д. И. Менделеева).

Каждый металл обладает своими особенностями. Некоторые металлы по ряду свойств сходны между собой, и их можно объединить в группы. Например, благородные металлы: золото, серебро, платина.

При сравнении различных металлов видно, что наряду с общими свойствами и поведением они имеют и явные различия. Например, металлы сильно различаются по температуре плавления. Галлий плавится, если его держать в руках ($t_{пл} = 29,5 \text{ } ^\circ\text{C}$), а чтобы расплавить вольфрам, его нужно нагреть до $3450 \text{ } ^\circ\text{C}$.

По определению металлы являются хорошими проводниками электричества, однако электропроводность серебра в шесть раз больше электропроводности железа и в миллион раз больше, чем у германия.

Другой пример – механическое свойство упругости. В определённых границах изменения формы и размеров, вызванные нагрузкой, при снятии её исчезают. Однако у железа модуль упругости в 13 раз больше, чем у свинца, и в сто раз больше, чем у цезия.

Если к металлам относить лишь химические элементы, то тогда сталь, бронза, латунь и другие сплавы не должны быть металлами. Конечно же, это не так. Большинство металлов применяется в виде сплавов, и это ещё одно из их свойств – способность образовывать сплавы.

Тем не менее, нельзя провести чёткую границу между металлами и неметаллами. Например, олово, помимо металлической (белое олово), имеет неметаллическую модификацию (серое олово). Перестройка кристаллической решётки переходит в зависимости от температуры и начинается при температуре ниже $+13,2 \text{ } ^\circ\text{C}$, а при $-33 \text{ } ^\circ\text{C}$ олово трескается и превращается в порошок. Это полиморфное превращение олова, называемое «оловянной чумой», было открыто в 1899 г. нидерландским физикохимиком Эрнстом Кохеном.

«Оловянная чума» – одна из причин гибели Британской антарктической экспедиции, возглавляемой Робертом Скоттом. Экспедиция достигла в 1912 г. Южного полюса, однако не смогла вернуться обрат-

но, оставшись без горючего из-за того, что оно просочилось через запаянные оловом баки, поражённые «оловянной чумой».

«Оловянная чума» погубила многие ценнейшие коллекции оловянных солдатиков. Например, в запасниках петербургского музея Александра Суворова превратились в труху десятки фигурок – в подвале, где они хранились, лопнули зимой батареи отопления.

Некоторые металлы, располагающиеся в таблице вблизи границы между металлами и неметаллами, например, мышьяк, сурьма, кремний, германий, называют иногда полуметаллами или металлами 2-го рода.

Такие сходства и различия в свойствах могут быть объяснены с позиций химической связи атомов вещества.

В 1900 году немецкий физик Пауль Друде разработал модель металлического состояния, которая позволила наглядно объяснить оптические и электрические свойства металлов. В основе этой модели лежит понятие металлической связи.

В металлах валентные электроны удерживаются атомами крайне слабо и способны мигрировать. Атомы, оставшиеся без внешних электронов – ионы, приобретают положительный заряд. Они образуют металлическую кристаллическую решётку.

Совокупность свободных электронов (электронный газ), заряженных отрицательно, находятся в равновесии с ионами металла и удерживают их (ионы металла) в определённых точках пространства – узлах кристаллической решётки.

Лайнус Паулинг [3], нобелевский лауреат по химии «За исследование природы химической связи и её применение к объяснению строения сложных молекул», в своей книге «Природа химической связи» установил, что химическая связь атомов вещества носит, как правило, смешанный характер и определяется тремя составляющими – ковалентность, металличность и ионность. В зависимости от преобладания той или иной составляющей, вещество будет обладать соответствующими свойствами, присущими либо металлам, либо неметаллам.

На рисунке 4 приведена классификация металлов и сплавов. Основным классифицирующим признаком является их цвет:

- тёмно-серый цвет – чёрные металлы и сплавы;
- красный, жёлтый, белый цвет – цветные металлы и сплавы.

Железо – тугоплавкий металл, температура его плавления 1539 °С, плотность – 7874 кг/м³.

Первыми в истории человеческой цивилизации способами производства железа были технологии выплавки в «волчьих ямах» и в тиглях, помещенных в специальные горны (подобные горнам, применявшимся для изготовления керамических изделий). Однако температура протекания этих процессов не превышала 900 °С.

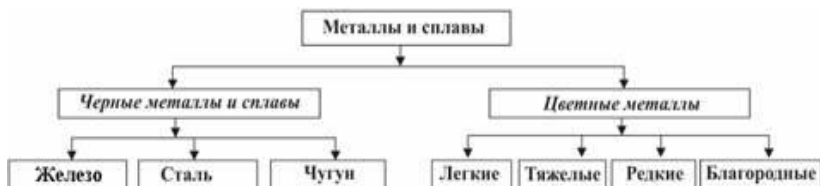


Рис. 4. Классификация металлов и сплавов

Примитивная «волчья яма» относительно быстро уступила место «сыродутному» горну, который послужил основой широкого распространения металлургии железа.

Тигельный процесс выплавки железа из руд получил дальнейшее развитие, прежде всего, в странах азиатского континента, поскольку позволял, хотя и в небольших количествах, получать сталь высочайшего (даже по современным стандартам) качества.

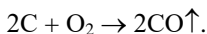
В некоторых регионах Азии тигельный способ производства железа из руд просуществовал до конца XIX в., а в кустарном металлургическом производстве применяется до сих пор. Расцвет производства тигельной стали высочайшего качества – так называемых, вуца (вутца), дамаска или булата, приходится на V – XIII в.

Современные технологии предусматривают двухстадийный процесс получения железа:

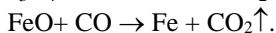
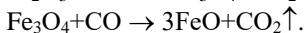
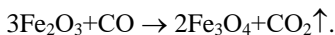
- получение чугуна в доменной печи;
- переработка чугуна в сталь требуемого химического состава в мартеновской печи.

В доменной печи углерод в виде кокса, железная руда в виде агломерата или окатышей и флюс (например, известняк или доломит) подаются сверху, а снизу их встречает поток нагнетаемого горячего воздуха.

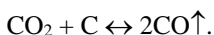
При высокой температуре (~2000 °C) и горении в недостатке кислорода углерод окисляется до монооксида углерода:



В свою очередь, монооксид углерода (угарный газ) восстанавливает железо из руды:



При взаимодействии выделяющегося диоксида углерода (углекислого газа) с раскалённым углем протекает реакция

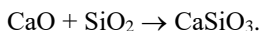


Флюс добавляется для очистки расплава от примесей (в первую очередь, от диоксида кремния). Типичный флюс содержит карбонат кальция (известняк) или карбонат кальция и магния (доломит). Для устранения других примесей используют другие флюсы.

При использовании в качестве флюса известняка он разлагается при нагревании до оксида кальция:



Оксид кальция соединяется с диоксидом кремния, образуя шлак – силикат кальция:



Силикат кальция, в отличие от диоксида кремния, имеет температуру плавления ниже температуры плавления железа. В жидком виде более лёгкий, чем железо, шлак поднимается на поверхность расплава, что позволяет отделить его от металла. Затвердевший шлак может использоваться в строительстве и сельском хозяйстве.

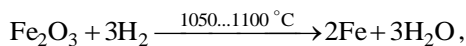
Расплав железа, полученный в доменной печи, содержит много углерода (чугун).

Чугун – сплав железа с углеродом (и другими элементами), в котором содержание углерода превышает 2,14%. Чугун используется непосредственно в качестве конструкционного материала, но в большинстве случаев он требует дальнейшей переработки в сталь.

Сталь – сплав железа с углеродом, содержащий не менее 45% железа, легирующие добавки, примеси, и в котором содержание углерода находится в диапазоне от 0,02 до 2,14%. В качестве легирующих добавок применяют никель, хром, молибден, медь, марганец, кремний, ванадий и др.

Излишки углерода и другие примеси (сера, фосфор) удаляют из чугуна переплавкой в мартеновских печах или в конвертерах. Электрические печи используются для выплавки легированных сталей.

Кроме доменного процесса, распространён процесс прямого получения железа, в котором измельчённую руду смешивают с особой глиной, формируя окатыши. Окатыши обжигают и обрабатывают в шахтной печи водородом, который восстанавливает железо:



при этом не происходит загрязнения железа такими примесями как сера и фосфор, которые являются обычными примесями в каменном угле. Железо получается в твёрдом виде, и в дальнейшем переплавляется в электрических печах.

Лёгкими металлами принято считать все металлы и сплавы, плотность которых не превышает 4500 кг/м^3 .

К лёгким металлам относят щелочные, щелочноземельные и редкоземельные металлы. Из них широкое применение в качестве конструкционных материалов находят алюминий (2700 кг/м^3) и магний (1740 кг/м^3).

В последнее время всё большее внимание привлекает бериллий (1840 кг/м^3). Его сплавы отличаются высокой прочностью и другими важными техническими свойствами. Эти сплавы имеют относительно высокую стоимость, поэтому применяются только для специальных целей.

Титан имеет плотность 4500 кг/м^3 и является самым тяжёлым из лёгких металлов.

Для технических конструкций из всех лёгких металлов пригодны только алюминий, магний, бериллий и титан, а также сплавы на их основе. Литий (автомобиль из лития мог бы поднять один человек), натрий и калий быстро вступают во взаимодействие с кислородом, реакция протекает очень бурно, а соприкасаясь с водой, создают настоящий фейерверк: дым, огонь, шипение.

Известно, что прочность углеродистой стали можно увеличить при помощи закалки. Естественно было попытаться сделать нечто подобное с алюминием. За эту задачу взялся в 1906 г. берлинский металлург Альфред Вильм. Он исследовал алюминиевый сплав (Al–Cu–Mg–Mn), который сейчас известен как **дуралюмин** (дюраль (*Dural*®)).

Вильм нагревал сплавы и затем закалывал их в воде, но прочность не увеличивалась. Однажды он поручил своему лаборанту такую закалку, но была суббота, и лаборант решил отложить измерения до следующей недели. Прележав двое суток при комнатной температуре, образцы приобрели необычно высокую прочность. Вильм сделал вывод, что дюраль с течением времени после закалки упрочняется. Такой процесс назвали старением.

Открытие Вильма привело к широкому использованию дюрала в самолётостроении.

Лёгкий металл **магний** можно назвать «младшим братом» алюминия. По распространённости в земной коре он занимает среди технически применяемых металлов третье место после алюминия и железа.

Чистый магний не используют в качестве конструкционного материала, потому что его прочностные свойства невысоки.

Магний образует сплавы со многими металлами. Две важнейшие группы из них:

- магний–алюминий–цинк;
- магний–церий с малыми добавками тория или циркония.

Магний – горючий металл. Он воспламеняется при температуре 550...600 °С и быстро сгорает ослепительно ярким пламенем. В 1864 году в Англии начали использовать горение магниевой проволоки диаметром 1 мм для освещения в фотосъёмке. Экспозиция длилась около минуты. Такая «фотовспышка» была популярна до конца XIX в. Позже для этой цели начали использовать магниевую фольгу, помещённую в стеклянную колбу, подобную лампе накаливания. Магниевыми вспышками фотографы пользовались до 30-х годов XX в.

Магний и его сплавы широко применялись в зажигательных бомбах. Затем появилось новое средство массового уничтожения – напалмовые бомбы с оболочкой из магниевых сплавов.

Применение **титана** постоянно расширяется.

Титан является тугоплавким металлом (температура плавления 1670 °С). По своей коррозионной стойкости титан превосходит даже высоколегированные стали. Почти 90% выплавляемого в мире титана потребляют авиация, космическая и ракетная техника. В современных самолётах наиболее ответственные, сильно нагруженные детали делают из титановых сплавов.

Разработаны особые титановые сплавы. Всемирную известность получил протез тазобедренного сустава человека из сплава титана с кобальтом.

Из **тяжелых цветных металлов** в технике чаще всего используют медь, свинец, цинк, олово и никель.

Сплавы меди с цинком носят название «латунь».

Бронзы – это собирательное название большой группы медных сплавов. Простейшие из них – оловянистые бронзы, известные ещё с бронзового века.

Алюминиевые бронзы, содержащие около 8% алюминия, отличаются стойкостью к коррозии и окислению, сохраняют высокую прочность при повышенных температурах.

Сплав меди с 20% никеля и 15% цинка получил название «нейзильбер» (нем. «новое серебро»). По виду он действительно очень похож на серебро. Этот сплав применяется для изготовления не только столовых приборов и посуды, но и пружин, мембран и других деталей в приборостроении.

Другой важнейший тяжёлый металл, применяемый в чистом виде, – **свинец**. Крупным потребителем свинца является кабельная промышленность. Бесшовная свинцовая оболочка прекрасно защищает кабель, проложенный под землей или по морскому дну. Из свинца изготавливают аппараты, резервуары и трубопроводы для серной кислоты.

В античные времена и в период раннего средневековья были известны круглые свинцовые стерженьки, которыми, как и современными графитовыми, можно было чертить линии. Предшественники современных карандашей появились в XII в., они назывались серебряными, но состояли из смеси олова и свинца.

Следующий тяжёлый металл – **цинк**. Он служит главным образом для защиты от коррозии стальных изделий.

Олово – древний металл, который по сей день сохраняет большое значение. В бронзовом веке олово вместе с медью служило важнейшим металлическим материалом. Оловянной посудой пользовались повсюду в средневековье и даже в настоящее время.

В средние века саксонские горняки пытались получить медь из красно-бурого гравия, считая его медной рудой. Но все попытки были тщетны. Тогда они решили, что их дурачит злой горный дух по имени Никель, и присвоили этому минералу название «купферникель» (злой дух меди). В память об этой истории шведский химик Кронштедт назвал **никелем** металл, открытый им в 1751 г.

Никель – вязкий металл с сильным блеском.

В последнее время особенно возросло техническое значение никелевых сплавов. Нихромы – сплавы Ni–Cr и Ni–Cr–Fe, используют для нагревательных элементов.

Никель – один из самых распространённых материалов для антикоррозионных и декоративных покрытий.

Редкие металлы – условное название группы металлов (табл. 1), которые в настоящее время производятся и применяются в относительно малых количествах [4, 5]. Это металлы, относительно новые в технике и ещё малоиспользуемые и освоенные. Масштабы производства и области применения их ещё не стабилизировались и продолжают быстро развиваться. Термин появился в литературе в 20-е годы XX в. За рубежом редкие металлы называются «менее распространённые металлы» (Less Common Metals). Большинство таких металлов мало распространены, а часто и рассеяны в земной коре; их извлечение из сырья и получение в чистом виде связано с большими технологическими трудностями.

Редкие металлы находятся везде – от парящих мостов до наушников. Они – в диванах, объективах камер, компьютерах и машинах. Но они редко используются сами по себе или в качестве основных материалов. В сущности, редкие металлы подобны дрожжам в пицце. Они важны в малых количествах. Без дрожжей не будет пиццы, а без редких металлов не будет высокотехнологичного мира.

1. Классификация редких металлов

Группа периодической системы	Редкий металл	Группа металлов
I	Литий, рубидий, цезий	Лёгкие
II	бериллий	
IV	Титан, цирконий, гафний	Тугоплавкие
V	Ванадий, ниобий, тантал	
VI	Молибден, вольфрам	
III	Галлий, индий, таллий	Рассеянные
IV	Германий	
VI	Селен, теллур	
VII	Рений	
III	Скандий, иттрий, лантан и Лантаноиды	Редкоземельные
I	Франций	Радиоактивные
II	Радий	
VI	Актиний, торий, протактиний, уран, плутоний и другие трансурановые элементы	
VII	Полоний, технеций	

Благодаря этим элементам наши устройства становятся всё меньше и все мощнее. «Магической», т.е. реагирующей на прикосновения, стеклянную поверхность телефона делает крупца редкого металла индия, который осуществляет невидимую связь и служит прозрачным проводником между телефоном и вашим пальцем. Частицы тантала регулируют мощность в телефоне, а литий сохраняет энергию, которая делает телефон мобильным. Без редких металлов не обходится и производство компонентов iPhone: церий используется для полировки стекла на молекулярном уровне.

Современный мобильный телефон на 60% он состоит из металлов и керамики. Титан и бор нужны для антенны, титан и барий используются в передатчиках, в конденсаторах – тантал и стронций, в динамиках и микрофоне – самарий и кобальт, в соединительных разъёмах – бериллий, в усилителях мощности – галлий.

В смартфонах 4G используется в 6 – 10 раз больше галлия, чем всего несколько лет назад было в обычном сотовом телефоне. Использование материала в расчете на единицу продукции может быть небольшим, но оно суммируется в значительные объёмы. Так, аккумулятор одного мобильного телефона содержит всего 6 грамм кобальта, что кажется несущественным, но из него складывается потребление около 7500 т кобальта ежегодно для одних только смартфонов.

Сегодня оптоволокно лежит в основе Интернета, поскольку переносит информацию по всему миру буквально со скоростью света. Для успешной работы оптических волокон необходимо, чтобы свет всё время двигался вперёд; это сложная задача, потому что по мере распространения свет теряет свою интенсивность.

Изготовители покрывают оптические волокна тетрахлоридом германия толщиной в несколько микрометров для образования уплотнения вокруг сердцевины волокна. Этот редкий металл служит одновременно и смазкой, и изолятором; он помогает направлять свет вперёд и препятствует его рассеиванию. Германий составляет около 4% от общего веса оптического провода, но это, казалось бы, незначительное применение оказывает серьёзное влияние на небольшой рынок такого малого металла как Германий: около 40 из 130 т германия, производимого ежегодно, идёт на поддержание работы Интернета.

Масса металлической конструкции Эйфелевой башни в Париже, построенной в 1889 г., составляет 7300 т. Сегодня, благодаря ниобию, на возведение подобной конструкции понадобилось бы всего 2000 т стали. Высококачественная сталь, содержащая 100 граммов ниобия на тонну, имеет более высокий уровень прочности.

О роли редких металлов в развитии оборонно-промышленных комплексов стран, один из высокопоставленных военачальников американской армии сказал: «Сегодня важнейшие поля сражений находятся не там, где падают ракеты или стреляют ружья, – напротив, они базируются в материаловедческих лабораториях, где исследователи соревнуются между собой в разработке материалов, призванных вывести военную мощь своей страны на новый уровень боевой техники».

Благородные металлы своим названием обязаны своему «аристократическому характеру»: они гораздо реже, чем остальные металлы, вступают в химические реакции и образуют соединения. Поэтому они встречаются в природе почти исключительно в самородном, более-менее чистом виде.

Кроме тривиальных золота, серебра и платины, существуют ещё пять менее известных благородных металлов. Они носят название платиновых, потому что вместе с платиной входят в восьмую группу периодической системы: рутений, родий, палладий, осмий, иридий.

Самый дешёвый из благородных металлов – *серебро*. Это очень пластичный металл – грамм серебра можно вытянуть в проволоку длиной 2 км.

С момента знакомства людей с серебром, они пользуются им как мерой стоимости. В древней Руси деньгами служили бруски из серебра. Если товар стоил дешевле целого бруска, последний рубили на куски, отсюда и пошло название денежной единицы – «рубль».

Для технического применения некоторые свойства серебра имеют особое значение. Серебро используется для изготовления или покрытия электрических контактов. Серебро обладает бактерицидным действием – оно стерилизует воду, даже когда содержится в количестве миллиардных долей грамма на литр. Серебро широко применяют для покрытия трубопроводов, арматуры и резервуаров в молочной, пивоваренной и других отраслях пищевой промышленности.

Золото – самый известный и прославленный из благородных металлов. Особое положение золота обусловлено его ролью в мировой валютной системе и ювелирном деле.

Золото, более пластичный металл, чем серебро. Из одного грамма золота можно вытянуть проволоку длиной 3 км, а золотую фольгу удаётся сделать такой тонкой, что она становится почти прозрачной и выглядит голубой или зеленоватой. Это свойство золота в древности использовалось для золочения куполов церквей тончайшими листами (толщина менее 1 мкм), которые назывались сусальным золотом.

В электронике чистое золото используют для покрытий контактов, а контакты изготавливают из сплава золота с никелем или серебром.

Платина встречается реже золота и в наши дни ценится гораздо дороже его. Но было время, когда платина стоила дешевле серебра. Когда испанские завоеватели начали в больших количествах привозить платину из Южной Америки, ювелиры стали использовать новый металл для подделки золота. Чтобы положить конец этому мошенничеству, чиновники испанского казначейства просто утопили в море весь запас платины, которую им удалось конфисковать.

В электротехнике платина и её сплавы также ценятся, как материалы, обеспечивающие высокую надёжность и точность срабатывания различных переключающих устройств.

Платиноиридиевые сплавы приняты в качестве материала для международных эталонов массы и длины [11].

Платиновые металлы редко применяются в чистом виде.

Иридий превосходит платину по химической стойкости. Из него изготавливают тигли для специальных целей. Этот металл очень твёрд и с трудом поддаётся деформированию. Его плотность составляет 22 420 кг/м³. Самый тяжёлый металл – осмий (22 480 кг/м³), по твёрдо-

сти и прочности он подобен иридию. Существует сплав этих двух металлов «осмирид», из которого делали наконечники перьев ручек. Теперь для этих целей используют сплавы осмий–никель и осмий–вольфрам–кобальт.

Родий, как и палладий, служит преимущественно для легирования платиновых сплавов. Из родиевой ленты изготавливают электронагреватели с рабочей температурой 1800 °С.

Композиционный материал (композит) – искусственно созданный неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов с чёткой границей раздела между ними.

Компоненты можно разделить на матрицу и включённые в неё армирующие элементы. В композитах конструкционного назначения армирующие элементы обычно обеспечивают необходимые механические характеристики материала (прочность, жёсткость и т.д.), а матрица обеспечивает совместную работу армирующих элементов и защиту их от механических повреждений и агрессивной химической среды.

Для создания композиции могут использоваться металлические и неметаллические армирующие наполнители и матрицы, а также их сочетания. Примерами композитов являются гетинакс и текстолит – полимерные композиты из бумаги или ткани, склеенной терморезистивным клеем, стекло- и графитопласт – ткань или намотанное волокно из стекла или графита, пропитанные эпоксидными клеями, фанера и т.п. Есть материалы, в которых тонкое волокно из высокопрочных сплавов залито алюминиевой массой.

Порошковые конструкционные материалы, изготавливаемые методами порошковой металлургии, представляют собой металлические композиционные материалы.

Объём будущей детали, получаемой на токарном станке и даже на прессе, всегда оказывается меньше объёма необходимой заготовки. Разность этих объёмов оборачивается тоннами отходов, затратами труда, энергии, строительством цехов и созданием станков для получения многих тонн отходов.

Часто к конструкции деталей предъявляется требование, чтобы наружные слои имели прочность, в 2 раза большую, чем внутренние. Достаточно взглянуть на большую дисковую пилу (фрезу), чтобы убедиться в справедливости этого требования. Режущая часть пилы должна иметь прочность и твёрдость, значительно превышающие прочность и твёрдость ступицы, нужной в основном для закрепления фрезы на станке.

Химический состав металла во всём объёме заготовки, поставляемой металлургией, изменить невозможно, а хотелось бы иметь разли-

чия в химическом составе, допустим, по толщине (листа, втулки, сосуда, инструмента).

Быть может, именно детские куличики из песка подсказали П. Г. Соболевскому идею его статьи в «Горном журнале», положившей начало порошковой металлургии. Статья была посвящена очищению и обработке сырой платины. Соболевский предложил технологию переработки самородной платины путём растворения её в смеси соляной и азотной кислоты, осаждения хлорплатината аммония, прокаливания осадка для получения платинового порошка и последующие прессование и спекание. На монетном дворе по этой технологии в 1826 – 1844 гг. было изготовлено номиналов на сумму 4 млн. рублей.

Судя по археологическим находкам, порошки и изделия из них применяли ещё в Киевской Руси, но впоследствии малопроизводительная технология была забыта и возродилась в 1826 г. Технология порошковой металлургии состоит из ряда последовательных операций: получение порошка из металла, прессование и спекание (увеличение прочности). При производстве некоторых видов спечённых материалов широко применяют пропитку спечённого пористого каркаса менее тугоплавким компонентом. Так, вольфрам пропитывают медью или серебром, никель – серебром, вольфрамовое или углеродное волокно – медью или её сплавами.

Порошковые материалы объединяют в себя твёрдые сплавы, дисперсноупрочненные композиты, анти- и фрикционные материалы, порошковые стали, спечённые цветные металлы, пористые металлические материалы (для фильтрации).

Неметаллические материалы широко используются в машино- и приборостроении. На рисунке 5 представлена их классификация.

Неметаллические материалы разделяются на две основные группы: материалы неорганического происхождения и материалы органического происхождения. Некоторые неметаллические материалы представляют композиции из веществ неорганического и органического происхождения (например, стеклотекстолит, асбобинил и др.), поэтому не все материалы можно всегда строго разделить по этому признаку.

Различные неметаллические материалы используются как конструкционные для изготовления из них полностью деталей и изделий (причём в ряде случаев с успехом могут заменять как чёрные, так и цветные металлы), в сочетании с металлическими деталями (например, в автомобильных покрывках), или как средство защиты от коррозии.

Древесина различных пород (сосна, ель, кедр, пихта, береза, ольха, липа, дуб, бук, клён, самшит и др.) в машиностроении применяется в натуральном виде (после сушки) для изготовления модельных ком-

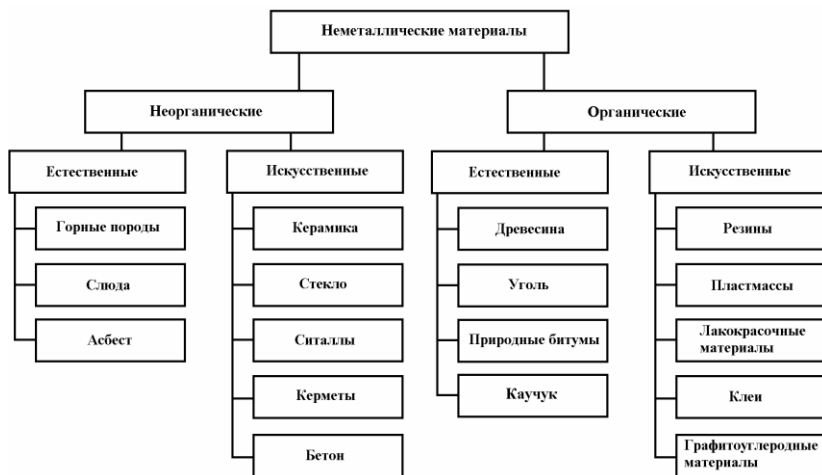


Рис. 5. Классификация неметаллических материалов

плектов в литейном производстве, кузовов автомобилей, многих деталей вагонов и судов, различных сельскохозяйственных, текстильных, химических и других машин, аппаратов и приборов.

Широкое использование древесины находит в связи с её дешёвой, достаточными для ряда деталей механическими, физическими и химическими свойствами. Древесина имеет сравнительно высокую твёрдость, прочность, упругость, малый объёмный вес, она устойчива к органическим кислотам, их солям, спиртам, многим растительным и минеральным маслам. Кроме того, древесина легко обрабатывается всеми видами режущих инструментов, хорошо изгибается, поддаётся отделке и достаточно прочно удерживает покрытия (лаки, краски).

К недостаткам древесины относится её анизотропность из-за волокнистого строения, гигроскопичность, резкое ухудшение свойств при температурах выше 120...130 °С.

Свойства древесины могут быть значительно улучшены путём её специальной обработки, в результате которой получают новые древесные материалы, обладающие улучшенными свойствами.

Лигностон – цельная пластифицированная древесина. Отличается значительным улучшением физико-механических свойств и стабильностью формы по сравнению с исходной древесиной. Лигностон изготовляют горячим прессованием чистой древесины или предварительно пропитанной. Лигностон используют для изготовления челноков в текстильной промышленности, некоторых видов подшипников (для замены более дорогостоящих бронзы и текстолита) и пр.

Шпон – тонкие деревянные листы, получаемые путём строгания, пиления или лущения (снятие непрерывной ленты толщиной 0,5...2 мм с вращающегося кряжа). Путём склеивания нескольких слоев лущёного шпона получают клеёную фанеру; при склеивании листы шпона (в количестве обычно от 3 до 9) накладывают друг на друга, располагая их волокна перпендикулярно.

Лигнофоль и дельта-древесину изготавливают прессованием березового шпона, пропитанного раствором феноло- или крезолоформальдегидной смолы. Эти материалы выпускаются в виде листов, плит, круглых болванок, подвергаемых обработке резанием, а также в виде цельнопрессованных изделий. Лигнофоль и дельта-древесина применяются в электромашиностроении как силовой и электроизоляционный материал, для вкладышей подшипников взамен цветных металлов, в самолётостроении и т.п.

Слово «*каучук*» происходит от индейских слов «кау» – дерево и «очу» – плакать, так как, надрезая кору дерева гевеи, индейцы Южной Америки заставляли его «плакать» и собирали вытекающий сок – латекс. При нагревании сока образовывался осадок. После его промывки и выдерживания над костром индейцы получали куски каучука и изготавливали из него обувь и посуду.

Европейцы познакомились с каучуком в XVI в., а в XVIII в. французы привезли большую партию этого материала в Европу. Тогда же французский инженер Франсуа Френо пропитал своё старое пальто соком каучукового дерева, создав водонепроницаемый дождевик.

Общепринятая история использования каучука началась с ластика. Принято считать «отцом ластика» английского священника, химика Джозефа Пристли, случайно обнаружившего в 1770 г., что сырой натуральный каучук способен стирать следы графита (карандаша) лучше, чем частицы хлеба, которые использовались в то время с этой же целью. Это преимущество каучука связано с тем, что его трение по бумаге вызывает электростатическое напряжение, которое позволяет частицам каучука притягивать частицы графита. Пристли назвал данное вещество «индийской резиной». Местом происхождения каучука была Америка, но в то время все американские вещи называли индийскими, и именно это неточное название сохранилось по сей день.

Позже шотландский химик Чарльз Макинтош предложил класть тонкий слой каучука между двумя кусками ткани и делать непромокаемое пальто. Зимой пальто становились твёрдыми, как броня, а летом их приходилось хранить в прохладном подвале, спасая от превращения в жидкое месиво.

В 1836 году Чарльз Гудииер (Charles Goodyear) получил предложение усовершенствовать способ изготовления изделий из каучука.

Изобретатель начал опыты, смешивая бразильскую эластичную смолу с солью, перцем, песком, касторовым маслом и другими попадавшими под руку веществами. Он был по уши в долгах, семья перебивалась на картофеле и диких кореньях.

Рассказывают, что один промышленник, заинтересовавшись опытами изобретателя-самоучки, решил отыскать его. Он поинтересовался у соседей, как найти господина Гудиера. Ему ответили, что «если Вы встретите человека в резиновой шапке, брюках, сюртуке, накидке, башмаках и с резиновым кошельком без единого цента в нём, то это и будет Гудиер».

В 1839 году при проведении экспериментов Гудиер случайно уронил на печь кусочек каучука, обработанный серой, и заметил, что материал стал прочнее и эластичнее. Таким образом был совершён переворот в технологии изготовления резиновых изделий. Чарльз Гудиер открыл принцип вулканизации резины, т.е. особой обработки каучука, при которой последний соединяется с серой и вследствие этого приобретает способность не реагировать на перепады температуры. В 1843 году он запатентовал этот процесс.

Конкуренты непрерывно посягали на его достижения. Английский промышленник Томас Ханкок, проанализировав процесс, дал ему название «вулканизация» по имени древнеримского бога огня.

Гудиер вкладывал прибыль от своего изобретения в новые эксперименты. Он получил медали на знаменитой Лондонской выставке в Хрустальном дворце 1851 г. и на Парижской выставке в 1855 г. Последнюю медаль сын принёс ему в парижскую долговую тюрьму, из которой изобретателя освободил император Наполеон III, восхищённый успехами гениального должника.

Вскоре возникла нехватка натурального каучука и появилась необходимость в изготовлении синтетического каучука. Его создал химик, академик и изобретатель С. В. Лебедев (1874 – 1934). Он с группой помощников разработал способ получения искусственного каучука. Узнав об этом, Эдисон воскликнул «Не может быть!». В 1932 году в СССР впервые в мире было организовано промышленное производство синтетического каучука.

Пластическими массами (пластмассами) называют обширную группу конструкционных материалов, основу которых составляют связующие – искусственные (синтетические) или природные высокомолекулярные соединения. К искусственным относятся продукты полимеризации (винилпласты, стиропласты, акрилпласты) и поликонденсации (фенопласты, аминопласты, силипласты). К природным относятся продукты обработки природных полимеров (целлопласты, например,

целлулоид), а также асфальты и пеки (битумопласты). Преимущественное применение имеют искусственные полимеры.

К первым пластмассам специалисты относят папье-маше (фр. «жёваная бумага»), ибо подобный материал использовался в Древнем Египте при мумификации.

Роберт Гук сделал попытку изготовить искусственную ткань из рога (1665 г.). Реомюр попытался в 1739 г. сделать нить из камеди (растворимые в воде или набухающие в ней полимеры моносахаридов – глюкозы, галактозы и т.п.). В 1845 году Шейнбейн открыл нитроцеллюлозу и её способность создавать густые, вязкие растворы в спиртоэфирной смеси.

Первая пластмасса была получена английским металлургом и изобретателем Александром Парксом в 1855 г. Паркс назвал её паркезин (позже получило распространение другое название – целлулоид).

В 1870 году целлулоид стали использовать для производства фотоплёнки. В 1893 году химики Кросс и Бивен открыли вискозу (на базе целлюлозы). В 1909 году был открыт способ получения синтетических смол из нефти. Бельгийский химик, работавший в США, Лео Бакеланд (Leo Bacheland) создал первый композиционный материал – бакелит.

В настоящее время производятся много видов синтетических волокон. Первая группа на основе целлюлозы (тысячи мономеров глюкозы). Вискозное волокно получается путём выдавливания раствора через отверстия в ванну, где он коагулируется в нити.

Синтетические волокна второй группы: полиамидные (нейлон и капрон изготавливаются из нефтепродуктов); полиэфирные (дакрон, лавсан). Акриловые волокна, мягкие на ощупь, похожи на шерсть. Минеральные: асбестовые и стеклянные.

Диаметр шелковых нитей 12 мкм, а волокна микрофибры имеют размеры не более 5...7 мкм. Такие волокна используют для выпуска лайкры (1980 г.), они отталкивают воду, но пропускают воздух.

В 1931 году синтезированы первые полиамидные смолы. Одна из них под названием «нейлон» получила широкую известность, после того как в 1940 г. были выпущены нейлоновые чулки. Заметное место среди пластмасс занимает твёрдый, прочный, термопластичный полипропилен. Существует также его эластичная разновидность.

Очень интересна история создания тефлона (фторопласта). В 1938 году молодой химик Рой Планкет, работавший в фирме «Дюпон», пытался разработать новый негорючий и нетоксичный хладагент. Однажды он вместе со своим лаборантом наполнил баллон тетрафторэтиленом (ничем не примечательный, хорошо известный газ) и

положил его в «сухой лед». Утром Планкет обнаружил внутри баллона скользкий порошок. Он оказался химически инертным и термостойким. Кроме того, оказалось, что новый материал обладает очень низким значением коэффициента трения.

Сначала в компании «Дюпон» не знали, что делать с этим веществом. Затем, во время Второй мировой войны, он с успехом использовался при работе над американской атомной бомбой и был засекречен. Мировую известность материал (в СССР его называли фторопласт-4) получил лишь в 1956 г., когда в продажу поступили сковороды с антипригарным тефлоновым покрытием.

Сейчас на изготовление кухонной посуды идёт не более 5% продукта. Область применения фторопласта обширна – от искусственных аорт до скафандров космонавтов.

Самый знаменитый композиционный материал – кевлар (полипарафенилен-терефталамид), создан в 1965 г. американским химиком Стефанией Кволек (Kwoleck). Он состоит из нитей стекла, нейлона, бора, углерода и смол. Кевлар служит для изготовления бронезилетов.

Неорганическое стекло – это химически сложный, аморфный материал, обладающий механическими свойствами хрупкого тела.

Стекло получается после охлаждения расплава смеси неорганических соединений.

Наиболее распространены стёкла на основе диоксида кремния – силикатные стёкла, широко используются также алюмосиликатные, боросиликатные, стёкла, и не содержащие кислород – халькогенидные стёкла.

По функциональному назначению компоненты стёкол разделяются на стеклообразователи, модификаторы (для придания соответствующих свойств: прочность, цвет и т.п.) и компенсаторы (компенсирующие негативное влияние модификаторов).

В специфических условиях кристаллизации получают стеклокристаллические материалы – ситаллы.

Ситаллы – это частично закристаллизовавшиеся стёкла (содержат дополнительно Li_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , CaO).

Ситаллы обладают специфическим комплексом физико-механических свойств. Например, ситалл – «пирокерам» прочнее стекла, высокоуглеродистой стали, легче алюминия, а по коэффициенту термического расширения и термостойкости не отличается от кварца. Пирокерам применяется как материал подшипников скольжения, работающих при нагрузке 800 МПа при температуре до 800 °С без смазки. Ситаллы используются и в виде жаростойких покрытий. Из них делают трубы для химической промышленности.

Ситаллы применяются в стоматологии при протезировании переднего ряда зубов. Их отличает токсикологическая инертность, высокая прочность, химическая и термическая стойкость, низкий коэффициент расширения.

Керамика – это многокомпонентный, гетерогенный материал, получаемый спеканием высокодисперсных минеральных частиц (глин, оксидов, карбидов, нитридов и др.).

Конструкционную керамику получают методами порошковой металлургии. Структура технической керамики и её свойства конструируется из составляющих её элементов – носителей свойств.

Для получения высокопрочной керамики используют ультратонкие полидисперсные порошки (диаметром несколько нанометров) из Si_3N_4 , ZrO_2 .

Обычные керамические изделия применяются в качестве огнеупорных элементов металлургического оборудования или как футеровка реактивных двигателей и плазматронов.

Оксид магния MgO , входящий в состав керамической смеси, снижает хрупкость разрушения керамического материала на основе ZrO . Наибольшую прочность имеет нитридная керамика Si_3N_4 , из которой изготавливают лопатки газотурбинных компрессоров, поршни и цилиндры двигателей. Достоинством конструкционной керамики является небольшая плотность до 4000 кг/м^3 , высокая температуростойкость, радиационная и химическая стойкость, отсутствие старения. Недостатком многих видов керамики является пористость. В целях устранения данного недостатка керамические изделия часто покрывают глазурью.

Клей – вещество или смесь, а также многокомпонентные композиции на основе органических или неорганических веществ, способны соединять (склеивать) различные материалы.

Все клеи классифицируются по следующим основным признакам:

1) по типу склеивания:

- высыхающие клеи (силикатный клей, казеин, столярный клей, клей ПВА, крахмальный клейстер и т.п.);
- невысыхающие адгезивы (например, на основе канифоли), клеи-расплавы;
- связки на основе полимеризующихся композиций – неорганические, например, алюмофосфатные связки (АФС) и органические, полимеризующиеся композиции (эпоксидная смола).

Некоторые клеи, например, клей БФ, относятся одновременно и к категории высыхающих, и полимеризующихся композиций.

2) по составу:

- неорганические (растворы, расплавы, припой);
- органические (растворы, расплавы, полимеризующиеся);

3) по физическому состоянию:

- жидкие (растворы, эмульсии, суспензии неорганические (растворы, расплавы, припой);
- твёрдые (плёнки, прутки, гранулы, порошки) – используются в виде расплава или наносятся на нагретые поверхности;

4) по назначению:

- токопроводящие высокоомные с порошком графита;
- для бытовых нужд;
- для применения в медицине (для склеивания костей);

и т.д.

Лакокрасочные материалы – это композиционные составы, наносимые на отделяемые поверхности в жидком или порошкообразном виде равномерными тонкими слоями и образующие после высыхания и отвёрдения плёнку, имеющую прочное сцепление с основанием. Сформировавшуюся плёнку называют лакокрасочным покрытием, которое позволяет защитить поверхность от внешних воздействий (воды, вредных веществ и др.), придать ей определённый цвет и фактуру, сформировать специфические свойства (отражение радиосигналов).

Лакокрасочные материалы подразделяются на следующие группы: краска, эмаль, лак, грунтовка, шпатлевка, антисептик.

Графитоуглеродные материалы получают на основе графита. Из них изготавливают плавильные тиглы, литейные формы, подшипниковые материалы, скользящие электроконтакты и т.д.

В технике применяются графиты натуральные и искусственные, электродные, антифрикционные, огнеупорные, химически стойкие изделия из него и углеродные волокна, ткани и стеклоуглерод.

В электрических аппаратах применяют угольно-графитовые электрощётки.

Углеграфитовые антифрикционные изделия применяются в качестве вкладышей подшипников, втулок, поршневых колец и т.п. Они способны работать без смазки, при высоких и низких температурах, больших скоростях и в агрессивных средах.

Интеллектуальные материалы – особый класс материалов, объединяющий материалы, придающие конечному продукту дополнительные полезные свойства, материалы, способные необходимым для пользователя образом изменять свою структуру в зависимости от свойств окружающей среды.

Интеллектуальные материалы бывают как металлические, так и неметаллические. К ним относятся:

- биомиметические материалы (имитирующие природные);

- белковые структуры, формирующие регулярные структуры в виде кристаллических решёток, которые можно использовать при конструировании наномашин и в нанoeлектронных устройствах;
- сплавы с памятью формы, которые имеют необычное свойство помнить свою первоначальную форму, независимо от приложенных деформаций. К ним относятся сплавы NiTi, Cu–Al–Ni, Cu–Zn–Al.
- биметаллические пластины;
- пьезоэлектрики (в которых наблюдается пьезоэлектрический эффект (пьезоэлектрическая керамика));
- электреты – диэлектрики, способные длительное время сохранять поляризованное состояние и создавать в окружающем их пространстве электрическое поле. Электреты применяются для изготовления микрофонов, телефонов, дозиметров радиации, влажности и др.;
- жидкие кристаллы.

Открытие жидкокристаллического состояния вещества принадлежит профессору Львовского университета Планару (1861 г.). Оказывается, многие вещества могут находиться в состоянии, для которого характерны свойства, присущие как жидкости (текучесть, каплеобразование и их слияние при соприкосновении), так и кристаллам (оптическая, диэлектрическая и магнитная анизотропия и др.). Такие вещества и смеси получили название жидких кристаллов.

В обычной жидкости молекулы находятся на достаточно больших расстояниях и ориентированы в пространстве по-разному.

Жидкокристаллическое состояние характеризуется упорядоченным расположением молекул жидкости (оси параллельны) и, вследствие этого, уменьшенным расстоянием между ними. Однако кристаллическая решётка не образуется.

Известно несколько сотен жидких кристаллов, важное место среди них занимают органические вещества, у которых молекулы имеют удлинённую форму.

Структура жидких кристаллов легко изменяется под действием давления, электрического поля, нагрева. Это явление даёт возможность управлять их свойствами путём слабых воздействий и делает жидкие кристаллы незаменимыми материалами для изготовления особо чувствительных индикаторов. Жидкие кристаллы используют в цветных индикаторах и других цветовых устройствах. Для цветных изображений применяют смеси жидких кристаллов с красителями, также имеющими продолговатые молекулы.

На основе жидких кристаллов изготавливают медицинские термометры, датчики температуры для контроля перегрева узлов и деталей, преобразователи невидимого инфракрасного излучения в видимый

свет. В последнем случае поглощение инфракрасного излучения нагревает жидкий кристалл так, что изменяется окраска отражённого света. Жидкие кристаллы применяют в модуляторах, системах отображения информации – калькуляторах, ручных часах, измерительных приборах автомобилей, устройствах для отклонения светового потока и др.

3. ИСКУССТВО И ТЕХНОЛОГИЯ

В широком смысле слова *искусство* – это высший уровень мастерства, умения, независимо от того, в какой сфере жизни общества они проявляются (искусство кузнеца, врача, пекаря и др.).

Если обратиться к этимологии термина технология, к его изначальному значению (др. греч) – *τέχνη* (техно) – мастерство, искусство; *λόγος* (логос) – наука, учение, то мы придём к выводу, что цель технологии заключается в том, чтобы разложить на составляющие элементы процесс достижения какого-либо результата. Технология применима повсюду, где имеется достижение, стремление к результату, но осознанное использование технологического подхода было подлинной революцией. До появления технологии господствовало искусство – человек делал что-то, но это что-то получалось только у него, это как дар – дано или не дано. С помощью же технологии всё то, что доступно только избранным, одарённым (искусство), становится доступно всем. Например, изготовление каменного топора можно представить как акт искусства, а можно – как технологию. В первом случае мы имеем (возможно) бесподобный топор, но со смертью носителя искусства делания топоров, означенных инструментов больше не будет. Во втором случае мастерство сохранится навсегда, но качество продукта (возможно) будет не таким высоким. Подобное произошло с дамасской сталью, которая, несмотря на свои уникальные свойства, на определённом этапе перестала изготавливаться в связи с уходом в мир иной кузнецов, владевших искусством её производства. Многие учёные пытались создать технологию производства стали, подобной дамаску, но их попытки закончились неудачей.

Момент перехода от искусства к технологии фактически создал современную человеческую цивилизацию, сделал возможным её дальнейшее развитие и совершенствование.

В современном понимании *технология* – комплекс организационных мер, операций и приёмов, направленных на изготовление, обслуживание, ремонт и(или) эксплуатацию изделия с номинальным качеством и оптимальными затратами, и обусловленных текущим уровнем развития науки, техники и общества в целом.

В разговорной речи термин «технология» часто заменяют англоязычным словосочетанием *Know How – Знать Как*.

Технология включает в себя методы, приёмы, режим работы, последовательность операций и процедур, она тесно связана с применяемыми средствами, оборудованием, инструментами, используемыми материалами.

Современные технологии основаны на достижениях научно-технического прогресса и ориентированы на производство либо материального продукта – материальная технология, либо информационно-продукта – информационная технология.

Технология – это также научная дисциплина, разрабатывающая и совершенствующая способы и инструменты производства. В быту технологиями принято называть описание производственных процессов, инструкции по их выполнению, технологические требования и пр. Технологией или технологическим процессом часто называют также сами операции добычи, транспортировки и переработки, которые являются основой производственного процесса. Технический контроль на производстве тоже является частью технологии.

Технологии берут своё начало в каменном веке, когда человек начал улучшать свойства первых инструментов (палка-копалка, кремневый нож) и изобрёл составные орудия труда, лук, стрелы, прялку, ткацкий станок и др.

Касаясь технологии как процесса – одной из первых (но до сих пор значимой!), технологией является процесс добычи первобытным человеком огня посредством трения.

Со временем технологии претерпели значительные изменения, и если когда-то технология подразумевала под собой простой навык, то в настоящее время технология – это сложный комплекс знаний науки, полученных, порой с помощью дорогостоящих исследований.

Основным классифицирующим признаком огромного количества технологий, существующих в настоящее время, является отраслевой, связанный с конкретной отраслью производства: технологии строительства, технологии химические, технологии машиностроения, технологии социальные, технологии педагогические, технологии биологические, технологии информационные и др.

Кроме того, в зависимости от содержания технологии могут быть классифицированы по следующим признакам:

- уровень сложности (простые, сложные);
- область применения (научные, образовательные, производственные);
- динамика развития (прогрессирующие, развивающиеся, устоявшиеся, устаревшие);

- потребность в ресурсах (наукоёмкие, капиталоемкие, энергоёмкие);
- уровень описания (аксиоматические, профессиональные, Ноу-Хау);
- качество переработки сред (низкого, среднего, высокого уровня);
- назначение (созидательные, разрушительные, двойного назначения);
- приоритеты создания (первичная, конверсионная).

Наиболее новые и прогрессивные технологии современности относят к высоким технологиям (high technology, high-tech). Переход к использованию высоких технологий и соответствующей им техники является важнейшим звеном научно-технической революции на современном этапе. К высоким технологиям обычно относят самые наукоёмкие отрасли промышленности: микроэлектроника, робототехника, вычислительная техника, атомная энергетика, космическая техника, самолётостроение, микробиологическая промышленность.

Основными тенденциями развития современных производственных технологий являются:

- переход от дискретных (циклических) технологий к непрерывным (поточным) производственным процессам, как наиболее эффективным и экономичным;
- внедрение замкнутых (безотходных) технологических циклов в составе производства, как наиболее экологически безопасных;
- повышение наукоёмкости высоких и новейших технологий, как наиболее приоритетных в бизнесе.

Совокупность стадий от зарождения технологических нововведений до их рутинизации называется жизненным циклом технологии.

Жизненный цикл технологии состоит из 5 этапов:

- новейшая технология – любая новая технология, которая имеет высокий потенциал;
- передовая технология – технология, которая зарекомендовала себя, но ещё достаточно новая, имеет небольшое распространение на рынке;
- современная технология – признанная технология, является стандартом, повышается спрос на эту технологию;
- не новая технология – все ещё полезная технология, но уже существует более новая технология, поэтому спрос начинает падать;
- устаревшая технология – технология устаревает и заменяется более совершенной, очень малый спрос, или полный отказ от этой технологии в пользу новой.

4. НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ

Законы, действующие в привычном человеку мире, не действуют точно так же в микромире или в масштабах Вселенной, а процессы, протекающие на различных уровнях организации материи, не могут быть рассмотрены и объяснены с позиций одной науки. Каждый уровень или совокупность уровней структурной организации материи является объектом изучения какой-либо науки – науки о материалах.

На рисунке 6 показаны структурные уровни организации материи и науки, их изучающие. Названия наук даны в обобщённом виде, так как они сформировались исторически, без детализации по разделам специализации, выделившимся в XX в. Далее приведены определения этих наук и объекты их изучения.

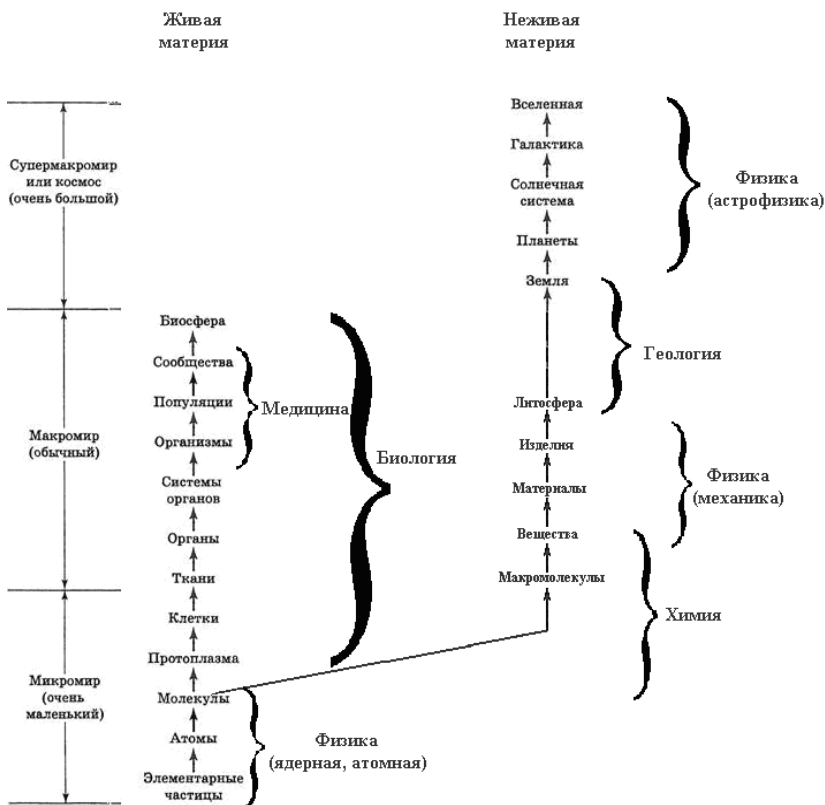


Рис. 6. Уровни структурной организации материи и науки, их изучающие

Биология – наука о живых существах и их взаимодействии со средой обитания. Организация жизни осуществляется на различных уровнях. Самый нижний уровень – молекулярных структур, далее следует клеточный уровень, органо-тканевый уровень, включающий и системы органов, уровень целостного организма, популяционно-видовой уровень, уровень биоценозов, т.е. сообществ всех видов, которые населяют территорию, и биосфера, как совокупность живого на Земле.

Медицина – область науки и практическая деятельность, направленные на сохранение и укрепление здоровья людей, предупреждение и лечение болезней.

Химия – наука, изучающая строение веществ и их превращения, сопровождающиеся изменением состава и(или) строения. Объектом изучения в химии являются химические элементы и их соединения.

Атомная физика – раздел физики, изучающий строение и свойства атомов.

Ядерная физика – раздел физики, изучающий структуру и свойства атомных ядер, а также их столкновения (ядерные реакции).

Механика – раздел физики, наука, изучающая движение материальных тел и взаимодействие между ними.

Геология – это развивающаяся система знаний о вещественном составе, строении, происхождении и эволюции геологических тел и размещении полезных ископаемых. Объектами изучения геологии являются состав и строение природных тел и Земли в целом, процессы на поверхности и в глубинах Земли, история развития планеты, размещение полезных ископаемых.

Астрофизика – раздел астрономии, изучающий физические процессы в астрономических объектах, таких как звезды, галактики, экзопланеты и т.д.

К направлениям исследований современного материаловедения относятся:

- нанотехнология – создание и изучение материалов и конструкций размерами порядка нескольких нанометров;
- кристаллография – наука о кристаллах, их структуре, возникновении и свойствах;
- металлостроение – наука, изучающая структуру, свойства металлов, устанавливающая связь между химическим составом, структурой и свойствами металлов, а также закономерности изменения структуры и свойств под воздействием внешних факторов;
- керамическое материаловедение, направленное на создание и изучение материалов для электроники, например, полупроводников, а также занимающееся созданием композитных материалов;

– создание и исследование биоматериалов – материалов, которые можно использовать в качестве имплантатов в человеческое тело.

Таким образом, современное материаловедение базируется на достижениях наук о материалах (медицина, биология, химия, физика, геология), становление которых шло не одно тысячелетие.

Материал, представленный в настоящем пособии, излагается путём рассмотрения достижения каждой из наук на различных хронологических этапах развития человечества. Поскольку на ранних этапах развития человечества никакие науки как таковые ещё не существовали, соотнесение достижений соответствующим наукам о материалах выполнено автором самостоятельно по ряду характерных признаков.

5. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ КАМЕННОГО ВЕКА

Эпоха каменного века одна из самых протяжённых в истории развития человечества. Археологи выделяют 3 периода каменного века:

- древний (палеолит – 2,6 млн. – 10 тыс. лет до н.э.);
- средний (мезолит – 10 тыс. – 7 тыс. лет до н.э.);
- новый (неолит – 7 тыс. – 4 тыс. лет до н.э.).

Переход от одного периода к другому связан, главным образом, с качественным улучшением используемых технологий и появлением новых.

Наука полагает, что примерно два миллиона лет тому назад в разных областях Европы, Азии и Африки в результате эволюционных процессов от австралопитеков ответвилась и начала развиваться линия Номо, представители которой сменяли друг друга в следующей последовательности:

- Номо habilis – Человек умный;
- Номо erectus – Человек прямоходящий;
- Номо sapiens – Человек разумный.

Сначала наш древнейший предок просто собирал пищу или захватывал её силой. Он пользовался готовыми дарами природы. Постоянная борьба с самыми разнообразными врагами заставляла его пользоваться для самозащиты камнями и палками и таким образом усиливать действие своих «природных орудий» – рук. В конце концов, это привело к тому, что обезьяночеловек начал обрабатывать, переделывать камни и палки, придавая им ту или иную удобную и целесообразную форму. Он стал уже пользоваться не только природными, но и искусственными предметами, созданными его руками.

Изобретение орудий труда означало, что предмет, данный природой (камень, палка, кость, раковина), был превращён в орган деятель-

ности человека. Но, прежде чем камень стал ножом, человеческая рука должна была приобрести способность выполнять сотни операций, не доступных животному. Это явилось предпосылкой развития искусства обработки камня камнем при помощи скальвания. А появление каменных орудий сделало более продуктивной охоту и открыло возможность обработки резанием дерева, кожи и кости.

Примитивные орудия труда положили начало господству человека над природой, которое с каждым новым шагом вперёд расширяло его кругозор и позволяло открывать в предметах природы всё новые, до того не известные, свойства.

Открытие и широкое использование огня, изобретение лука и стрел, гончарное искусство и другое обеспечивали всё лучшие и лучшие условия жизни человеческого общества.

Огромное влияние на технику оказало первое крупное общественное разделение труда: отделение пастушеских племён от земледельческих.

Скотоводство дало этим племенам в руки новые продукты: молоко и шерсть. На основе регулярного потребления молока развилось изготовление сыра и масла, возникла новая форма посуды – бурдюк. Использование шерсти привело к появлению войлока и ткани, изобретению веретена и простейшего ткацкого станка. Прирученный скот позволил заменить работу человека животной тягой. Это положило начало вьючному, а потом гужевому транспорту при помощи простейшей повозки – волокуши.

Скотоводство привело к необходимости разведения кормовых растений, что, в свою очередь, инициировало появление зачатков земледелия, которое на этой стадии своего развития было лишь придатком к разведению скота.

Превращение скотоводства в самостоятельное занятие обогатило технику целым рядом новых достижений. Мотыга развилась в плуг, а нож – в серп, была изобретена борона.

Переработка продуктов земледелия привела к появлению технологии обмолота зерна, его помолу ручным жерновом, выпечке хлеба, приготовлению растительного масла, варке пива.

Занимаясь земледелием, человек познакомился с глиной, употребление которой сначала для обмазки плетёных стен жилища, а затем и плетёной посуды привело к возникновению гончарного искусства.

Возникшая в связи с обжигом глиняной посуды гончарная печь в процессе её постепенного усовершенствования позволила освоить температуры свыше 500 °С и открыла людям металлы: сначала свинец,

потом медь (медный век), олово, сплав на их основе – бронзу (бронзовый век), а затем и железо, ознаменовавшее начало железного века.

Вначале создание несложных орудий труда было для членов общины подсобным занятием. Изготовление же более совершенных орудий требовало особых навыков. С другой стороны, непрерывно возрастала потребность в таких орудиях. В этих условиях совмещать ремесло с земледелием и скотоводством стало невозможно. Возникла необходимость отделения ремесла от земледелия. Это было второе крупное общественное разделение труда.

Появление простых орудий труда

Начальным этапом истории первобытнообщинного строя является первобытное стадо. Техника на этом этапе характеризовалась появлением простых орудий: палок, дубин, копий, каменных орудий.

Хронологически этот этап охватывает весь древний палеолит.

Первые орудия древнейших людей (питекантропов) – эолиты – расколотые природными силами камни.

С самого начала изготовления каменных орудий в качестве сырья использовался кремнь. В нём сочетается ряд качеств, которые и использовал человек при производстве орудий: большая твёрдость, способность раскалываться на тонкие пластины с режущими краями и широкое распространение в природе.

С течением времени человек стал изготавливать орудия труда, которым уже сознательно придавалась определённая форма.

Эти орудия, получившие название ручных рубил (или ударников), поверхность которых с обеих сторон тщательно обработана более или менее частыми и крупными сколами.

Ручное рубило первоначально являлось универсальным орудием труда, так как им можно было растирать и размельчать растительную пищу, соскабливать и очищать кожуру и кору, дробить орех.

Открытие огня и способы его добывания

Об открытии человеком огня имеются самые различные предположения. Во всяком случае, можно утверждать, что человек вначале познакомился с так называемым «диким» огнём, полученным в результате естественных явлений природы (действие вулканов, удар молнии в дерево и т.д.) [12].

Полезные свойства огня: свет, способность согревать и размягчать растительную и животную пищу – заставили первобытных людей позаботиться о его поддержании. Подбрасывая в костёр дрова, зажи-

гая новый факел от потухающего, люди старались сохранить огонь. Тем самым «дикий» огонь постепенно превращался в «домашний».

Прошло много времени, пока человек научился не только сохранять, но и добывать его, однако и после этого люди стремились поддерживать огонь, так как способы добывания его были трудоёмки.

Существовали самые различные способы искусственного добывания огня. Археологические и этнографические материалы дают все основания предполагать, что наиболее древними способами добывания огня являлись: выскабливание, высверливание, выпиливание и высекание огня при ударе камня о камень.

При выскабливании огня деревяшку в виде полена, в которой имеется мелкий желобок или бороздка, удерживали коленом. Затем заострённой деревянной палочкой обеими руками водят по бороздке вперёд и назад под углом в 30...35°. При большой скорости движения палочки бороздка выскабливается, в конце её собираются опилки, которые через некоторое время начинают тлеть. При раздувании они загораются.

Наиболее широко во всех частях света применялось высверливание огня. Этот способ состоит в том, что кусок сухого дерева, в котором делается небольшое углубление, кладут горизонтально и поддерживают ногами. Деревянная палочка с закруглённым концом вставляется в углубление и затем быстро вращается руками. В результате трения происходит нагревание, и сухой мох, положенный в углубление, опилки или другой какой-либо подобный материал, воспламеняется.

Этот способ был постепенно усовершенствован: вместо палочки стали применять лук, ременная тетива которого охватывала петлёй вертикальную палочку. Быстрее всего огонь возникал при вращении вертикальной палочки посредством лука или верёвки (ремешка), охватывающей её петлей.

Выпиливание огня проводится следующим образом. Берётся кусок ствола бамбука толщиной 10...15 см, из пластинки бамбука изготавливается нож, которым и пилят ствол поперёк. Древесина бамбука богата кремнезёмом, поэтому очень тверда и сильно нагревается от трения, а сердцевина его способна легко воспламениться.

Высекание огня при помощи кремния, появившееся значительно позднее других способов добывания огня, продержалось вплоть до появления спичек.

Накопление простых орудий труда

К концу эпохи палеолита появились составные орудия для выполнения определённых специальных операций.

Для процессов резания использовался остроконечник, прикрепившийся к древку путём обвязывания или с помощью вязкого смолистого вещества.

Для соскабливания и подчистки кожи, перерезывания мяса, сухожилий использовался скребок.

Использование специальных орудий привело к разработке и примитивной технологии. Для изготовления каменного орудия человек сначала брал камень определённой величины и качества, и с помощью второго твёрдого камня (отбойника) получал отщепы.

Отщепы представляли собой только заготовку, которая подвергалась вторичной обработке путём оббивки и подправки для увеличения эффективности действия орудия в целом или для усиления его рабочих частей, в особенности острия.

Дальнейшее совершенствование техники выражалось в применении всё большего количества простых дифференцированных орудий труда, в использовании огня, изобретении лука и стрел с каменными наконечниками, применении глиняной посуды.

Развитие охоты привело к употреблению для изготовления орудий костей и рогов, из которых изготавливались наконечники метательных орудий, кинжалы, шила и проколки.

Собирательство и охота были очень нелёгким способом добывания пищи. Это привело человека к изобретению более совершенных орудий лова. Постепенно человек стал пользоваться гарпуном, лассо, накидной сетью и петлёй. Затем были придуманы разнообразные силки, ловчие ямы, ловушки. Создание всех этих видов орудий, предназначавшихся для охоты, стало возможным после того, как человек научился связывать, обвязывать разные предметы, т.е. делать узел.

Изобретение лука и стрел

Первобытный изобретатель, внимательно наблюдая всё, что происходит в природе, сначала стремился только воспроизводить те явления, которые видел. Он, например, прекрасно знал, что случайно отогнутая ветка дерева стремительно возвращается в своё естественное положение. Это явление он использовал для создания различных пружинных ловушек.

Наблюдения за действиями метательных орудий – камня, палки, а затем копья и пружинных ловушек привели первобытного человека к изобретению лука и стрел.

С изобретением лука людям удалось использовать совершенно новую силу – скрытые силы упругости.

Лук и стрелы стали основным видом оружия вплоть до XVII в., а в некоторых странах и до XX в., например, на Севере. В отдельных случаях дальность полёта стрелы доходила до 900 м.

Стремясь улучшить стрелы, увеличить их убойную силу, человек стал делать для них костяные и каменные наконечники.

В это время было сделано ещё одно важное изобретение: обжиг глиняной посуды, придавший глиняной массе твёрдость, водоустойчивость и огнестойкость.

Существуют разнообразные гипотезы о появлении первой керамики. По одной из них, сосуды плелись из веток и обмазывались глиной. Когда эти сосуды случайно попадали в огонь, плетёная часть их сгорала, а глиняная затвердевала настолько, что люди со временем не могли не заметить преимущества сосудов из обожжённой глины.

Появление сложных орудий труда

Появившийся топор был неоценим при строительстве шалашей и хижин, но особенно он был важен для производства лодок – долблёных челнов.

Вначале топор изготовлялся из кремневого отщипа треугольной формы. Длина его доходила до 10...15 см.

Рабочей частью топора служило широкое скошенное лезвие, первоначально образованное не шлифовкой, а сколом, полученным от удара отбойником сбоку.

Сначала каменное лезвие укреплялось в расщеплённом конце деревянной рукояти. Применение рукояти сыграло большую роль в повышении эффективности работы человека.

Стремясь облегчить свой труд, люди начали более тщательно отделывать лезвие топора. Путём длительного опыта были освоены приемы шлифования и полирования, для чего впоследствии было изобретено примитивное шлифовальное устройство.

Мотыга представляла собой продолговатое, узкое каменное орудие, отделанное на поверхности крупными сколами и заканчивающееся заострённым или притуплённым концом.

Крупнейшим изобретением периода неолита является сверление, применявшееся как для добывания огня, так и для изготовления орудий [14].

Вначале сверление проводилось сверлом, состоявшим из палочки с укреплённым на конце камнем. Для усиления действия сверла использовали песок и воду. Затем человек стал применять для сверления пустотелую кость и, наконец, изобрёл специальные сверлильные снаряды (рис. 7).

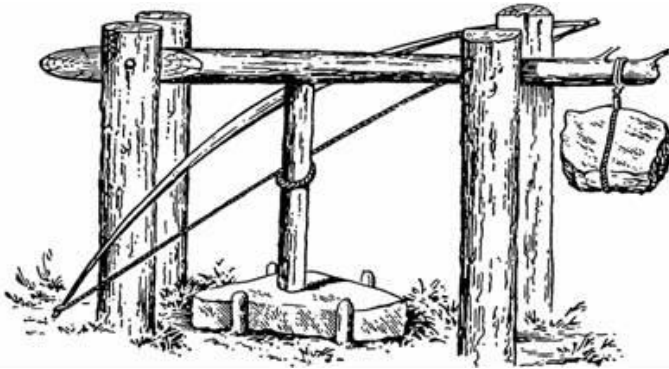


Рис. 7. Первый сверлильный «станок»

Развитие производства всё в большей и большей степени увеличивало спрос на каменное сырьё, которое употреблялось не только для изготовления орудий труда, но и шло на строительство жилья.

Для возведения сооружений из камня первобытный человек вынужден был прибегнуть к таким специальным средствам, как рычаги, деревянные катки, клинья, а также наклонные плоскости.

Развитию горного дела способствовало и то, что невыветренный кремль, добытый из-под земли, при изготовлении из него орудий обладал лучшими качествами, чем выветренный, обнаруженный на поверхности. Всё это привело к тому, что для добычи кремня стали сооружать примитивные шахтные стволы.

Рост потребности в орудиях труда заставлял отдельных членов родовой общины заниматься только добычей каменного сырья и изготовлением из него различных орудий. В связи с этим в поселениях неолитического человека возникают своеобразные мастерские по выделке орудий труда и оружия.

6. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ МЕДНОГО И БРОНЗОВОГО ВЕКОВ

Медь, ознаменовавшая наступление *энеолита (4 – 3,5 тыс. лет до н.э.) – меднокаменного или медного века*, стала одним из первых металлов, который человек начал применять в своей сознательной деятельности.

Медь была хорошо известна в доисторические времена людям, населявшим районы Северной Америки, где находили большие самородки меди и обрабатывали её холодным способом. Этот способ обра-

ботки сохранился у индейцев до времён Колумба. Самый крупный из когда-либо найденных самородков меди весил 420 т.

Однако самородки меди встречаются редко, и человек вынужден был искать альтернативный способ получения меди – её выплавку из медных руд. У египтян, например, медь была известна очень давно, и уже при первых фараонах (4000 – 5000 лет до н.э.) добыча меди производилась в рудниках Синайского полуострова. С глубокой древности известны медные руды на острове Кипр в Средиземном море. Учёные полагают, что научное название меди «купрум» происходит от наименования острова Кипр, где были медные рудники. Русское слово «медь», по мнению некоторых исследователей, произошло от слова «смида», которое у некоторых древних племён, населявших современную европейскую территорию, значило «кузнец» или «металл».

Химические анализы древних фресок, проведённые английским химиком Г. Дэви, доказывают наличие в них уксуснокислой меди в виде ярко-зелёной краски, известной с давних времён под названием ярь-медянки. Эта краска найдена в живописи терм (бань) римского императора Тита и в стенных фресках Помпеи. В списках товаров, вызволившихся из Древней Александрии, значится «медная зелень», которая являлась предметом роскоши. С помощью этой краски древние модницы подводили зелёные круги под глазами – тогда такой «грим» считали красивым.

Богатейшие месторождения меди имеются в Конго. Материалы, собранные археологами о древнейших месторождениях, датируются тысячелетиями до н.э. Выработки меди найдены в Закавказье, на побережье озера Балхаш в Казахстане, в многочисленных пунктах Сибири.

Переход от каменных орудий к металлургическим и, соответственно, от возделывания растений к земледелию имел колоссальное значение в истории человеческого общества.

Медь по своей твёрдости уступает кремню и многим другим плотным каменным породам. Однако она обладает большими преимуществами перед камнем. Самородную медь можно ковать, придавая ей необходимую форму, даже в холодном состоянии.

Обработка самородной меди привела первобытных людей к важным наблюдениям.

Во-первых, в результате ударов каменного молота медь становилась более твёрдой и поэтому пригодной для производства орудий. Тем самым были выработаны приёмы холодной обработки металла.

Во-вторых, занимаясь обработкой меди, человек открыл возможность плавки металла. Кусок самородной меди или найденной руды, содержащей металл, попавший в огонь костра, позволил человеку об-

наружить новые и не свойственные камню особенности: от сильного нагревания происходило неполное восстановление металла, который расплавлялся и, остывая, приобретал новый вид.

К этому времени уже был известен гончарный горн, температура пламени в котором значительно выше, чем в костре. Используя такое устройство, люди смогли начать систематическую выплавку меди.

Впервые выплавка меди из руд была освоена в 4 тысячелетии до н.э. в ряде стран Азии, Египта, Индии.

Однако медные орудия в это время не смогли вытеснить каменные, так как способы выплавки меди были несовершенны и месторождения богатых руд ещё не были открыты.

Крупнейшим достижением физики (механики) того времени явилось создание повозки с колёсами, которая впервые стала применяться с 4 тысячелетия до н.э. в Индии.

Сначала колесо наглухо укреплялось на подвижной оси. Затем было изобретено колесо со ступицей (II тыс. до н.э.), насаживающейся на неподвижную ось, что явилось крупным шагом вперёд в развитии способов передвижения. В этом случае оба колеса вращались независимо одно от другого и поэтому при поворотах не возникало скольжения.

Параллельно с улучшением средств передвижения, колесо произвело революцию и в гончарном деле. Учёные предполагают, что гончарный круг – это первая машина, изобретённая людьми, которая оказала огромное влияние на развитие цивилизации.

Опыт применения меди заставил людей задуматься о способах улучшения её качества – прежде всего, твёрдости. Случайное образование сплава меди с оловом при обработке некоторых руд, содержащих медь и олово, не прошло мимо внимания первобытных «металлургов». Преимущества полученного таким образом сплава послужили толчком к развитию технологий его производства. Это открытие было сделано в Месопотамии (Ирак), откуда впоследствии распространилось по странам Ближнего и Дальнего Востока. Так, бронза вошла в практическую деятельность человека, положив начало **бронзовому веку (3,5 – 1,1 тыс. лет до н.э.)**.

Название сплава меди с оловом – «бронза» имеет значительно более позднее происхождение и связано с названием небольшого итальянского торгового городка Бриндизи (итал. Brindisi) на берегу Адриатического моря. Среди предметов торговли были и изделия из бронзы (от лат. Brundisium – «Эс брундуси», т.е. «медь из Бриндизи»). Бронза твёрже меди, имеет меньшую температуру плавления (добавка 15% олова снижает температуру плавления меди с 1083 до 960 °С), устойчива на воздухе, легко полируется, хорошо отливается в формы.

«Медный век» длился около тысячи лет – вдвое меньше, чем «бронзовый». Характерно, что в Греции медь начали плавить позже, чем в Египте, а «бронзовый век» наступил раньше. Руда, из которой выплавляли медь египтяне, не содержала олова. Грекам в этом отношении повезло больше. Они добывали «оловянный камень» иногда там же, где и медную руду.

Изделия из бронзы отливались у ассирийцев, египтян, индусов и других народов древности. Однако цельные бронзовые статуи древние мастера научились отливать не раньше V в. до н.э. Некоторые из этих произведений искусства достигали гигантских размеров, например, разрушенный землетрясением в 227 г. до н.э. Колосс Родосский – достопримечательность древнего порта Родоса, находившегося на одноимённом самом восточном острове Эгейского моря. Созданный Харесом около 290 г. до н.э. в честь бога солнца Гелиоса 32-метровый Колосс Родосский стоял над входом во внутреннюю гавань порта. Самые крупные суда свободно проходили под ним с развёрнутыми парусами.

Первым литейным сплавом была мышьяковистая бронза. Лишь со 2-го тысячелетия до н.э. вместо мышьяковистых бронз начали применять оловянистые [6]. Первые литейные формы изготавливали из камня мягких пород или из глины. В качестве моделей применялись изготовленные из камня изделия, о чём свидетельствует, например, идентичность формы каменных и литых топоров, или специальные деревянные модели. Сначала формы были открытыми, затем их стали накрывать камнем. В 3-м тысячелетии до н.э. появились стержни (из глины), двухсторонние формы, состоящие из двух и более частей. Для обеспечения газопроницаемости и отвода газов из форм стали применять глину с соломой, шерстью и другими выгораемыми добавками. Профессии горняка и металлурга разделились.

С течением времени технология литья всё более совершенствовалась, количество литых изделий увеличивалось. В первую очередь, это были изделия художественного литья (серпы, оружие, предметы роскоши и украшения, предметы религиозного назначения). В 3-м тысячелетии до н.э. на Кавказе возникло литьё по выплавляемым моделям, давшее мощный толчок развитию художественного литья. Пустотелые отливки получали либо за счёт использования стержней, либо за счёт выливания незатвердевшего металла. Самая крупная отливка была получена в 749 г. в Японии – это статуя Будды массой свыше 400 тонн для храма Тодайдзи.

Дошедшие до наших дней статуи (Марк Аврелий, Дискобол, Спящий сатир, Никая и др.) свидетельствуют о большом распространении и значении бронзы в искусстве древнего мира. Медь широко использовалась для разнообразных нужд. По свидетельствам истори-

ков древности, в Александрии изготавливали фальшивые «золотые» монеты. За 330 лет до н.э. Аристотель писал: «В Индии добывают медь, которая отличается от золота только своим вкусом». Аристотель, конечно, ошибался, но следует, однако, отдать должное его наблюдательности. Вода из золотого сосуда, действительно, не имеет вкуса. Некоторые медные сплавы по внешнему виду трудноотличимы от золота, например, томпак. Однако жидкость в сосуде из такого сплава имеет металлический привкус. О таких подделках медных сплавов под золото, очевидно, и говорит Аристотель в своих произведениях.

В это время в разных частях земного шара в наиболее развитых цивилизациях зарождается медицина. Уже в 2600 г. до н.э. древнеегипетская медицина располагала описанием диагноза и лечения около 200 болезней, а в Китае был написан «Трактат Жёлтого Императора», заложивший основы традиционной китайской медицины.

Достижениями в области химии того времени являются не только процессы термического восстановления металлов и получение сплавов на их основе, но и открытие процесса дистилляции (перегонки). Первым в истории человечества химиком была женщина Таппути, жившая в XII в. до н.э. в Месопотамии, которая работала над созданием парфюмерных изделий.

Слово «парфюм», используемое нами сегодня, происходит от лат. *per fumum*, т.е., через дым. Для получения духов Таппути проводила многократную дистилляцию настоя цветов, масел и аира с другим ароматическими веществами.

К достижениям, послужившим в дальнейшем развитию физики (оптики), относится технология изготовления линз из прозрачных камней – прежде всего, из горного хрусталя и берилла. Возраст линз, найденных при раскопках в Египте, Греции, Месопотамии, Италии, составляет порядка 2,7 тыс. лет. Тем не менее, ни в одном из дошедших до нас древних сочинений, нет сообщения, что линзы применялись для исправления дефектов зрения. Нет даже ни одного свидетельства, что линзы использовались в качестве увеличительного стекла при выполнении каких-нибудь мелких работ, несмотря на то, что способность линз увеличивать изображения предметов была, конечно же, хорошо известна. По всей видимости, древние линзы служили только в качестве украшения.

Первая теория о строении материи

Ко 2-му тысячелетию до н.э. человек познакомился и активно пользовался достаточно большим количеством материалов – минералы, металлы, сплавы, вещества органического и животного происхож-

дения. Это вызывало вполне логичное желание найти объяснение происхождению и строению различных предметов, тел и организмов. Первой попыткой такого объяснения является древняя теория о сотворении мира – **8 Элементов Хаоса** (Др. Египет), согласно которой Хаос родил **Солнце**, Солнце произвело из себя **Воздух** и **Воду**, от которых родилась новая пара, **Земля** и **Небо**, ставшие родителями **Рождения**, **Возрождения**, **Пустыни**. Конечно, эта теория напрямую не отвечает на вопрос о происхождении и строении материи, однако в течение определённого времени она являлась единственной в своём роде, а появление и развитие следующих теорий было вызвано, по-видимому, возникновением вопросов, на которые существующая ответить не могла. Таким образом, теория о 8 Элементах Хаоса стала основой для развития следующих, более чётких теорий о строении материи.

7. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЖЕЛЕЗНОГО ВЕКА

На смену эпохе бронзового века пришёл железный век, начавшийся 1100 лет до н.э. и продлившийся до V века н.э.

Крупнейшим достижением человечества, вызвавшим бурный рост производительных сил, явилось получение и применение железа. Железо окончательно вытеснило каменные орудия, чего не могли сделать ни медь, ни бронза.

В Китае железо было известно ещё в 2357 г. до н.э., а в Египте – в 2800 г. до н.э., однако там на него вплоть до 1500 г. до н.э. смотрели как на диковину. В эти времена оно ещё не получило широкого распространения.

Железный век в Европе начался приблизительно за 1000 лет до н.э., когда на берега Средиземного моря проникло искусство получения железа.

Следует отметить, что с чистым железом люди познакомились ещё в эпоху энеолита, однако никакого практического значения этот факт не имел. Дело в том, что в чистом виде железо встречается только в метеоритах. Эти падающие с неба куски металла становились предметом культа у некоторых народов.

В отличие от меди и олова, железо в древности добывалось повсюду из озерных, болотистых, луговых и других руд, которые в настоящее время уже не имеют большого практического значения.

Одним из величайших изобретений человечества был сыродутный процесс получения железа. При этом в процессе восстановления железа из руды достигается при температуре 900 °С.

Для получения железа сыродутным способом руда дробилась и затем обжигалась на открытом огне; после этого в ямах или небольших

глиняных печах проводилось восстановление металла. Для восстановления металла в горн добавлялся древесный уголь и нагнетался воздух. В результате процесса на дне глиняной печи образовывалась так называемая крица – комок пористого тестообразного и сильно загрязнённого железа весом от 1 до 8 кг. После многократной горячей проковки из неё изготавливали различные орудия труда и оружие.

Кожаные меха, которыми нагнетался воздух в горны, были изобретены для ускорения плавки меди. Для сыродутного процесса кожаные меха стали совершенно необходимы. Без них люди не смогли бы получать железо.

Впервые усовершенствованная искусственная воздуходувка появилась в Египте около 1580 г. до н.э.

Для понимания того, на сколько трудоёмки и энергетически неэффективны были первые технологии плавки железа, приведём параметры процесса плавки и его результат:

- масса исходной руды – 180 кг;
- содержание железа в руде – 80 кг;
- масса древесного угля – 240 кг;
- продолжительность процесса – 24 часа;
- масса шлака – 105 кг;
- содержание железа в шлаке – 51 кг;
- масса крицы – 35 кг;
- содержание железа в крице – 29 кг;
- необходимо подать в горн воздуха – 792 м³;
- расход воздуха в горн – 0,55 м³/мин (в наше время обычный фен позволяет получить расход воздуха 1 м³/мин, однако на заре развития металлургии обеспечение такого постоянного расхода с помощью мехов требовало титанических усилий);
- количество образовавшихся в результате процесса газов (угарный газ, водород, азот) – 1084 м³;
- количество стволов деревьев диаметром 30 см, необходимых для получения угля, – 9 шт.

Кричное железо, которое получалось в результате сыродутного процесса, отличалось мягкостью. Однако ещё в древности был открыт способ получения более твёрдого металла. Для этого применялось сваривание, а также закалка железных изделий или их цементация.

Способ получения сварного железа, а также методы поверхностной закалки впервые были применены в VIII в. до н.э. в Армении, недалеко от горы Арарат. Здесь имелись богатые залежи железных руд, так называемых гематитов, а также запасы топлива в виде обширных лесных массивов.

Жители этого района начали выплавлять железо, основываясь на опыте разработки и плавки медных руд.

Стремление иметь более прочные орудия труда и оружие привело к открытию производства стали. Греческие авторы в своих работах различают понятия железа, которое они называли «сидеро», и стали, которую они называли «халипс».

Одной из загадок современности является дамасская сталь. Самое раннее описание дамасских клинков относится к 540 г. н.э., но возможно, они применялись значительно раньше, ещё во времена Александра Македонского (около 323 г. до н.э.).

Своё название дамасские клинки получили не по месту происхождения, а по тому району, где европейцы впервые увидели их во времена крестовых походов. Сталь для клинков изготавливалась в Индии и была там известна под названием «вуц».

Индия вела широкую торговлю стальными слитками, которые имели размер хоккейной шайбы. Считалось, что лучшие клинки из индийского вуца куют в Персии; из него же делали щиты и доспехи. Географическое распространение дамасской стали совпадало с распространением мусульманской религии, хотя и в Древней Руси эта сталь также была известна (под названием «булат»).

Разгадать секрет дамасской стали стремились некоторые видные европейские учёные, в их числе Майкл Фарадей, который был сыном кузнеца.

В 1821 году была высказана догадка, существенная для понимания металлургической природы дамасской стали: её необычная прочность, вязкость и вид должны быть обусловлены высоким содержанием углерода.

Железо очень скоро проникло во все области производства, быта и военного дела, так как улучшение способов выплавки сделало его дешёвым металлом. Оно произвело переворот во всех областях производства. Распространение железа оказало влияние и на такие отрасли хозяйства, как рыболовство, охота и др. Важную роль железо сыграло и в изменении методов обработки дерева. Дерево в древности являлось основным материалом для строительства домов, сооружения средств передвижения по суше и воде, изготовления разнообразной утвари и т.д. Поэтому усовершенствование методов обработки дерева при помощи железных инструментов позволило поднять производительность труда в строительном деле.

Особенно большое значение имело железо для развития земледелия. Железный топор и соха с железным лемехом способствовали расширению обработки земли. Железные орудия обеспечили обработку полей не только в безлесных, но и в лесных местах, где приходилось предварительно вырубать деревья.

Обособление ремесла от земледелия

Специализация ремёсел показала, что производительность труда зависит не только от виртуозности работника, но также и от совершенства его орудий.

Возникла дифференциация инструментов, благодаря которой они приобрели прочные формы. Так, в руках кузнеца появились, например, три разновидности молота: кувалда, ручник и молоточек для чеканки.

Если раньше ремесло было подсобным занятием земледельца и скотовода, то теперь гончарное и ткацкое дело, обработка металла, горное дело и другие ремёсла стали основным занятием определённой группы людей.

Строительная техника

Развитие ремёсел и торговли привело к образованию городов. Основными строительными материалами были камень, дерево, кирпич. Распространение того или другого материала во многом зависело от наличия местных ресурсов.

Ведущим строительным материалом камень стал под влиянием потребности в монументальных сооружениях. Такие постройки, как крепостная стена и храм, требовали материалов стойких в отношении огня и атмосферных воздействий.

Железные орудия, обеспечившие возможность более чистой обработки камня, чем их бронзовые предшественники, создали условия для развития каменной архитектуры.

В поисках способа сооружать монументальные здания на основе любых местных ресурсов римские строители применили изобретённый древними греками новый строительный материал – бетон. Приготавливаемый из щебня и известкового раствора, который втрамбовывался в слой щебня, бетон дал возможность строить монументальные сооружения в любом месте. Возможности этого материала были использованы при строительстве Римского Пантеона, где цилиндрической формы здание высотой почти в 22 м, при толщине стены около 7 м, диаметром в 43 м перекрыто литым куполом, изготовленным из бетона.

В Египте кирпич делали уже за 4000 лет до н.э. Его изготавливали из нильского ила и высушивали на солнце. Однако эти кирпичи не были достаточно прочными. Используя опыт гончарного ремесла, человек стал обжигать кирпич-сырец, что повысило его прочность.

Рубка леса в эту эпоху проводилась уже металлическими топорами, широко применялась пила, большую роль при изготовлении отверстий различного диаметра играл бурав.

Горное дело

Характерной особенностью горного дела на заре нашей эры является переход к добыче руд железа, меди и олова. Это потребовало создания новых методов подземной разработки месторождений.

Новым способом явился так называемый огневой способ добычи руды. Ещё в древности человек заметил, что камень, нагретый у костра и затем обливаемый холодной водой, трескался, что облегчало его дальнейшую обработку. Этот принцип и был положен впоследствии в основу подземной добычи медных руд, когда люди встретились с необходимостью разрушения очень твёрдых пород.

Новый этап в развитии горной техники был связан с добычей железной руды, выплавкой железа, а затем и производством орудий труда, оружия и других предметов.

Развитие военной техники

Рабовладельческие государства Древнего Востока постоянно вели войны в целях покорения других народов. История Древней Греции полна войнами между отдельными государствами-городами, метрополиями и колониями, между греческими и восточными государствами. Рим вёл непрерывные войны и в период своего расцвета покорил большую часть известных в то время стран. Это приводило к необходимости совершенствования военной техники.

Воины Древнего Востока, Рима и Греции были вооружены луком и стрелами, копьём и мечом. Железный меч стал основным видом оружия.

Постоянная военная опасность заставляла укреплять города стенами, рвами, насыпями и другими оборонительными сооружениями.

Необходимость ведения как осады, так и обороны городов, требовала создания осадных и оборонительных машин и механизмов. Особенно широкое применение они получили в Древней Греции.

Военная техника, развитие которой стимулировалось непрерывными войнами, в эту эпоху делает огромный шаг вперёд. Уже при Александре Македонском инженер Диад, руководивший осадой Тира и других городов, широко применил изобретённые или усовершенствованные им военные механизмы. Он придумал разборные осадные башни, специальный бурав для сверления крепостных стен, лестницу для подъёма на стены, тараны для разрушения стен.

При осаде города Родоса в 304 г. до н.э. была построена грандиозная осадная башня, высотой 53 м, она передвигалась на 8 колёсах.

Во время осады г. Сиракузы в 213–212 гг. до н.э. Архимед соорудил оборонительные механизмы весьма большой силы. По свидетельству его современников, он построил метательные механизмы, при помощи которых можно было бросать на довольно большие расстояния огромные камни и целые брёвна, топившие римские суда.

При помощи сооружений, построенных Архимедом, защитники города зацепляли специальными захватами неприятельские корабли, поднимали их и, бросив вниз, топили. В результате римляне должны были отказаться от попытки взять город штурмом и перешли к длительной осаде и, только воспользовавшись внутренними раздорами в самом городе, захватили Сиракузы.

Возникновение отдельных отраслей естествознания

Естествознание, как систематическое исследование природы, возникло во второй половине XV в. н.э.

На заре нашей эры из всех отраслей естествознания начинают складываться в самостоятельные науки лишь астрономия и механика, которые обслуживались математикой. Несколько позже стала выделяться химия, в первоначальной форме – алхимия. Что же касается анатомии, медицины и других наук, то они в этот период находились ещё в самом зачаточном состоянии.

Механика возникла с развитием земледелия (в частности, при осуществлении искусственного поднятия воды для орошения в Египте), а также с развитием ремёсел, строительства, судоходства и военного дела.

Решение задач, выдвигавшихся практикой, производством, стимулировало развитие и математики. Однако в целом уровень развития производства и потребность в технике ещё не были настолько высоки, чтобы обусловить выделение естествознания в самостоятельную отрасль знания. Естествознание, естественнонаучные воззрения входили в единую философскую науку. В это время учёные были одновременно и естествоиспытателями, и философами.

Астрономия возникла в глубокой древности в связи с потребностями хозяйства и необходимостью измерять время по движению Солнца, планет, звёзд и ориентироваться на море и на земле. Она была необходима пастушеским и земледельческим народам.

Вначале астрономия была связана с астрологией и использовалась жрецами. Отдельные элементы астрономии были заложены в Древнем Египте. Так, например, накопление астрономических знаний в IV в. до н.э. дало возможность создать календарь. Наблюдения за разливом Нила и за движением небесных светил позволили отметить, что ран-

ний утренний восход звезды Сириуса совпадает с началом подъёма воды в Ниле. Совпадение этих явлений повторялось ровно через 365 дней. Таким образом, была определена продолжительность года. В Древнем Египте он делился на 12 месяцев, по 30 дней каждый, а в конце каждого года, перед началом следующего, прибавлялось 5 дней.

Для наблюдений за звёздами пользовались самыми простыми приборами – отвесом и визировальной дощечкой. Однако при фиксации положения звезд были необходимы часы, которыми можно было бы пользоваться ночью. Известно, что солнечные часы использовались ещё в III в. до н.э. Для наблюдений ночью в Древнем Египте были созданы водяные часы.

Греки стремились дать астрономии математическое обоснование. Они были хорошо знакомы с явлениями, связанными с кажущимся суточным вращением небесного свода и видимым движением планет, они знали о шарообразности Земли и определили длину земной окружности. Знаменитый греческий астроном Аристарх Самосский (около 250 г. до н.э.) выдвинул мысль о вращении шарообразной Земли вокруг оси и о движении её вокруг Солнца, но его взгляды не получили распространения.

Характерным для античной астрономии было учение известного астронома, математика и географа Клавдия Птолемея (II в. н.э.), по которому Земля представлялась неподвижной в центре мира, а небо с планетами изображалось как ряд твёрдых концентрических сфер, окружающих Землю и находящихся в равномерном вращении.

Эта геоцентрическая система мира служила в течение более тысячи лет, вплоть до учения Коперника, основой всех астрономических знаний.

В результате накопления опыта в производстве орудий труда и в создании искусственных сооружений были открыты некоторые законы механики – науки о простейших формах движения материи.

Раньше начала зарождаться статика, основное понятие которой – понятие силы – было тесно связано с мускульным усилием.

Примерно к началу IV в. до н.э. уже были известны простейшие законы сложения и уравнивания сил, приложенных к одной точке, вдоль одной и той же прямой.

Особый интерес привлекала задача о рычаге, теория которого была создана великим учёным древности – Архимедом (около 287 г. – 212 г. до н.э.). В своём сочинении «О рычагах» он установил правило сложения и разложения параллельных сил, дал определение понятия центра тяжести системы двух грузов, подвешенных к стержню, и выяснил условия равновесия такой системы.

Архимеду принадлежит открытие основных законов гидростатики. Достаточно вспомнить известный закон Архимеда, изложенный им в его труде «О плавающих телах».

Наряду с механикой, были открыты и исследованы некоторые законы физики. Так, были проведены наблюдения над притяжением магнита и наэлектризованных тел (Фалес Милетский), установлены законы отражения света в зеркалах (Эвклид), исследовано преломление света (Птолемей).

В III веке до н.э. китайский философ Хэнь Фэй-цзы так описывал устройство современного ему компаса: он имел вид ложки из магнетита с тонким черенком и шарообразной, тщательно отполированной выпуклой частью. Этой выпуклой частью ложка устанавливалась на столь же тщательно отполированную медной или деревянной пластине, так что черенок не касался пластины, а свободно висел над ней, и при этом ложка легко могла вращаться вокруг оси своего выпуклого основания. На пластине были нанесены обозначения стран света в виде циклических зодиакальных знаков. Подтолкнув черенок ложки, её приводили во вращательное движение. Успокоившись, компас указывал черенком (который играл роль магнитной стрелки) точно на юг. Таким был самый древний прибор для определения сторон света.

Исторический закон физики – **закон сохранения массы**, согласно которому масса как мера количества вещества сохраняется при всех природных процессах, т.е. несотворима и неуничтожима. Одним из первых его, как закон сохранения материи, сформулировал древнегреческий философ Эмпедокл (V в. до н.э.): «Ничто не может произойти из ничего, и никак не может то, что есть, уничтожиться».

Физико-механические знания древних учёных нашли отражение в работах Герона Александрийского (около I в. н.э.). Среди дошедших до нас произведений Герона наибольший интерес представляет «Театр автоматов», или, точнее, «Об искусстве изготовлять автоматы». В этом труде содержится описание того, как простейшими механизмами, с помощью груза и системы блоков, а также зубчатых колёс и рычагов, можно получить автоматическое движение различных фигурок, которые могли бы разыгрывать перед зрителями целые пьесы.

Герон сделал целый ряд открытий и в области физики. В своих трудах он описал также открытия, принадлежащие другим учёным. Среди открытий, описанных Героном, следует упомянуть так называемый «геронов шар», в котором водяная струя выбрасывается посредством сжатого воздуха. Герон предложил основанный на этом же принципе паровой шар или «эолипил», представлявший собой полый шар, укрепленный на оси. В него впускается пар из особого резервуара, в котором вода подогревается до точки кипения. В шар вставлены

две трубки с загнутыми в противоположные стороны концами. Пар, вырываясь из трубок, приводит шар в быстрое движение. Но принцип этого изобретения практически мог быть использован лишь спустя много столетий. По сути, это первая паровая турбина, которая в настоящее время используется на теплоэлектростанциях.

В «Катоптрике» Герон обосновывает прямолинейность световых лучей бесконечно большой скоростью их распространения. Он приводит доказательство закона отражения, основанное на предположении о том, что путь, проходимый светом, должен быть наименьшим из всех возможных. Исходя из этого принципа, Герон рассматривает различные типы зеркал, особое внимание уделяя цилиндрическим зеркалам.

В астрономии и механике использовались достижения математики.

Этот период – период элементарной математики – начался в Древней Греции и продолжался до начала XVII в. Математика в Древней Греции получила дальнейшее развитие в философских школах Фалеса, Пифагора, Платона, Аристотеля, Демокрита. Большой вклад в развитие математики сделали Эвклид, Архимед, Эратосфен.

В знаменитых «Началах» Эвклида геометрия вылилась уже в строго продуманную логическую систему, в них были впервые заложены основы систематической теории чисел.

В этот период наблюдается развитие математики и в других странах. В IV веке до н.э. в Индии уже было накоплено много знаний в области математики, астрономии, медицины и других наук.

Наиболее важное значение для развития математики имело создание индийскими учёными современного начертания чисел. Индийские математики уже умели решать уравнения с двумя неизвестными.

Ещё большие успехи в создании некоторых областей естественных наук были сделаны в Древнем Китае, где зародился целый ряд важнейших изобретений, сыгравших впоследствии значительную роль в развитии человеческого общества. В области математики китайские учёные сделали большие открытия.

Так, например, в сочинении «Арифметика» (в 10 книгах), составленном китайскими учёными в первой половине II в. до н.э. по ранним источникам, излагаются приёмы решения системы уравнений первой степени с двумя неизвестными. В этой же книге приводятся способы извлечения квадратного и кубического корня.

Развитие представлений о строении материи

Использование огня, добыча металлов из руд, приготовление красок, вин, мыла привели к использованию химических процессов в практической жизни сначала без теоретического объяснения (не считая мифологических «Элементов Хаоса»).

Очередная попытка теоретического обоснования строения материи предпринята Эмпедоклом в V в. до н.э. Он предложил считать основными элементами (стихиями) Воду, Огонь, Воздух и Землю. Эти так называемые «корни» вещей заполняют всё пространство и находятся в постоянном движении, перемещаясь, смешиваясь и разъединяясь.

В IV веке до н.э. Демокрит, развивая учение Эмпедокла, предложил считать тела – комбинацией **атомов**. Весь Мир Демокрит представлял как систему атомов, движущихся в пустоте. При хаотичных столкновениях атомы либо сцепляются, либо разлетаются.

В III веке до н.э. Платон развил учения Эмпедокла и Демокрита, сопоставив каждому из этих элементов-стихий свой цвет и свою пространственную фигуру атома (рис. 8):

- огню – красный цвет и тетраэдр;
- воздуху – жёлтый цвет и октаэдр;
- воде – синий цвет и икосаэдр (20 граней),
- земле – зелёный цвет и гексаэдр (куб).

По поводу пятого элемента – додекаэдра, Платон говорил, что «...его Бог определил для Вселенной и прибегнул к нему в качестве образца».

По мнению Платона, из комбинаций этих «кирпичиков» и построен весь материальный мир.

Использование именно этих фигур Платон объяснял так: «Жар огня ощущается чётко и остро, как маленькие тетраэдры; воздух можно почувствовать с трудом – он состоит из гладких мельчайших октаэдров; вода, если её взять в руку, выливается, как будто она сделана из множества маленьких шариков, к которым ближе всего икосаэдры; земля рассыпается в руках, потому что в противоположность воде (икосаэдрам) состоит из кубиков».

Это учение было унаследовано Аристотелем, который ввел пятый элемент – **эфир** из которого, по его мнению, сделаны небеса. Однако форму оставшейся пространственной фигуры – додекаэдра, Аристотель этому элементу не сопоставил.



Рис. 8. Платоновы тела

К концу железного века начинает зарождаться алхимия, вступающая в первый этап своего развития, носящий название *Александрийская алхимия II – VI веков*. Три тысячелетия истории Египта и Греции создали условия для её возникновения и развития.

Значение слова «**алхимия**» восходит к арабскому языку (al-kimia) – наука о строении вещества, сокровенное искусство. В современном понимании – это средневековая мистическая наука, предшествовавшая химии, искавшая так называемый философский камень, средство превращения простых металлов в драгоценные и т.п.

Алхимия следует идеям Аристотеля о четырёх элементах-стихиях (земля, вода, огонь, воздух), носителях четырёх качеств: теплоты, холода, сухости и влажности.

Основными представителями алхимии того времени являются:

– Болос (Псевдо-Демокрит) (III в. до н.э.), который исследовал возможность трансмутации (перехода, преобразования) свинца в золото и железа в золото;

– Зосима из Панополиса (IV–V вв.), написавший 28 книг по химии, в которых рассмотрел приёмы имитации золота и серебра, получение амальгам, получение ацетата свинца, описание алхимических приборов; впервые выдвинул идею алхимического медиатора – «посредника» при получении золота (философский камень).

Важнейшим изобретением эпохи железного века, кроме открытия железа, является бумага. Древнейшие археологические находки позволяют отнести создание бумаги ко II веку до нашей эры. Производство бумаги в древнем Китае связано с другим знаменитым китайским ремеслом – производством шёлка, так как из луба шелковицы, измельчённого и истолчённого с водой в деревянной ступе в кашицу, делается первая бумага. Кашица затем вычерпывалась ситом из шёлковых нитей, выливалась на гладкую деревянную доску и клалась под пресс. Отжатые листы подвергались сушке. Для изготовления бумаги использовались также обрезки шёлковой ткани и коконы шелкопряда. Новый материал применялся не только для письма. Из него изготавливались вееры, зонты, шторы, ширмы.

В эпоху железного века происходило накопление знаний и в других областях естествознания – физиологии, анатомии, биологии, географии и тому подобном, но они не выделялись из общей философской науки.

Медицина

В Китае уже за 1000 лет до н.э. врачи умели прививать здоровому человеку лёгкую оспу и тем самым защищали его от заражения более тяжелой формой. Из Китая этот способ распространился по всему Востоку, а в начале XVIII века привлёк внимание европейцев.

Древнейшими открытиями человеческой культуры по праву считаются вино и пиво. Вино известно человечеству не менее 4000 лет (об этом свидетельствуют результаты биохимического анализа осадка содержимого керамического сосуда, черепки которого недавно обнаружили на юге иранского нагорья).

В Египте 4000 лет назад вино и, особенно, пиво были общенациональными напитками. Шумные застолья с обильными возлияниями назывались вакханалиями. Не слишком шумные встречи друзей за чашей вина – симпозиумами. В 186 году н.э. вышел императорский декрет: вакханалии запрещены, симпозиумы разрешены. Нельзя не упомянуть и описанное в Библии Чудо в Кане Галилейской, когда Иисус превратил воду в вино. А на стенах Киево-Печерской лавры можно прочитать следующую фразу: «Где лозы растут виноградны – там людям дни отрадны».

Уже в те времена технология изготовления благородного напитка достигла такой степени совершенства, что прошедшие тысячелетия мало её изменили.

Царь Вавилона Хаммурапи (1792 – 1750 до н.э.) повелел высечь на камне: пивовары, уличённые в частом разбавлении пива водой, будут жестоко наказаны: либо они будут утоплены в собственных пивных сосудах, либо их заставят пить изготовленную бурду до тех пор, пока они не упыются до смерти.

В 1500 году до н.э. впервые описан процесс перегонки вина в знаменитом «Папирусе Эберса». К 440 году до н.э. относится сообщение Геродота о том, что аборигены Закавказья употребляют напиток из перегнанного виноградного вина. Но всё выше написанное относится, скорее, к началу производства коньяка или, точнее, бренди, а не водки в современном значении этого слова.

На протяжении всей истории медицины не было периода, когда бы ни практиковались операции по реконструкции внешности человека. Индийский медик и писатель Сушрута (500 г. до н.э.), автор важнейшего и древнейшего индийского медицинского трактата, основатель индийской медицинской школы, проводил операции в области пластической хирургии, операции на глазах и внутренних органах.

Когда в 293 г. до н.э. тяжёлая моровая язва посетила Рим, священные книги дали знать, что эпидемия прекратится, если перевезут в Рим бога Эскулапия из его Эпидаврского святилища.

Эскулап или, правильнее, *Эскуланий* (лат. *Aesculapius*, из греч. Ἀσκληπιός) – то же самое, что Асклепий: древнеримский бог врачесного искусства, который, вместе с его божественным представителем, проник в Рим в начале III в. до н.э.

В храме Эскулапа практиковался способ лечения больных посредством инкубации, во время которой они получали во сне необходимые советы; выздоровевшие посвящали богу обетные дары и благодарственные надписи.

По праву «отцом медицины» считают знаменитого древнегреческого врача Гиппократ (420 г. до н.э.). Гиппократ является одним из первых, кто учил, что заболевания возникают вследствие природных причин, отвергая существовавшие суеверия о вмешательстве богов. Он выделил медицину в отдельную науку, отделив её от религии, за что и вошёл в историю как «отец медицины».

Гиппократу принадлежат многие крылатые выражения:

– «Жизнь коротка, искусство вечно» – здесь он говорит о том, что искусство настолько велико, что на овладение им не хватит человеческой жизни;

– «Противоположное излечивается противоположным» (основоположник гомеопатии Самюэль Ганеман в 1790 г. предложил лечить «подобное – подобным», противопоставив гомеопатию медицине);

– «Не навреди» – главная заповедь врача.

Внук Аристотеля Герофил (280 г. до н.э.) изучил нервную систему и установил различие между сенсорными и двигательными нервами. Наиболее известны работы Герофила по исследованию пульса. Он первым определил его частоту, указал на диагностическое значение этого параметра.

Биология

Основы знаний о животных и растениях были заложены в трудах Аристотеля и его ученика Теофраста.

От Аристотеля (384 – 322 гг. до н.э.) осталось значительное количество сочинений, посвящённых животным. В трактатах «О частях животных» и «История животных» Аристотель рассмотрел вопрос о том, каким образом следует заниматься познанием животных, заниматься одним животным за другим по отдельности (от частного к общему – «индукция») или же сначала познавать общее для всех, а потом всё более и более частное (дедуктивный метод познания), и сделал выбор в пользу второго способа.

Книга Теофраста (370 – 280 г. до н.э.) «Исследования о растениях» развивала идеи Аристотеля о необходимости формулировать определения на основе сущностных свойств в отношении растений.

Важную роль сыграли сочинения Диоскорида (др. греч. военный врач, один из основателей ботаники, 40 г. н.э.), составившего описания лекарственных веществ (и среди них около 600 растений), и Плиния,

попытавшегося собрать сведения обо всех природных телах в своей «Естественной истории».

«Естественная история» – составленная ок. 77 г. Плинием для императора Тита энциклопедия природных и искусственных предметов и явлений послужила прообразом всех последующих европейских энциклопедий в плане объёма, цитирования авторов тех или иных утверждений и наличия указателя содержания.

В 37 книгах своей энциклопедии Плиний касается таких разделов, как математика и физика, география и этнография, антропология и физиология, зоология, ботаника и садоводство, фармакология, горное дело, минералогия, искусство.

Технология

Развитие технологий выплавки железа повлекло за собой изменение конструкций металлургических печей. Широко применяемые в настоящее время в литейном производстве вагранки – печи для выплавки чугуна, берут свое начало с V в. до н.э. [6]. Конечно, агрегаты того времени были похожи на вагранки лишь отчасти – имели основные конструктивные элементы – шахту, фурму для подачи дутья, лётку и желоб для выпуска металла и шлака, но технология, состоящая в получении чугуна, была подобна современной.

В IV веке индийские металлурги воздвигли недалеко от Дели железный столб (железная колонна раджи Дхавы) высотой 6,7 м, диаметром 1,37 м. Столб, выдержавший без последствий полуторатысячелетние коррозионные испытания в весьма агрессивной атмосфере этого влажного региона, служит ярким примером торжества материаловедения и остаётся археологической загадкой. В 1739 году в него было выпущено пушечное ядро, не причинившее столбу ни малейшего вреда.

Проведенные исследования показывают, что внутри колонны на высоте около 3 м от земли имеется дополнительный источник энергополевого излучения, выполненный в виде небольшого спрессованного прямоугольного пакета из тонких листов неизвестного радиоактивного металла. Источник излучения вставлен внутрь колонны через просверленное, а затем заглушенное отверстие. Возможно, там находится послание потомкам.

В природе встречается вулканическое стекло – обсидиан. Своим современным названием он обязан римскому гражданину Обсидию, который привёз его из Эфиопии в Древний Рим.

Первая письменная технология производства стекла зафиксирована в библиотеке ассирийского царя Ашурбанипала (650 г. до н.э.).

Настоящий переворот в технологии стекольного производства произошёл после открытия метода выдувания при помощи тонкой металлической трубки. Это открытие сделали неизвестные сирийские мастера на рубеже новой эры (между 27 годом до н.э. и 14 годом н.э.). Этот метод, позволивший существенно изменять форму стеклянных сосудов, практически не изменился до нашего времени.

И ещё одно важное изобретение принадлежит римским мастерам: они первые научились изготавливать плоское стекло, тонкое и прозрачное. Известно, что оно появилось во времена правления императора Тиберия (14 – 37 гг. н.э.) и использовалось при сооружении оранжерей, в которых выращивались дыни для императорского стола. Овладение технологией производства плоского стекла позволило римлянам заменить слюду, которую они вставляли в окна своих домов.

Итак, крупнейшим достижением этого периода является освоение способов выплавки железа. Наряду с ранее известными методами обработки металлов, используются литьё, пайка, волочение и частично сварка. Постепенно совершенствуются обработка металлов, ткачество, производство гончарных изделий и другие ремёсла. Потребности в строительном материале, расширение добычи руд способствуют развитию горного дела и созданию новых методов разработки полезных ископаемых (огневой способ).

Зарождение естественных наук положило начало отделению физического труда от умственного и возникновению противоположности между ними.

8. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

Хронологические рамки эпохи Средневековья определяются концом V – концом XV века.

К концу IV века теряющая своё могущество Римская империя разделилась на две части – Восточную и Западную. В состав Восточной Римской империи входили: Балканский полуостров (современная Юго-Восточная Европа – Болгария, Греция, Италия, Румыния, Турция, Черногория и др.), Малая Азия (часть территории современной Турции), Сирия, Палестина, Египет, часть Армении, часть Месопотамии, острова Средиземного моря (Крит, Кипр, Родос и др.), Крымский полуостров. В состав Западной Римской империи входили территории современной Италии, Испании, часть Франции, Австрия, Северная часть Африки, Тунис, острова Корсика, Сардиния и Сицилия.

Вскоре Западная империя пала под натиском племён варваров, вандалов, готов и гуннов. Являясь центром цивилизации и мировой науки, теперь она была поделена между многочисленными завоевате-

лями, которые начали заселять её территории. Вместе с падением Западной Римской империи пришла в упадок и наука.

Единственной культурной и цивилизационной частью, оставшейся от Древнего Рима, была Византия (Восточная Римская империя). Однако противостояние христианской церкви и античной образованности привело к упадку последней. Развитию естествознания препятствовало господство схоластического богословского мировоззрения.

Наиболее значимым изобретением византийцев того времени был «греческий огонь», который представлял собой смесь негашёной извести, серы и нефти или битума. Этот состав использовался в морских сражениях, его нельзя было ничем потушить, он горел даже на поверхности воды. «Греческий огонь» является прообразом огнемёта и напалмовых смесей.

Наибольшее влияние на развитие наук (медицины, биологии и химии (алхимии)) в эпоху Средневековья оказали арабы, которые к середине VIII в. захватили большую часть территории Средиземноморья.

Медицина

В Средние века главным образом была развита практическая медицина, которой занимались банщики-цирюльники. Они делали кровопускания, вправляли суставы, ампутировали. В Позднее Средневековье авторитет банщика-цирюльника как практического лекаря стал возрастать, именно к ним чаще всего обращались больные. К мастерству банщика-лекаря предъявлялись высокие требования: он должен был в течение восьми лет пройти срок ученичества, сдать экзамен в присутствии старейшин цеха банщиков, представителя городского совета и докторов медицины.

Ал-Кинди (801 – 873 гг.) в своём труде «О фармакопее» вводит в медицину измерительные методы. В книге содержатся указания по изготовлению, проверке качества лекарств. Определены высшие дозы препаратов и установлены требования к лекарственному сырью.

Выдающийся хирург своего времени Аз-Захрави (936 – 1013 гг.) поднял хирургию до ранга самостоятельной науки, его трактат «Ташриф» («О хирургии и инструментах») – первый иллюстрированный труд по хирургии. Он стал применять антисептические средства при лечении ран и кожных повреждений, изобрёл нити для хирургических швов и около 200 хирургических инструментов.

В IX веке персидский врач Ар-Рази впервые выделил этанол путём перегонки. Жидкость использовалась исключительно в медицинских целях, так как Коран запрещает употребление алкоголя.

Большую роль в развитии медицины сыграл персидский учёный, врач и философ Абу Али ибн Сина (Авиценна) (980 – 1037 гг.) – последователь учения Аристотеля. Одним из его значимых энциклопедических трудов был «Канон врачебной науки». Авиценна указывал на то, что познание вещи приобретается через познание её причин и начал, а если их нет, то через познание её акциденций (случайных, несущественных свойств) и обязательных существенных признаков. В работе тщательно исследованы причины здоровья и болезни, материалы, из которых состоит человеческое тело, детально изучена структура человеческого глаза, описано влияние различных факторов (погода, воздух, ветер, сон, пища) на состояние здоровья человека.

Одна из глав посвящена воде, её свойствам при различных воздействиях (ветры, кипячение, замерзание и т.п.) и пользе для человека. Рассмотрены свойства родниковых вод, речных, дождевых, подземных, влияние на них земли, песка, свинца (свинцовых труб), камней, железа, соли, нашатыря, квасцов.

Заложены основы диагностики различных заболеваний, подробно описаны причины, действующие на различные органы и вызывающие заболевания, описаны свойства и рецепты 2600 лекарственных средств, 1400 из которых растительного происхождения.

Биология

Систематические исследования лекарственных растений медицины средневековья привели к зарождению ботаники (828 – 896 гг.), а познания в области животного мира – к зарождению зоологии (781 – 869 гг.).

Одним из величайших учёных мусульманской Испании, ботаником и фармацевтом Средневековья был Ибн аль-Байтар (конец 1197 – 1248 г.). Основными его трудами являются энциклопедия растений, содержащая около 1400 различных наименований (в основном лекарственных растений и овощей), из которых около 200 растений не были известны ранее.

Вклад Ибн аль-Байтара в ботанику состоит в проведённых исследованиях, анализе и классификации растений на огромной территории.

Алхимия средних веков – физикомистика

Вторым этапом развития алхимии является алхимия средних веков (физикомистика), началом которой послужила арабская алхимия. Завоевав в VII в. Египет, арабы не только усвоили Александрийскую алхимию, но и преумножили в ней также многие научно-технические познания, которые затем переняли алхимики из Европы.

В средневековой алхимии мистика занимала очень большое место. Алхимики-мистики ставили перед собой следующие задачи:

- приготовление Эликсира или Философского камня;
- создание гомункулуса – подобного человеку существа;
- приготовление алкагеста – универсального растворителя;
- восстановление растений из пепла;
- приготовление мирового духа – магической субстанции, способной растворять золото;
- извлечение квинтэссенции – сути вещей, основы основ;
- приготовление жидкого золота, совершеннейшего средства для излечения.

Для достижения поставленных целей были предназначены 12 основных алхимических операций, которые соотносились с определёнными созвездиями зодиака.

По мистическим соображениям, сурьму и мышьяк алхимики не признавали металлами, так как для них не хватает планет, которых в то время знали всего семь. Мистическая связь алхимии и астрологии имела для алхимиков большее значение, чем факты. Тем не менее, алхимия Средневековья добилась значительных успехов.

Важнейшей составной частью пороха является селитра (минералы, содержащие нитраты щелочных и щелочноземельных металлов). В некоторых областях Китая она встречалась в самородном виде и была похожа на хлопья снега, припорошившего землю. Разжигая огонь, китайцы могли наблюдать вспышки, возникавшие при горении селитры с углем. Впервые свойства селитры описал китайский медик Тао Хун-цзин, живший на рубеже 500 и 600 гг. С этого времени она применялась как составная часть некоторых лекарств. Алхимики часто пользовались ей, проводя свои опыты.

В VII веке (ок. 650 г.) один из них, Сунь Сы-мяо, приготовил смесь из серы и селитры. Нагревая эту смесь в тигле, он вдруг получил сильнейшую вспышку пламени. Этот опыт он описал в своём трактате «Дань цзин». Считается, что Сунь Сы-мяо приготовил один из первых образцов пороха, который, правда, не обладал ещё сильным взрывчатым эффектом. В дальнейшем состав пороха был усовершенствован другими алхимиками, установившими опытным путём три его основных компонента: уголь, серу и калиевую селитру.

Арабский учёный Абу Муса Джабир ибн Хайян (латинизированное имя – Гебер) (721 – 815 г.) родился в Иране, в семье аптекаря Хайяна аль Азди, происходившего из Йемена. Полагают, что сам Джабир ибн Хайян является автором всего нескольких работ из сотен алхимических трактатов, подписанных его именем. Алхимия в этих

трактатах следует идеям Аристотеля о четырёх элементах-стихиях, носителях четырёх качеств: теплоты, холода, влажности и сухости.

Среди сочинений Джабира ибн Хайяна наиболее интересна «Книга семидесяти», представляющая собой своего рода энциклопедию, состоящую из 70 глав, посвящённых различным теологическим, политическим и естественнонаучным вопросам. В последних главах «Книги семидесяти» он приводит сведения о металлах и минералах.

Из разнообразных веществ, встречающихся в природе, в центре внимания Джабира находятся семь металлов; много внимания он уделяет и минералам.

Джабир ибн Хайян описывает также различные химические операции (перегонку, возгонку, растворение, кристаллизацию и др.), а также некоторые химические препараты (купоросы, квасцы, щелочи, нашатырь и др.), излагает способы получения уксусной кислоты, слабого раствора азотной кислоты, свинцовых белил.

Процесс получения спирта был открыт в различных регионах земного шара практически одновременно. Однако считают, что спирт в чистом виде первыми получили арабы (Ар-Рази).

Среди алхимических сочинений Ар-Рази (865 – 925 гг.) наиболее известны «Книга тайн» и «Книга тайны тайн».

Ар-Рази описал различные химические аппараты и приборы, химические операции. В «Книге тайн» он разбил весь материал алхимии на три основных раздела:

- познание вещества;
- познание приборов;
- познание операций.

Ар-Рази впервые в истории химии предпринял попытку классифицировать все известные ему вещества. Он разделил их на три больших класса:

- землистые (минеральные) вещества;
- растительные вещества;
- животные вещества.

Минеральные вещества Ар-Рази, в свою очередь, разделил на 6 групп:

- «духи» (спирты, летучие вещества); к этой группе он относил ртуть, нашатырь, аурипигмент или реальгар (сульфид мышьяка AsS), и серу;
- «тела» (т.е. металлы), всего их семь: золото, серебро, медь, железо, олово, свинец, цинк;
- «камни», тринадцать видов: марганцовая руда, бурый железняк, малахит, бирюза, слюда, гипс и т.д.;
- купоросы, шесть видов;

- «бораки», шесть видов (минералы бора, бораты);
- «соли», одиннадцать видов: хорошая соль (поваренная), горькая, каменная, белая, нефтяная, индийская, китайская соль, поташ, соль мочи, известь и соль золы.

Растительные вещества Ар-Рази не перечислял, упоминая лишь о том, что они редко употребляются. Из животных веществ он выделял: волосы, кости, мозг, желчь, кровь, молоко, рог и т.п.

Среди аппаратов и приборов, описанных в сочинениях Ар-Рази, фигурируют, в частности, кубки, колбы, тазы, стеклянные блюда для кристаллизации, кувшины, кастрюли, горелки, нефтяные лампы, жаровни, печи для плавки, напильники, шпатели, ковши, ножницы, молотки, щипцы, песчаные и водяные бани, фильтры из тканей и шерсти, воронки, ступки с пестиками, сита металлические, волосяные и шёлковые и другие приборы и принадлежности.

Ар-Рази описал и различные химические операции, в частности плавление тел, декантацию, фильтрование, дистилляцию, сублимацию (возгонку), амальгамацию (извлечения металлов из руд растворением в ртути), растворение, коагуляцию (сгущение).

Представитель европейской алхимии – великий немецкий учёный Альберт Великий (1193 – 1280 гг.) впервые выделил в чистом виде мышьяк. Наиболее известные среди его сочинений «Пять книг о металлах и минералах», «Малый алхимический свод», где он подробно описал конструкции печей и алхимических манипуляций.

Английский учёный Роджер Бэкон (1214 – 1292 гг.) (создатель очков) в рамках развития алхимии пишет книги «О тайнах природы и искусства и о ничтожестве магии» и «Роль эксперимента (внешний и внутренний опыт)».

В XIV веке в Европе получили широкое распространение приписываемые Джабиру (Геберу) сочинения «Сумма совершенств, или учение о высоком искусстве облагораживания металлов», «Книга об исследовании облагораживания металлов» и другие алхимические трактаты. На самом деле эти трактаты написаны испанским алхимиком, подлинное имя которого осталось неизвестным. От имени легендарного арабского ученого он систематически изложил сведения по теории и практике алхимии. В сочинениях Псевдо-Гебера приводится множество сведений из области практической алхимии. В частности, описывается аппаратура для различных химических операций, а также способы отделения золота от серебра и серебра от свинца. Исторически важно и то, что Псевдо-Гебер описал сильные минеральные кислоты, в частности, азотную кислоту, которую впоследствии стали называть «крепкой водкой», и серную кислоту. Им описана также и «цар-

ская водка», которую он получал перегонкой селитры, купороса, квасцов и нашатыря.

Во второй половине XV в. (1460 – 1500 гг.) в Эрфурте (Германия) жил и работал алхимик Василий Валентин. Некоторые историки ставят под сомнение подлинность приписываемых ему сочинений и само существование Василия Валентина; предполагается, что его трактаты (например, «Трактат о естественных и сверхъестественных предметах металлов и минералов») были написаны разными людьми не ранее второй половины XVI в.

Тем не менее, к заслугам Василия Валентина относят то, что им впервые получена соляная кислота (нагреванием поваренной соли с железным купоросом), изучено её действие на металлы; подробно описана сурьма, способ её получения и соединения сурьмы; описаны соединения цинка, олова, свинца, кобальта.

Развитие теории Аристотеля о строении материи

Чтобы дать характеристики свойств всех веществ, в особенности таких свойств металлов, как плавкость, ковкость и металлический блеск, Джабиру ибн Хайяну было недостаточно пяти Аристотелевых элементов (земля, огонь, воздух, воду, сущность (эфир)).

Развивая теорию Аристотеля, Джабир предложил ртутно-серную теорию происхождения металлов. Он ввёл представление о начале металличности (ртути) и начале горючести (серы) как двух составных частей металлов. Сера рассматривается им в качестве **«принципа горючести»**, ртуть – **«принципа металличности»** [17]. Следствием теории являлось то, что сера и ртуть, соединяясь в различных отношениях, образуют семь металлов. Золото, как наиболее совершенный металл, образуется, только если вполне чистые сера и ртуть взяты в наиболее благоприятных соотношениях.

Поскольку свойства таких веществ, как соли металлов, довольно сложно объяснить с использованием двух принципов, Ар-Рази в конце IX в. усовершенствовал теорию, добавив в неё третий принцип, **«принцип твёрдости»** – философскую соль. Ртуть и сера образуют твёрдые вещества лишь в присутствии этого третьего принципа.

Несмотря на ошибочность этой теории, её можно рассматривать как первый шаг на пути развития учения о химических связях в веществе.

Физика

К достижениям средневековых учёных в области физики, которые в усовершенствованном виде используются и в настоящее время, можно отнести увеличительные стёкла, как первый шаг к созданию очков

и других оптических приборов. В X веке появилось достаточно убедительное научное сочинение из области оптики. Его создал арабский учёный Ибн аль-Хайсам (Альгазен). Он довольно точно излагает особенности преломления световых лучей через такие стёкла и высказывает очень важную мысль: «Если смотреть через сегмент стеклянного шара, то он мог бы увеличивать предметы».

В 1249 году Роджер Бэкон (1214 – 1294 гг.) описал сегмент стеклянного шара, считая его хорошим средством для тех, у кого слабые глаза.

Принцип работы современного штангенциркуля основан на том, что человек точнее замечает совпадение делений, а не их расположение друг относительно друга. Принцип нониуса (дополнительной шкалы штангенинструмента) был открыт Авиценной в XI веке. Современная конструкция шкалы предложена французским математиком Вернье (1631 г.), а название «нониус» шкала получили в честь португальского математика Нуниша (1502 – 1578 гг.), который изобрёл прибор, основанный на том же принципе.

Технология

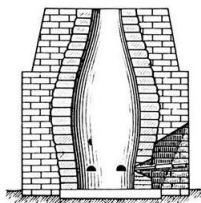
В IX веке освоена технология ксилографии – перенесения изображения с деревянных досок на ткань или бумагу. В наши дни в Британской библиотеке хранится первая ксилографическая книга «Алмазная сутра» (868 г.), сделанная китайским мастером Ван Чи.

Между 1041 и 1049 гг., китаец Би Шэн придумал изготавливать наборный шрифт из обожжённой глины. С XIII века начали вырезать картинки на досках с кратким текстом. Текст выходил белым, а все остальное чёрным.

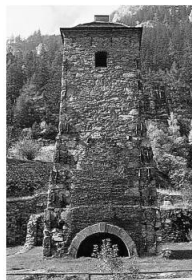
История книгопечатания в современном смысле этого слова начинается с того момента, когда стали изготавливать металлические, подвижные, выпуклые буквы, вырезанные в зеркальном отображении. Это гениальное изобретение (1450 г.) принадлежит немецкому ювелиру и изобретателю Иоганну Гутенбергу (1400 – 1468 гг.).

Кроме изобретения способа печати с наборных литер, Гутенберг изобрёл печатный пресс, инструмент для отливки литер и типографский сплав «свинец–олово–сурьма» (гарт). В таком сплаве сурьма уменьшает усадку и повышает твёрдость сплава, а олово улучшает литейные свойства сплава и понижает температуру плавления.

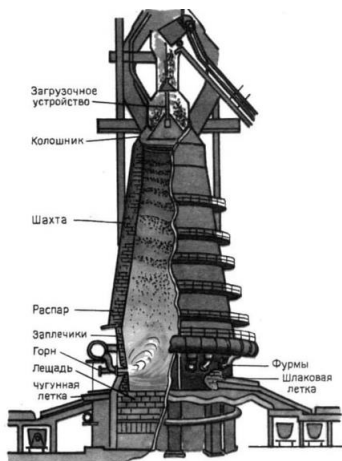
В средние века, когда спрос на железо стал возрастать, в металлургии всё чаще приходилось использовать тугоплавкие руды. Для извлечения из них железа требовалась более высокая температура «плавки». В то время знали только два способа её повышения: увеличение высоты печи и усиление дутья.



Штукофен



Блауофен



Домна

Рис. 9. Эволюция металлургических печей

Так, постепенно к XIII в. из сыродутной печи образовалась более высокая и более усовершенствованная плавильная печь, получившая название штукофена (рис. 9), т.е. «печи, выделяющей крицу». Это была печь высотой 3...4 м, для приведения в движение мехов требовалось несколько человек, либо водяной двигатель. Штукофен имел дверцы, через которые раз в сутки извлекалась крица. Производительность штукофена составляла до 250 кг железа в сутки.

Штукофены были первой ступенью на пути к доменной печи (рис. 9).

Металлурги того времени понимали, что чем выше температура плавки, тем большую часть железа из руды можно восстановить. Поэтому пути повышения эффективности штукофенов они видели в увеличении высоты трубы и в предварительном подогреве воздуха.

В середине XV в. в Европе появились печи нового типа – блауофены (рис. 9). Эти печи были в 2 раза выше штукофенов. Более высокая температура значительно повысила выход железа из руды, но она же повысила и долю науглероженного железа. Теперь уже не 10%, как в штукофене, а 30% выхода составлял чугун. Блауофенный чугун, как и штукофенный, застывал на дне печи, смешиваясь со шлаком. Он выходил несколько лучшим, так как его самого было больше, следовательно, относительное содержание шлаков выходило меньше, но он продолжал оставаться малопригодным для литья. Чугун, получаемый

из блауофенов, оказывался уже достаточно прочен, но оставался ещё очень неоднородным. Из него выходили только предметы простые и грубые – кувалды, наковальни, пушечные ядра. Постепенно негодный чугу́н стали выбирать из остывшего шлака и пускать во вторую переплавку. Оказалось, что чугу́н быстро плавится в горне при более низкой температуре, что требует меньше топлива и времени, а получаемое кричное железо по своему качеству не только не уступает, но даже по многим показателям лучше того железа, которое получали из руды.

Таким образом, пришли к идее двухступенчатого процесса плавки. Усовершенствованные блауофены превратились в печь нового типа – доменную, которая предназначалась только для получения чугуна.

Первая стадия плавки получила название доменного процесса, вторая (переплавка чугуна в крицу) – кричного передела.

Древнейшие домы появились на северо-западе Германии (Вестфалия) во второй половине XV в. Конструкции их отличались от блауофенов тремя чертами: большей высотой шахты, более сильным воздуходувным аппаратом и увеличенным объёмом верхней части шахты. В этих печах достигалось значительное повышение температуры и ещё более длительная ровная плавка руды. Такая доменная печь при высоте 4, 5 м давала в день до 1600 кг чугуна.

Важнейшей особенностью доменного процесса является его непрерывно опускающийся и наращиваемый сверху новыми порциями шихты столб материалов.

9. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЭПОХИ ВОЗРОЖДЕНИЯ

На протяжении почти всей эпохи Средневековья на территории бывшей Римской империи шли войны. Сначала это были войны, направленные на завоевание Западной Римской империи, потом – войны Византии с арабским халифатом, и наконец – отвоевывание христианскими народами территорий, захваченных арабами.

Таким образом, к началу XVI в. сложились предпосылки к укрупнению отдельных видов производства, появлению заводов и фабрик вместо крестьянских хозяйств и смене феодального строя капиталистическим.

На смену Средневековью приходит эпоха Возрождения, начавшаяся в XVI в. и продлившаяся до середины XVII в.

Благодаря развитию печатного дела всё больше появляется книг, освещающих практические вопросы математики, приёмы добычи руд, способы изготовления лекарств и тому подобного. Несмотря на то, что многие из авторов, следуя алхимической гипотезе, всё ещё пытались

превратить свинец в золото, тем не менее, накапливался практический опыт, и находились ответы на загадки природы.

В XVI веке сложились предпосылки к тому, чтобы «вырвать мир из власти суеверий». Это прослеживается в высказываниях многих прогрессивных учёных того времени. Французскому математику Рене Декарту (1596 – 1650 гг.) принадлежит высказывание: «Я мыслю, следовательно, я существую», Френсис Бэкон говорил о том, что познание вещей и расширение власти человека над природой является основной целью общества. Ему принадлежит высказывание: «Знание – сила».

Из средневековой философии постепенно начали выделяться науки – математика, физика, астрономия и др.

Медицина

Медики Западной Европы в XVI в. стремились овладеть чуть ли не всеми научными знаниями. Они изучали математику и астрономию, так как им нужно было учитывать влияние небесных светил на здоровье. Для познания причин болезней им требовалось владение физикой. Зоология и ботаника входили в круг их непосредственной специализации, так как практически все лекарства были растительными. Химия, благодаря которой появлялись новые средства для излечения болезней, тоже входила в изучаемые ими науки. Хотя мечтания о панацее – универсальном лекарстве из золота, ещё не заглохли, успехи медицины были чрезвычайно велики.

Одним из первых изучать человеческий организм с помощью проведения вскрытий стал нидерландский врач и анатом Андреас Везалий (1514 – 1564 гг.). В 1543 году Везалий издал свой главный труд «О строении человеческого тела», в котором обобщил и систематизировал достижения в области анатомии.

В 1527 году швейцарский алхимик, врач, философ и естествоиспытатель Парацельс начал читать лекции по медицине в Базельском университете. Он преподавал по собственным сочинениям. Парацельс говорил, что в основе медицины лежит опыт. Для доказательства должны служить не авторитеты, а опыты и соображения. Опыт – высший учитель.

Парацельс, унаследовав ртутно-серную теорию Джабира ибн Хайяна, учил, что живые организмы состоят из ртути, серы, солей и ряда других природных веществ. Когда человек здоров, эти вещества находятся в равновесии друг с другом, а болезнь означает преобладание или недостаток одного из них.

Занимаясь алхимией, Парацельс положил начало крупному направлению в медицине – ятрохимии. Считая причиной хронических заболеваний расстройство химических превращений при пищеварении и всасывании, он ввёл в лечебную практику различные химические вещества и минеральные воды.

Парацельса считают отцом современной фармакологии, ему принадлежит фраза: «Всё есть яд, и ничто не лишено ядовитости; одна лишь доза делает яд незаметным» (в популярном изложении: «Всё – яд, всё – лекарство; то и другое определяет доза»).

Гиппократ, знаменитый древнегреческий учёный и врач, заметил, что некоторые медикаменты вызывают симптомы, противоположные тем, что вызывает болезнь (противоположность), а другие лекарства порождают те же симптомы, что и сама болезнь (подобие). Таким образом, Гиппократ пришёл к заключению, что то, что имеет силу вызывать страдание, также может иметь силу исцелять.

Парацельс оживил идею лечения подобного подобным и отрёкся от идеи лечения противоположным. В подтверждение он говорил: «Никогда горячая болезнь не лечится чем-то холодным, а холодная чем-то горячим. Но происходит так, что подобное лечит подобное».

Положительное значение физики в развитии медицины эпохи Возрождения сказалось в изобретении увеличительных приборов и в развитии микроскопии.

Биология

В течение предыдущих тысячелетий биологические знания излагались вперемишу со знаниями о химических, физических, географических, климатических, метеорологических, социально-исторических явлениях. Специфика биологического объекта не фиксировалась, стихийно-эмпирически накапливаясь, в основном, как побочный продукт деятельности ремесленников, крестьян, путешественников, алхимиков, купцов, лекарей и др. В XVI веке изменились представления о месте человека в природе. В человеке видели венец природы, полагая, что уже в силу одного этого он достоин самого тщательного изучения, внимания и заботы. Отражением главной ориентации той эпохи – ориентации на человека, на решение наиболее близких ему медицинских проблем – было быстрое развитие биологического познания.

В XV–XVI веках потребности медицины обусловили появление травников, а затем и создание «аптекарских садов», которые впоследствии превратились в ботанические сады. Мир животных тоже становится объектом интереса.

Значительные изменения происходят в способе биологического познания – вырабатываются стандарты, критерии и нормы исследования органического мира. На смену стихийности и суевериям постепенно приходит объективное, доказательное, эмпирически обоснованное знание. Значительную роль в этом процессе сыграли географические открытия, в результате которых европейцы познакомились с новыми биологическими, геологическими и другими явлениями. Фауна и флора открытых стран и континентов значительно расширили эмпирический базис биологии.

Огромная описательная накопительная работа, проведенная в XVI–XVII вв. в биологии, имела важные последствия.

Во-первых, она вскрыла многообразие растительных и животных форм и наметила общие пути их систематизации. В это же время осуществляется и систематизация зоологического материала (Геснер и Альдрованди), закладываются основы частных отраслей зоологии – энтомологии (Моуфет), орнитологии (Белон), ихтиологии (Рондель). Импульс развитию зоологии был дан изобретением микроскопа.

Во-вторых, накопительная биологическая работа значительно расширила сведения о морфологических и анатомических характеристиках организмов. В трудах Р. Гука, Н. Грю, Я. Гельмонта, М. Мальпиги и др. получила развитие анатомия растений, открыты клеточный и тканевый уровни организации растений, сформулированы гипотезы о роли листьев и солнечного света в питании растений. Совершенствовались методы искусственного опыления, закладывались отдалённые предпосылки генетики. Важной вехой в развитии анатомии стало творчество Везалия, исправившего ряд крупных ошибок, укоренившихся в биологии и медицине со времён античности.

В-третьих, важным следствием развития биологии явилось формирование научной методологии исследования живого. В биологии начинают применяться методы точных наук – математики, механики, физики и химии. В рамках этих направлений получены новые результаты, в частности, Дж. Борелли подчёркивал важную роль нервов в осуществлении движения, а Дж. Мэйоу одним из первых провёл аналогию между дыханием и горением. Значительный вклад в совершенствование методики анатомического исследования внёс Сваммердам, разработавший новую методику препарирования, инструменты для этого, впервые применивший метод инъектирования в сосуды, сконструировавший приборы для регистрации работы сердца, дыхательных движений и мышечных сокращений.

В-четвёртых, следствием накопительной работы является выработка понятий, категорий, методологических установок, создание пер-

вых теоретических концепций, призванных объяснить фундаментальные характеристики живого. В целом же, биология в XVI–XVII вв. была в зачаточном состоянии; растительный и животный миры были исследованы лишь в самых грубых чертах, биологические объяснения носили чисто механический и поверхностный характер.

Рациональная алхимия

Середина XVI века ознаменована переломом в направлении исследований алхимии: на смену вырождающемуся мистическому направлению, представители которого все ещё пытались осуществить трансмутацию металлов, пришли рациональные течения – ятрохимия и техническая химия, ставшие своего рода переходным этапом от классической алхимии к новой научной химии.

Совершенно новое понимание задач алхимии было изложено в трудах основоположников технической химии Ваноччо Бирингуччо (1480 – 1539 гг.) «О пиротехнии» и Агриколы (1494 – 1555 гг.) «De Re Metallica». Сочинения этих авторов представляли собой энциклопедические труды, посвящённые минералогии, металлургии, горному делу, производству керамики и другим технологиям, предполагающим химические операции с веществами. Характерной особенностью трудов представителей технической химии стало стремление к максимально ясному, полному и достоверному описанию опытных данных и технологических процессов. Задачу алхимии Бирингуччо и Агрикола видели в поиске путей совершенствования химических технологий.

Немецкий врач и алхимик Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм, вошедший в историю под псевдонимом Парацельс (1493 – 1541 гг.), стал основоположником другого рационального направления в алхимии – ятрохимии (от греческого ιατρος – врач). Парацельс занимался поисками эликсира жизни, в своих сочинениях он приводил рецепт приготовления гомункулуса, негативно относился к идее трансмутации металлов. Парацельс утверждал, что задача алхимии – изготовление лекарств.

Андреас Либавий (1540 – 1616 гг.) прославился первым в истории учебником химии – «Алхимия». Критикуя туманно-мистические элементы в учении Парацельса, он, тем не менее, считал, что трансмутация возможна, и её осуществление явится венцом науки.

Важную роль в развитии рациональной алхимии сыграл Иоганн Рудольф Глаубер (1604 – 1670 гг.), разработавший способы получения целого ряда неорганических веществ. Другой известный алхимик Отто Тахений (1620 – 1699 гг.) попытался внести изменения в ртутно-серную теорию, утверждая, что все соли образованы двумя принципа-

ми – кислотой и щёлочью. Ещё один представитель ятрохимии Ван Гельмонт (1577 – 1664 гг.) считал простыми телами лишь те, которые могут быть выделены при разложении сложных тел. Поскольку при разложении растительных и животных веществ всегда выделялась вода, Ван Гельмонт считал её простым телом и главной составной частью сложных тел. Он доказал, что при растворении серебра в крепкой водке (азотной кислоте) металл лишь меняет форму своего существования и может быть вновь выделен из раствора в том же количестве.

Агрикола о горном деле и металлургии

Основным трудом в жизни немецкого ученого Георга Пауэра (Агриколы) явился трактат «О горном деле и металлургии в двенадцати книгах» [7]. В этой работе он обобщил многовековой опыт извлечения металлов из руд, дал полное описание всего комплекса операций горно-металлургического производства. Этот труд в течение последующих столетий был настольной книгой горняков и металлургов. Приведённый материал и в настоящее время представляет интерес для исследователей в области техники горного дела, металлургии, пробирного дела и химического анализа руд и материалов.

В первых книгах своего трактата Агрикола описывает требования, предъявляемые к человеку, занимающемуся добычей и переработкой полезных ископаемых.

Ему надлежит быть весьма искущённым в своём деле и, прежде всего, уметь определять, какая гора, какой холм, какая местность, расположенная в долине или на равнине, могут быть с пользой раскопаны. Ему должны быть знакомы жилы, расселины и прослойки в породе. Он должен досконально знать многообразные породы земель, растворов, драгоценных и обыкновенных камней, мраморов, скал, руд, смесей. Он должен знать способы ведения всяких подземных работ. Ему, наконец, должно быть известно искусство испытания руд и подготовки их к плавке.

Агрикола приводит перечень наук, которые должен освоить человек, чтобы преуспеть в своём деле, а также описывает разницу между обученным и опытным горняком и горняком, не сведущим и неопытным в своём занятии:

Последний роет руды без разбора и различия, первый же сперва их пробует и исследует, и, если он при этом находит, что они слишком тонки или твёрды или слишком слабы и рыхлы, он приходит к заключению, что рыть их не стоит; он копает лишь выбранные им

руды. Что же удивительного в том, что человек, неопытный в своём деле, терпит от занятия им ущерб, в то время как опытный – извлекает из него обильные плоды?

То же происходит и с земледельцами. Те из них, кто пашет землю сухую, твёрдую, тощую и доверяет ей семена, не собирают такую жатву, как те, которые обрабатывают и засевают жирную и рыхлую почву. Так как среди горняков гораздо больше людей, не сведущих в этом занятии, чем сведущих, то и получается, что рытьё руд доставляет выгоды весьма немногим, а убытки причиняет многим.

Отношение людей того времени к металлам и металлургии было неоднозначным. О «противниках металлов» Агрикола писал

Они делают свой вывод: поскольку сама природа зарыла металлы глубоко в землю, то для жизненных потребностей они не представляются необходимыми. Свинец объявляется вредоносным и пагубным, ибо расплавленный свинец служит орудием казни людей. Не обходят они молчанием и свинцовые ядра, и пульки мелких бомбард, делаемые из него, и, наконец, переносят на него самого вину за причинение ранений и смерти. Поскольку металлы, будучи выкопаны из земли, всегда становились причиной многих больших зол, то из этого вытекает, что и само горное искусство не только не является полезным, но оказывается вредным и пагубным.

Агрикола был полностью уверен в том, что эффективная добыча и переработка полезных ископаемых, в первую очередь, связана с профессионализмом руководителя предприятия.

Хозяину, заботящемуся о преуспевании дела, необходимо почаще спускаться в копи, посвящать некоторое время обследованию природы жил и расселин, присматриваться как внутри копи, так и снаружи ко всем приёмам работ и иметь собственное суждение о них.

Труд Агриколы отличается богатым содержанием, точностью и наглядностью изложения. Он включает 275 гравюр, на которых, в частности, изображены устройства для промывки речных песков, применявшиеся золотоискателями, технологические схемы выплавки меди и железа с использованием дров в специальных ямах, различные механизмы спуска горняков в шахты и т.п.

Книга 7 трактата посвящена описанию способов опробования руд.

Для того чтобы добытую руду плавить с пользой для дела и получать из неё путём отделения шлаков чистые металлы, чрезвычайно важно предварительно её опробовать.

Опробование руд отличается от их плавки лишь количеством отбираемой для этого руды. Из выплавки небольшого количества руды можно узнать, принесёт ли какую-либо выгоду выплавка более значительного её количества.

Выплавленные металлы также подвергаются пробе, чтобы получить возможность установить, какое количество серебра содержится в 1 центнере меди или свинца, или какая частица золота содержится в фунте данного серебра, и наоборот. Такая проба даёт возможность в каждом отдельном случае рассчитать, стоит ли труда и затрат отделение драгоценного металла от дешёвого.

Опробование металла показывает, полноценны ли монеты или фальшивы, и выявляет, не примешано ли монетчиками серебра к золоту больше положенного или не прибавлено ли ими меди к золоту либо к серебру сверх законной меры.

Печи, употребляемые для пробы, различают как по форме и материалу, из которого они сделаны, так и по месту, в котором их устраивают (из кирпича, глины, золы, металла и т.д., с естественной тягой и с принудительной).

Немаловажную роль в процессе плавки играют плавни – вещества, добавляемые к руде как при её пробе, так и при её плавке. В этих веществах наблюдается большая расплавляющая сила, но не все они обладают ею в одинаковой степени.

К первому роду таких веществ относятся зёрнёный свинец (получают путём вливания его с некоторой высоты в расплавленном виде в холодную воду), свинцовый сурик (Pb_3O_4), массикот (β - PbO – ромбическая модификация), глет (α - PbO – тетрагональная модификация), свинцовый блеск (PbS), жжёная медь (CuS) либо медь в виде пластинок или опилок, шлаки золота, серебра, стекло и стеклянный шлак (сульфаты Na_2SO_4 и $CaSO_4$), соль вареная или плавеная. Из всех этих примесей свинец и его оксиды полезнее для легкоплавких руд, сульфид свинца (свинцовый блеск) для тугоплавких.

Ко второму роду этих веществ относятся железная окалина, железный шлак, винный камень от вина или от уксуса и осадок от жидкостей (азотная кислота), отделяющих золото от серебра. Они обладают свойством проникать в руды: в значительной степени винный камень от вина, в ещё большей – от уксуса и в наибольшей осадки от жидкостей, отделяющих золото от серебра. Что же касается железной окалины и железного шлака, то они обладают свойством сильно разогреть руды, так как сами они плавятся медленнее.

Таким образом, из плавней некоторые являются природными, другие находятся среди шлаков, остальные – вещества, очищенные от шлаков.

Исследуя различные химические соединения, Агрикола первым заметил, что окрашивание пламени может служить характеристикой сжигаемого вещества.

Цвет дыма от руд при их прокаливании указывает, какие требуются плавни, кроме свинца, для пробы или плавки данной руды. Если накаливаемая руда выделяет багровый дым, то она совсем не нуждается в каких-либо плавнях. Если же дым голубой, то к руде следует добавить штейн (смесь сульфидов Fe, Pb, Cu); если он жёлтый, следует добавить серебряную пену (глет) и серу; если дым красный – стеклянную пену и соль; если зелёный – купферштейн (сплав сернистого железа и сернистой меди), серебряную пену и стеклянную пену; если он чёрный – плавленную соль или железный шлак и серебряную пену, а также белый известняк; если дым белый – серу и ржавое железо, а если он зеленовато-белый – железный шлак и песок, очищенный пламенем от легкоплавких каменных пород, и, наконец, если дым посреди жёлтый и густой, а по краям зелёный – такой же песок и железный шлак.

Дым голубой указывает, что руда пропитана медной лазурью, жёлтый – на присутствие в ней аурипигмента, красный – реальгара, зелёный – малахита, чёрный на присутствие чёрной горной смолы, а белый – на присутствие белой горной смолы, зеленовато-белый – её же с малахитом, а если дым жёлтый посередине и зелёный по краям – серы.

Если руда богата золотом, мы смешиваем пробу со свинцом и плавим на огне до тех пор, пока они хорошо не смешаются. Если же руда не поддаётся плавке, к ней следует прибавить немного просушенной обыкновенной соли. Она заставляет руду плавиться и в то же время препятствует привлечению слишком большого количества шлаков. Когда же это сделано, извлеки смесь из печи и очисти её от шлаков. После этого нагревай её до тех пор, пока весь свинец не улетучится и на дне не останется королёк золота. Если же золотая руда оказывается тугоплавкой, обожги её, погаси раствором соли в детской моче и повтори это несколько раз; чем большее число раз ты это повторишь, тем легче будет тебе её размельчить и тем скорее она расплавится на огне и выделит из себя нечистоты.

Наконец, потри полученное золото о пробирный камень, чтобы узнать, как велика в нём доля серебра.

Что касается пробы серебряной руды, руду очищают, нагревают и берут от неё пробу, которую погружают в расплавленный свинец и продолжают нагревать до тех пор, пока эта смесь не станет выдыхать свинец.

К тому времени уже была известна история о том, как Архимед сумел определить, сделана ли корона царя Гиерона из чистого золота или ювелир подмешал туда значительное количество серебра. Удельный вес золота был известен, но трудность состояла в том, чтобы точно определить объём короны: ведь она имела неправильную форму! Архимед всё время размышлял над этой задачей. Однажды, принимая ванну, ему пришла в голову блестящая идея: погружая корону в воду, можно определить её объём, измерив объём вытесненной ею воды.

Агрикола детально описал способ, при помощи которого можно определить, какую долю драгоценных металлов содержит в себе тот или иной дешёвый металл.

Иногда даже сжигают дешёвые металлы, чтобы иметь возможность получить драгоценные. Посредством такого сжигания древние узнавали, какая доля золота содержится в серебре, причём они уничтожали для этого все подвергавшееся пробе серебро, что причиняло им немалые убытки.

Хотя проба, производимая при помощи огня и является более точной, этим способом нельзя воспользоваться, если нет муфеля или тиглей, либо если проба не терпит отлагательств. К тому же, не всегда выгодно золотые монеты расплавлять для пробы в огне и тем их уничтожать, как монеты.

Предварительно золотом, содержащим серебро, или серебром, содержащим золото, наносят штрих на пробирный камень. Такой же штрих наносят подобной же золотой или серебряной пробирной иглой. Если игла оказывается по нанесённому ею штриху слишком для этого бледной, мы делаем штрих другой иглой, более густой окраски. Если он окажется слишком густым, мы берём третью пробирную иглу, несколько более светлой окраски, чем вторая, и она обычно указывает нам, сколько в пробуемом золоте содержится либо серебра или меди, либо и серебра, и меди, или сколько меди содержится в пробуемом серебре.

Пробирные иглы изготовляют четырёх видов. Первые состоят из золота и серебра, вторые – из золота и меди, третьи – из золота, серебра и меди и, наконец, четвёртые – из серебра и меди. Иглами первых трёх видов мы производим пробу золота, иглами четвёртого – пробу серебра.

Агрикола разработал основы химического анализа и переработки медных, серебряных и свинцовых руд.

В книге 9 трактата автор описывает четыре способа плавки руд золота, серебра, меди и свинца. Первый способ применяется для руд, богатых золотом и серебром, второй – для руд со средним содержанием

ем металла, третий для бедных руд и четвёртый – для медных и свинцовых руд.

Выдающиеся плавильщики, умеющие управлять четырьмя элементами, смешивают в правильных пропорциях руды и загружают их в печи. Затем льют нужное количество воды и умело управляют движением воздуха, поступающего из мехов, забрасывая руду туда, где огонь горит с наибольшей силой. Мастер равномерно обрызгивает водой внутреннее пространство печи, слегка увлажняя древесный уголь с тем, чтобы к нему приставали мелкие частицы руды. Иначе эти частицы приводятся в движение силой дутья и огня и уносятся вместе с дымом.

Приступая к работе, мастер сначала закладывает в тигель древесный уголь и высыпает на него одну лопату измельчённой железной руды, смешанной с негашёной известью. Затем вновь и вновь забрасывает уголь, посыпая его рудой, и продолжает это до тех пор, пока постепенно не образуется куча. После этого он поджигает древесный уголь и при помощи мехов раздувает пламя. Мастер может закончить эту работу в течение 8 или 12 часов.

Для того чтобы жар огня не обжигал, он прикрывает лицо войлочной шапкой, в которой проделаны отверстия, позволяющие смотреть и дышать. У горна находится шест, который он поднимает, если дутьё становится слишком сильным или когда добавляет руду и древесный уголь. Мастер пользуется шестом также для удаления шлаков либо для открывания или закрывания затвора жёлоба, по которому поступает вода на колесо, вращающее вал, сжимающий мехи. Когда проделано всё указанное, мастер вскрывает ломом шлаковое отверстие и, выпустив содержимое горна, ожидает, пока железная масса (крица) не остынет. Затем он с помощником перемешивает железо ломом. Чтобы отбить пристывшие к железу шлаки, уплотнить его и сделать плоским, железо извлекают из печи на землю и бьют по нему большими деревянными молотами с тонкими рукоятками длиной 5 футов. Затем железо кладут на наковальню и бьют большим железным молотом, который поднимается при помощи кулачков, сидящих на валу, приводимом во вращение водяным колесом. Спустя немного времени, железо берут щипцами и кладут под молот с острым железным реземом, который разделяет его на части.

Полученные куски железа подогревают на кузнечном горне и снова кладут на наковальню. Кузнец делает из них прямоугольные бруски, сошники или колёса, но по большей части бруски массой около 50 кг. Из них изготавливают различные изделия.

В то время, когда кузнец наносит молотом удары по раскалённому железу, подросток поливает последнее водой из ковша. При ударах возникают сильные звуки, которые слышны на большом расстоянии от кузницы.

Железо, остающееся в горне после плавки руды, становится твёрдым и может быть выбито лишь с большим трудом. Из него изготовляют особо твёрдые изделия, например, инструменты для толчения, растирки или дробления чего-либо.

Агрикола интересовался также вопросами, касающимися земной коры. Он разработал методы определения различных руд и описал два десятка новых минералов.

Рудные жилы обнажает пахота. Известно немало случаев, когда из земли плугом были вырваны куски золота. Или их вскрывает лесной пожар, как это произошло с серебряными рудами в Испании. Летописцы описывали это так: «серебряные и золотые взбурлили в пожаре, которым запылали леса».

Наконец, рудные жилы может вскрывать и какая-либо иная сила. Так, свинцовая руда обнажилась под конским копытом. Вот сколь различными путями природа одаряет нас рудами!

Одну из своих книг Агрикола посвятил получению солей (селитры, квасцов, купороса, поваренной соли) и производству стекла.

XVII век ознаменовался возрождением атомистических представлений. Математик и философ Рене Декарт, известный так же как Картезий, утверждал, что все тела состоят из корпускул различной формы и размеров; форма корпускул связана со свойствами вещества. В то же время Декарт считал, что корпускулы делимы и состоят из единой материи. Декарт отрицал представления Демокрита о неделимых атомах, движущихся в пустоте, не решаясь допустить существование пустоты. Корпускулярные идеи, весьма близкие к античным представлениям Эпикура, высказывал и французский философ Пьер Гассенди. Группы атомов, образующие соединения, Гассенди называл молекулами (франц. moles – масса). Корпускулярные представления Гассенди завоевали довольно широкое признание среди естествоиспытателей.

Физика

Качественный скачок в развитии наук о материалах произошёл с изобретением микроскопа. Первенство изобретения микроскопа поделено между голландскими оптическими мастерами, конкурентами и соседями Захарием Янсенем (1585 – 1632 гг.) и Иоганном Липпергерем (1570 – 1619 гг.). В 1619 году Корнелиус Дреббель в Лондоне про-

демонстрировал первый составной микроскоп, а в 1624 г. Галилей усовершенствовал эту конструкцию.

В 1597 году Галилей создал первый термометр, который представлял собой небольшой стеклянный шарик с припаянной к нему стеклянной трубкой. Шарик слегка нагревали, и конец трубки опускали в сосуд с водой. Через некоторое время воздух в шарике охлаждался, его давление уменьшалось, и вода под действием атмосферного давления поднималась в трубке вверх на некоторую высоту.

В 1600 году английский физик Уильям Гильберт изучал магнитные и электрические явления. Он первым ввёл термин «электрический» и разделил тела на электризующиеся трением и неэлектризующиеся. Гильберт создал первую теорию магнитных явлений. Он установил, что любые магниты имеют по два полюса, при этом разноимённые полюсы притягиваются, а одноимённые отталкиваются.

С 1616 года Галилей создаёт основы теоретической механики. Он сформулировал законы падения (скорость нарастает пропорционально времени), инерции (при отсутствии внешних сил тело либо покоится, либо равномерно движется).

Одновременно с Галилеем, его коллега немецкий физик Иоганн Кеплер в 1609 г. впервые описал явление полного внутреннего отражения света при переходе в менее плотную среду. В 1611 году он пишет трактат «О шестиугольных снежинках», явившийся основой структурной кристаллографии.

Геология

Идея движения Земли возникла в рамках пифагорейской школы, но позже была забыта. Окончательно гелиоцентризм возродился только в XVI в., когда польский астроном Николай Коперник разработал теорию движения планет вокруг Солнца на основании принципа равномерных круговых движений. Результаты своих трудов он обнародовал в книге «О вращениях небесных сфер», изданной в 1543 г.

Тем не менее, теория Коперника не может быть названа гелиоцентрической в полной мере, поскольку Земля в ней отчасти сохраняла особый статус:

- центром планетной системы было не Солнце, а центр земной орбиты;
- из всех планет Земля – единственная двигалась по своей орбите равномерно, в то время как у остальных планет скорость менялась.

Кеплер в 1609 г., открыв законы движения планет, уточнил и расширил учение Коперника. И гелиоцентрическая модель мира, и законы Кеплера – всё это явилось толчком к становлению геологии как науки.

В 1600 году английский физик Уильям Гилберт в рамках своих опытов с магнетизмом описал Землю как огромный магнит.

Одновременно с этим немецкий учёный Агрикола, считающийся одним из отцов минералогии, издаёт свои основополагающие работы, в которых подробно описывает строение земной коры с точки зрения горняка («Формы залегания рудных тел» (1550 г.); «Трактат по минералогии и металлургии» (1556 г.)).

Технология

В эпоху Возрождения и Реформации в XVI–XVII вв. были сделаны выдающиеся открытия почти во всех областях знания. Открытия в физике и химии были теснейшим образом связаны с потребностями зарождавшейся индустрии. Основываясь на достижениях предшествующих столетий, когда зарождалась технология доменного процесса, техника плавки чугуна, были разработаны новые приёмы обогащения руды, очистки чугуна от примесей, нагнетание высоких температур достигалось с помощью мехов, приводившихся в действие гидроэнергией. В горнорудных и угольных шахтах использовались насосы, деревянные рельсовые пути, вагонетки. Совершенствование доменной плавки привело к количественному и качественному росту металлургического производства: стали отливать тонны металла за сутки, получать более высокие марки металла, недоступные прежде.

В XVI веке Леонардо да Винчи предложил проекты гусеничного транспорта, прокатных станков, подвижных землеройных машин, пытался реализовать проекты летательных аппаратов; всевозможные зубчатые передачи, маятниковые механизмы стали использоваться благодаря его таланту. Дж. Кардано изобрёл механизм, преобразующий один вид движения в другой, получивший название по его имени.

Начало использованию каменного угля положили работы химика И. Бехера, который в 1681 г. получил патент на «новый метод изготовления кокса и смолы из торфа и каменного угля, никем никогда ранее не открытый и не применённый». Это была термообработка угля без доступа воздуха. Бехер описывает своё изобретение так: «В Голландии имеется торф, в Англии каменный уголь, но и тот, и другой почти не употребляются для сжигания в доменных печах и для плавки. Я нашёл путь, позволяющий превратить и тот, и другой в хорошее горючее, которое не только не дымит и не воняет, но и даёт столь же сильный огонь, необходимый для плавки, как и древесный уголь...».

В целях подготовки инженеров и учёных-практиков в Европе повсеместно начинают создаваться учебные заведения: Грешем-колледж

(Лондон, 1579 г.), Ураниборг и первая обсерватория на острове Вен в Зундском проливе (1576 г.). Возникают первые общества учёных: Accademia dei Lincei в Риме (1600 г.), Accademia del cimento во Флоренции (1651 г.), Лондонское королевское общество (1662 г.), Французская королевская академия наук (1666 г.). Наука становилась действенной силой, определяющей общественное развитие.

В середине XVI в. (1541 – 1550 гг.) на рудниках появились первые рельсы – гладкие деревянные брусья, уложенные на лежни, зарытые в землю. Телега по таким рельсам катилась легче, чем по земле, и лошадь могла везти значительно больший груз.

В начале XVII столетия Европа стояла накануне новой индустриальной эпохи.

10. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ НОВОГО ВРЕМЕНИ

Середина XVII в. явилась гранью, отделяющей Новое время от Средневековья и даже от Возрождения. В Новое время началось формирование индустриальной цивилизации, которая строилась на принципиально иных основах, нежели традиционная.

Сложный и длительный процесс разрушения устоев традиционной цивилизации обобщённо именуется модернизацией. В сфере экономики модернизация включала в себя индустриализацию – активное использование в производстве машин, начало которого было положено во второй половине XVIII в. Вследствие стремительного роста знаний о природе и обществе развивается процесс вытеснения религии рациональным мышлением и наукой. Благодаря распространению грамотности и появлению средств массовой информации сужается разрыв между рядовым человеком и интеллектуальной элитой.

Окончание эпохи Нового времени связывают с окончанием Первой мировой войны (1918 г.).

Медицина и биология

Медики XVII–XVIII вв. ещё не могли объяснить многообразие окружающего мира. К началу Нового времени в медицине выделилось два направления: медико-биологическое (гистология, патологическая анатомия, физиология, микробиология) и клиническое.

Развитие медико-биологического направления определялось фундаментальными открытиями в науке и технике, среди которых наиболее важными считаются:

– теория клеточного строения растений и животных (М. Я. Шлейден и Т. Шванн, 1838–1839 гг.);

– закон сохранения энергии и определение механического эквивалента теплоты (Ю. Р. Майер, 1841 г.; Дж. П. Джоуль, 1843 г.; Г. Л. Ф. фон Гельмгольц, 1847 г.);

– эволюционное учение Дарвина, пояснившего основные природные процессы в работе «Происхождение видов путём естественного отбора или Сохранение избранных пород в борьбе за жизнь» (1859 г.).

В 1665 году вышел в свет классический труд Роберта Гука – книга под названием «Микрография, или физиологическое описание мельчайших тел, исследованных с помощью увеличительных стёкол». Сочинение представляло собой рассказ о результатах применения микроскопа (с увеличением 50 крат) в качестве исследовательского инструмента: в ней описано 57 «микроскопических» и 3 «телескопических» опыта. Автор открыл клеточное строение тканей растений, насекомых и животных, ввёл термин «клетка». Гравюры, сопровождавшие текст, представляли как научную, так и художественную ценность.

Самый мощный микроскоп (увеличение 270 крат) своего времени в 1673 г. создал нидерландский натуралист Антони ван Левенгук. Прибор (рис. 10) позволял наблюдать бактерии, эритроциты, а также их движение в капиллярах.

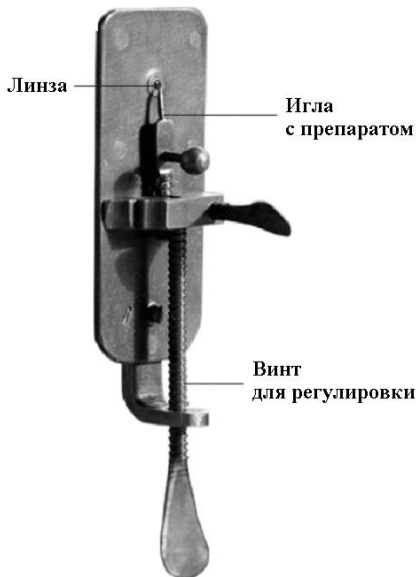


Рис. 10. Микроскоп Левенгука

Столь малые живые организмы, обнаруженные при значительном увеличении, были описаны в книге «Тайны природы, открытые Антоном Левенгуком» (1695 г.). Голландский изобретатель достиг совершенства в шлифовке оптических стёкол, что позволило ему изготовить короткофокусные линзы с увеличением, невиданным до того времени.

В 1790 году немецкий врач Самуэль Ганеман, переводя книгу «Cours de Matière médicale» Вильяма Каллена, обратил внимание на утверждение автора, что корка хинного дерева горчит и имеет вяжущие свойства благодаря хинину и поэтому может оказаться эффективным средством для лечения малярии. Ганеман полностью опроверг это утверждение, приготовив смесь, которая ещё больше горчила и обладала более сильным вяжущим действием. Он решил проверить физиологическое действие корки хинного дерева, для чего сам стал принимать её в небольших дозах. В конце концов, его организм дал ответную реакцию на приём препарата. У него начали проявляться симптомы, сходные с симптомами, наблюдающимися при малярии. Ганеман задался вопросом, а не обязана ли хинная корка своими целебными свойствами вызывать симптомы заболевания, которое лечится с его помощью.

Изучая случаи отравления другими, часто применявшимися в те времена медикаментами, в число которых входили ртуть, мышьяк, красавка и нитрат серебра, и опробуя эти токсические вещества в малых дозах на себе и других добровольцах, он обнаружил, что при передозировке эти «лекарства» вызывали те же симптомы, для лечения которых они применялись. Ртуть, которая использовалась для лечения сифилиса, могла вызвать язвы, подобные сифилитическим. Мышьяк и красавка вызывали повышение температуры тела, а в качестве лекарств их использовали для лечения лихорадки. Нитрат серебра, применявшийся при воспалении глаз, раздражал глаза и вызывал слезоточивость.

С этого времени оформилось новое течение в медицине – гомеопатия. За более чем трёхвековую историю гомеопаты так и не смогли разработать адекватного теоретического обоснования гомеопатического принципа. Основная проблема состоит в том, что создание гомеопатических препаратов основано на высоких степенях разведения исходных веществ. Согласно объяснениям Ганемана, разведение, сопровождающееся встряхиванием, активирует «витальную энергию» разводимого вещества и усиливает («потенцирует») его целебные свойства.

В гомеопатии применяются «десятичные» (1:10), обозначаемые римской цифрой X (или буквой D), и «сотенные» (1:100), обозначаемые римской цифрой C, разведения. Эти разведения повторяются многократно, число повторений при этом обозначается цифрой перед символом разведения. Например, повторенное три раза десятичное разве-

дение (соответствует 1:1000) обозначается «3D», а повторенное двенадцать раз «сотенное» (соответствует 1:10²⁴) – «12C».

Разведение 1 моля «чистого» препарата до концентрации 1:6,022·10²³ (по классификации гомеопатов 11,89C или 23,78D) будет содержать только одну молекулу исходного вещества. Таким образом вероятность того, что 1 моль вещества, разведённый со степенью 13C, содержит хотя бы одну молекулу исходного вещества, равна 1%, для 14C 0,01% и т.д., вероятность того, что эта молекула содержится в одной дозе препарата – соответственно ещё меньше. Разведения с индексом 40C соответствуют 1 молекуле на всю Вселенную, а с индексом 200C (Анаферон, Оциллококцидум) 1 молекуле на 10³²⁰ Вселенных.

До 2017 года гомеопатия имела статус «не имеет теоретического обоснования, но есть экспериментальные подтверждения». На основе результатов клинических испытаний гомеопатических препаратов с применением уникального современного оборудования, которые не выявили разницы между гомеопатическим эффектом и плацебо, в 2017 году Комиссия по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований при Президиуме РАН выпустила меморандум, которым гомеопатия признана лженаукой. В рамках меморандума комиссия предложила Министерству здравоохранения РФ исключить медицинское употребление гомеопатии в муниципальных и государственных лечебных учреждениях, а также рекомендовала аптекам не продавать гомеопатические и лекарственные препараты совместно.

Рене Лаэннек – французский врач-анатом, основоположник клинико-анатомического метода диагностики, считал, что огромную роль в медицине играет диагностика. Лёгочные и сердечные заболевания в то время диагностировали при помощи перкуссии (постукивания пальцами или ладонью по груди пациента) и непосредственной аускультации (от лат. *auscultare* – внимательно слушать), заключающейся в прикладывании уха к груди больного. Однако Лаэннек не был сторонником последнего метода, в том числе и по гигиеническим соображениям (у многих пациентов в то время были вши).

В 1816 году при проведении диагностики пациента Лаэннек вспомнил, что, если приложить ухо к концу деревянной палки, можно отчётливо услышать звук удара булавкой о другой её конец. Взяв тетрадь, он туго свернул её и, приложив один конец к предсердию больного, а другой к собственному уху, с удивлением услышал биение сердца гораздо громче и отчётливее, чем удавалось ранее. Лаэннек назвал такой способ опосредованной аускультацией и предположил, что он может быть полезен не только при изучении биения сердца, но и при выслушивании шумов в грудной клетке. Вскоре Лаэннек отказался от бу-

мажной трубки, заменив её прибором из двух деревянных частей, который он назвал стетоскопом.

До открытия рентгеновских лучей опосредованная аускультация была основным методом диагностики болезней сердца и лёгких. Впрочем, актуальна она и сейчас, а стетоскоп стал классическим символом профессии врача.

Большой вклад в развитие микробиологии внёс немецкий учёный Роберт Кох, один из основоположников современной бактериологии и эпидемиологии. В 1876 году он первым в мире выделил чистую культуру возбудителя сибирской язвы, доказав её способность к спорообразованию. Вторым его серьёзным открытием стала формулировка причин связи инфекционного заболевания с микроорганизмом.

В 1885 году Вильгельму Рентгену впервые удалось зарегистрировать затемнение фотопластинок, происходящее под воздействием особого излучения (с длиной волны лежащей между ультрафиолетовым и гамма-излучением). Он обнаружил, что при облучении какой-либо части человеческого тела на фотопластинке остаётся изображение скелета. Данное открытие послужило основой метода медицинской визуализации. До этого исследовать внутренние органы и ткани при жизни человека не представлялось возможным.

В 1901 году австрийский иммунолог Карл Ландштейнер открыл группы крови. До этого при переливании крови случались осложнения. Почти все попытки заменить кровь у человека заканчивались трагически. Казавшаяся одинаковой кровь была различной по свойствам эритроцитов, так называемых «красных кровяных телец». Ландштейнер подразделил кровь всех людей на три группы: О, А и В. Позже было установлено наличие четвёртой группы крови – АВ.

Развитие учения о витаминах связывают с именем русского врача Н. И. Лунина. Он пришёл к выводу, что, кроме белков, жиров, солей и воды, животные нуждаются в каких-то ещё неизвестных веществах, незаменимых для питания. В своей работе «О значении минеральных солей для питания животных» (1880 г.) Н. И. Лунин писал: «Представляет большой интерес исследовать эти вещества и изучить их значение для питания». Первое вещество, выделенное польским биохимиком Казимиром Функом в 1912 г. из экстрактов оболочек риса, оказалось органическим соединением, содержащим аминокруппу. Функ предложил называть это и подобные ему вещества витаминами (от лат. *vita* – жизнь), т.е. аминами жизни.

Огромное значение в формировании научной медицины сыграла деятельность французской школы механического материализма. Оригинальный мировоззренческий принцип, выдвинутый в XVII–XVIII вв.,

объяснял развитие природы и общества законами механической формы движения материи. Так, в 1656 г. возникла наука – биомеханика.

Ферменты – особые белки, которые действуют как катализаторы в биологических системах. К началу XIX века уже было известно, что мясо переваривается желудочным соком, а крахмал превращается в сахар под действием слюны. Однако механизм этих явлений был неизвестен. В XIX веке Луи Пастер, изучая превращение углеводов в этиловый спирт под действием дрожжей, пришёл к выводу, что этот процесс (брожение) катализируется некой жизненной силой, находящейся в дрожжевых клетках – ферментом (от лат. fermentum – закваска). В 1897 году Э. Бухнер в работе «Спиртовое брожение без дрожжевых клеток» показал, что бесклеточный дрожжевой сок осуществляет спиртовое брожение так же, как и неразрушенные дрожжевые клетки. Таким образом была выдвинута гипотеза о белковой природе ферментов, которая окончательно была доказана в 20-х годах XX века.

Клиническая медицина (терапия, хирургия, педиатрия, психиатрия, акушерство, гинекология) с большим трудом принимали достижения биологии. Вследствие некоторой консервативности существовал значительный разрыв между передовым мышлением естествоиспытателей и сознанием терапевтов, предпочитавших традиционные методы. Почти до XIX столетия лечащие врачи не использовали специальных инструментов для обследования больного.

Научная химия

Рациональные течения в алхимии достигли значительных успехов и заложили основы для научной химии, становление которой началось в середине XVII в. Не следует, однако, считать, что появление научной химии автоматически означало конец «классической» алхимии. Алхимические традиции сохранялись в науке ещё долгое время, и многие выдающиеся естествоиспытатели продолжали считать трансмутацию металлов возможной.

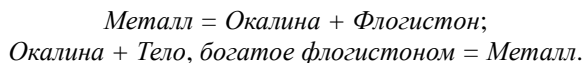
Британский учёный Роберт Бойль являлся одним из крупнейших химиков, физиков и философов своего времени. К основным научным достижениям Бойля можно отнести основание им аналитической химии (качественный анализ), исследования свойств кислот, введение в химическую практику индикаторов, изучение плотностей жидкостей с помощью ареометра. Нельзя не упомянуть и открытый Бойлем закон, носящий его имя (называемый также законом Бойля-Мариотта).

Главной заслугой Бойля стала предложенная им новая система химической философии, изложенная в книге «Химик-скептик» (1661 г.). Книга была посвящена поискам ответа на вопрос, что именно следует считать элементами, исходя из современного уровня развития химии. Бойль подчеркивал: «Нет никаких оснований присваивать данному телу название того или иного элемента только потому, что оно похоже на него одним каким-либо легко заметным свойством; ведь с тем же правом я мог бы отказать ему в этом названии, поскольку другие свойства являются разными». Исходя из опытных данных, Бойль показал, что понятия современной химии должны быть пересмотрены и приведены в соответствие с экспериментом.

В 1667 году немецким химиком Иоганном Бехером в науку введён новый термин – «флогистон». Развивая воззрения Бехера, немецкий врач и химик Георг Шталь сформулировал в 1697 «теорию флогистона», которая претендовала на новую теорию строения материи.

Согласно теории, все тела, способные гореть и окисляться, заключают особое горючее начало, «флогистон», которое в процессе горения выделяется из тела, оставляя золу.

Хорошим аргументом в пользу теории флогистона являлось объяснение процесса обжига металла и его получения из руды:



Для получения металла из окалины (или из руды), согласно теории, можно использовать любое тело, богатое флогистоном (т.е. сгорающее без остатка) – древесный или каменный уголь, жир, растительное масло и т.п.

Теория флогистона со временем была распространена на любые процессы горения. Наличие флогистона во всех горючих телах было обосновано Шталем экспериментально: уголь одинаково восстанавливает и серную кислоту в серу, и земли в металлы. Ржавление железа, по мнению Штала, представляет собой тот же процесс разложения содержащих флогистон тел, но протекающий медленнее, чем горение.

Открытие водорода. Как горючий (воспламеняемый) воздух водород известен довольно давно. Его получали действием кислот на металлы, наблюдали горение и взрывы гремучего газа Парацельс, Бойль, Лемери и другие учёные XVI – XVIII вв. С распространением теории флогистона некоторые химики пытались получить водород в качестве «свободного флогистона». Британский физик и химик Генри Кавендиш, в 1766 г. подробно исследовал свойства водорода. Он называл водород «воспламеняемым воздухом», полученным из «металлов»

(Inflammable air from metals) и полагал, как и все флогистики, что при растворении в кислотах, металл теряет свой флогистон. Лавуазье, занимавшийся в 1779 г. исследованием состава воды путём её синтеза и разложения, назвал водород Hydrogine (гидроген).

Теория химических элементов Лавуазье. Прибегая в своих исследованиях постоянно к точному взвешиванию, французский учёный Антуан Лавуазье в 1787 г. показал, что в процессе горения вещество не выделяется из горящего тела, а присоединяется к нему.

Путём анализа и синтеза Лавуазье показал, что воздух есть смесь двух газов: один из них – газ, поддерживающий горение, «здоровый (salubre) воздух, кислород», как последовательно называл его сам Лавуазье, другой газ – нездоровый воздух (moffette) или азот.

Сторонники теории флогистона считали кислород, так и азот различными видоизменениями обыкновенного воздуха, отличающимися от него количествами содержащегося в них флогистона.

О теории флогистона Лавуазье говорил так: «Различные явления обжигания металлов и горения очень удачно объясняются, ... но приходится допускать существование в горючих телах огненной материи».

В 1785 – 1787 годах четыре выдающихся французских химика – Антуан Лавуазье, Клод Бертолле, Луи Бернар де Морво и Антуан Фуркруа, – по поручению Парижской академии наук разработали новую систему химической номенклатуры. Логика новой номенклатуры предполагала построение названия вещества по названиям тех элементов, из которых вещество состоит. Основные принципы этой номенклатуры используются до настоящего времени:

- простые вещества, относящиеся ко всем царствам природы, которые можно рассматривать как элементы (свет, теплород, кислород, азот, водород);

- простые неметаллические вещества, окисляющиеся и дающие кислоты (сера, фосфор, уголь, хлор, фтор, бор);

- простые металлические вещества, окисляющиеся и дающие кислоты (сурьма, серебро, мышьяк, висмут, золото, вольфрам, кобальт, медь, олово, железо, платина, цинк, марганец, ртуть, молибден, никель, свинец);

- простые солеобразующие землистые вещества (известь, глинозем, магнезия, кремнезем, барит).

Созданная Лавуазье рациональная классификация химических соединений основывалась, во-первых, на различии в элементном составе соединений и, во-вторых, на характере их свойств (кислоты, основания, соли, солеобразующие вещества, органические вещества). При этом, как и Бойль, Лавуазье считает, что свойства вещества определя-

ются его составом. Зависимость свойств вещества от состава представляет собой закономерность, отражающую взаимосвязь между качественными и количественными характеристиками вещества.

Установление атомных масс элементов. Огромный вклад в развитие химической атомистики и в решение проблемы атомных весов внёс шведский химик Йенс Якоб Берцелиус. С 1807 года он занялся систематическим изучением элементного состава соединений, представив огромное количество доказательств в пользу закона постоянства состава. В 1814 году Берцелиус опубликовал первую таблицу атомных весов, в которой были приведены атомные веса 41 элемента (для составления таблицы Берцелиусу потребовалось определить состав почти 2000 соединений!). В основу своей шкалы атомных весов Берцелиус положил атомный вес кислорода, принятый равным 100. Для определения атомных весов он сделал ряд допущений, в результате чего атомные веса ряда элементов были определены неверно. В своей системе химических знаков Берцелиус обозначал элементы одной или двумя буквами латинского названия элемента; число атомов элемента предлагалось указывать надстрочными цифровыми индексами.

В дальнейшем Берцелиус продолжал работы по уточнению и исправлению атомных весов элементов, используя для этой цели законы Мичерлиха, Гей-Люссака, Дюлонга и Пти (не воспользовавшись, однако, гипотезой Авогадро, Берцелиус считал, что в равных объёмах газов содержится одинаковое число атомов). Новые, все более точные таблицы атомных весов Берцелиуса выходят в 1818 и 1826 гг.

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева (1864 г.). К середине XIX в. было открыто 63 химических элемента, и учёные всего мира не раз предпринимали попытки объединить все существовавшие элементы в единую концепцию. Элементы предлагали разместить в порядке возрастания атомной массы и разбить на группы по сходству химических свойств.

В 1863 году свою теорию предложил химик и музыкант Джон Ньюленд, который предложил схему размещения химических элементов, похожую на таблицу Менделеева, но работа учёного не была принята всерьёз научным сообществом из-за того, что автор увлёкся поисками гармонии и связью музыки с химией [16].

В 1869 году Менделеев опубликовал свою схему периодической таблицы в журнале Русского химического общества и разослал извещение об открытии ведущим учёным мира. В дальнейшем химик не раз дорабатывал и улучшал схему, пока она не приобрела привычный вид.

Суть открытия Менделеева в том, что с ростом атомной массы химические свойства элементов меняются не монотонно, а периодически

ски. После определённого количества разных по свойствам элементов, свойства начинают повторяться. Так, калий похож на натрий, фтор – на хлор, а золото схоже с серебром и медью.

В 1871 году Менделеев окончательно объединил идеи в периодический закон. Он предсказал открытие нескольких новых химических элементов и описал их химические свойства. Открытые в дальнейшем элементы – галлий, скандий и германий полностью соответствовали тем свойствам, которые им приписал Менделеев.

Открытие алюминия (1825 г.). Издавна многие природные соединения алюминия известны как драгоценные камни. Таковы чистые и окрашенные в различные цвета следами посторонних веществ прозрачные кристаллы безводной окиси алюминия: бесцветный лейкосапфир, синий сапфир, красный рубин; кристаллы железистого алюмосиликата – тёмно-красный гранат, известный на Руси также под названием карбункула; кристаллы сульфосиликата алюминия – тёмно-синий лазоревый камень; наконец, алюмосиликат меди – голубая бирюза. Алюмосиликат бериллия – берилл образует такие драгоценные камни, как чисто зелёный изумруд, более тёмный смарагд, голубой или синезелёный, как морская вода, аквамарин. Урал является родиной замечательного драгоценного камня александрита или хризоберилла, представляющего собой алюминат бериллия.

С древних времён вещество лазоревого камня употреблялось в качестве синей краски – ультрамарина – «синьки». Особый интерес для истории алюминия представляют квасцы – первое химическое соединение алюминия, в составе которого был открыт этот металл. Алюминий обязан своим наименованием древнему латинскому названию квасцов – «алюмен», что означает вяжущий и которое отражает одно из характерных свойств квасцовых соединений.

У русских учёных алюминий вначале назывался алумием (В. Гизе, 1813 г.), затем А. И. Шерер в 1823 г. предложил наименование алюминий. Но далее Н. П. Щеглов предложил название глиноземий, а Г. И. Гесс (1834 г.) – глиний [9]. Последнее название применялось у нас до 70-х годов XIX в. и упоминается Д. И. Менделеевым в «Основах химии»: «Алюминий или металл квасцов (алюмен) поэтому и называется иначе глинием, что находится в глине».

Князь Репнин в 1781 г. пытался получать квасцы в Моршанском уезде. Но уже в 1850 г. работал квасцовый завод московского купца Малютина. Завод этот находился в 35 верстах от Москвы по Владимирской дороге и изготовлял квасцы из гжельской глины.

Одна легенда из «*Historia naturalis*» («Естественная история», Плиний, 77 г.) гласит, что однажды к римскому императору Тиберию

(42 г. до н.э. – 37 г. н.э.) пришёл ювелир с металлической, небьющейся обеденной тарелкой, изготовленной, якобы из глинозема – Al_2O_3 . Тарелка была очень светлой и блестела как серебро (по всем признакам она должна быть алюминиевой). При этом ювелир утверждал, что только он и боги знают, как получить этот металл из глины. Тиберий, опасаясь, что металл из легкодоступной глины может обесценить золото и серебро, приказал на всякий случай отрубить человеку голову. Очевидно, данная легенда весьма сомнительна, так как самородный алюминий в природе не встречается в силу своей высокой активности и во времена Римской империи не могло быть технических средств, которые позволили бы извлечь алюминий из глинозема.

В 1825 году датскому физику Гансу Эрстеду впервые удалось получить металлический алюминий из его оксида. Для этого Эрстед прежде всего смешал глинозем с углем, раскалил эту смесь и пропустил через неё хлор. В результате получился хлористый алюминий ($AlCl_3$). В то время уже было известно, что химически более активные металлы способны вытеснять менее активные из их солей. Эрстед подверг хлористый алюминий действию калия, растворённого в ртути (амальгамой калия) и получил амальгаму алюминия (при быстром нагревании хлористого алюминия с амальгамой калия образовался хлористый калий, алюминий же ушёл в раствор). Подвергнув эту смесь дистилляции, Эрстед выделил небольшие слитки алюминия.

Другим способом алюминий получил в 1827 г. немецкий химик Велер, который пропускал пары хлористого алюминия над калием (при этом, как и в реакции Эрстеда, химически, более активный калий вытеснял алюминий и сам соединялся с хлором). Но оба способа не могли применяться в промышленности, так как для восстановления алюминия здесь использовался очень дорогой калий.

Нержавеющая сталь. Корни открытия нержавеющей стали уходят в 1797 г., когда в горах царской России французский химик Воклен обнаружил залежи хрома и, проведя исследования, обнаружил, что хром имеет свойство сопротивляться кислоте.

Изобретателем же нержавеющей стали называют обычно английского учёного Гарри Брарли, который опытным путём обнаружил, что если к обычной стали добавить не менее 11% хрома, получается сплав, который не тускнеет и не ржавеет.

Однако первенство Брарли многие считают весьма спорным. Филипп Моннарц из Германии опубликовал результаты исследований по коррозионной стойкости нержавеющей стали в 1911 г. В 1912 году Эдуард Маурэр и Бенно Штраус из компании «Krupp Iron Works» запатентовали первую аустенитную нержавеющую сталь с содержанием

21% хрома и 7% никеля. И только в 1913 г. Гарри Брерли запатентовал первую мартенситную сталь, являющуюся предшественником нынешней стали под маркой AISI 420 (российский аналог 40X13).

Лишь в 1924 году была запатентована сталь 18-8, содержащая 18% хрома и 8% никеля. Эта аустенитная нержавеющая сталь стала популярной и начала широко применяться не только для производства посуды, но и при строительстве первых железных самолётов.

Сегодня нержавеющей сталью называется любой вид стали, в который добавлено достаточное количество хрома (от 11%), который способствует образованию самообновляющейся плёнки окиси хрома на уровне атомов вокруг стали. Именно эта плёнка и придаёт стали коррозионную стойкость.

Развитие атомной теории строения вещества

Учения Демокрита и Аристотеля о мельчайших неделимых частицах были незаслуженно забыты более чем на 2000 лет. В 1808 году физик Джон Дальтон возродил атомизм, доказав реальность существования атомов. Он писал: «Атомы – химические элементы, которые нельзя создать заново, разделить на более мелкие частицы, уничтожить путём каких-либо химических превращений. Любая химическая реакция просто изменяет порядок группировки атомов». Джон Дальтон ввел понятие «атомный вес», первым рассчитал атомные веса (массы) ряда элементов и составил первую таблицу их относительных атомных весов, заложив тем самым основу атомной теории строения вещества.

Дальтон был одним из самых знаменитых и уважаемых учёных своего времени. Он впервые в 1794 г. провёл исследования и описал дефект зрения, которым страдал сам, позже названный в его честь дальтонизмом; в 1801 г. открыл закон парциальных давлений (закон Дальтона), в 1802 г. – закон равномерного расширения газов при нагревании, закон растворимости газов в жидкостях (закон Генри–Дальтона), в 1803 г. он установил закон кратных отношений, обнаружил явление полимеризации (на примере этилена и бутилена).

Однако вопрос о внутреннем строении атомов даже не возникал, так как атомы считались неделимыми.

В 1897 году английский физик Дж. Томсон, изучая катодные лучи, пришёл к выводу, что атомы любого вещества содержат отрицательно заряженные частицы, которые он назвал электронами. Огромной заслугой Томсона явилось доказательство того, что все частицы, образующие катодные лучи, тождественны друг другу и входят в состав вещества. Он предложил первую модель атома – «пудинг с изюмом» 1904 г.

По мысли Томсона, положительный заряд атома занимает весь объём атома и распределён в этом объёме с постоянной плотностью, в положительно заряженной сфере находится несколько электронов, так что атом подобен кексу, в котором роль изюминок играют электроны.

Резерфорд бомбардировал α -частицами атомы тяжёлых металлов (золото, серебро, медь и др.). Электроны, входящие в состав атомов, вследствие малой массы не могут заметно изменить траекторию α -частицы. Рассеяние, т.е. изменение направления движения α -частиц, может вызвать только тяжёлая, положительно заряженная часть атома.

Было обнаружено, что большинство α -частиц проходит через тонкий слой металла, практически не испытывая отклонения. Однако небольшая часть частиц отклоняется на значительные углы, превышающие 30° . Очень редкие α -частицы (приблизительно одна на десять тысяч) испытывали отклонение на углы, близкие к 180° . Этот результат был неожиданным даже для Резерфорда. Он находился в резком противоречии с моделью атома Томсона, согласно которой положительный заряд распределён по всему объёму атома. При таком распределении положительный заряд не может создать сильное электрическое поле, способное отбросить α -частицы назад.

Эти соображения привели Резерфорда к выводу, что атом почти пустой, и весь его положительный заряд сосредоточен в малом объёме. Эту часть атома Резерфорд назвал атомным ядром. Так возникла ядерная модель атома (планетарная), в соответствии с которой:

- в центре атома находится положительно заряженное ядро, занимающее ничтожную часть пространства внутри атома;
- весь положительный заряд и почти вся масса атома сосредоточены в его ядре (масса электрона равна $1/1823$ а.е.м.);
- вокруг ядра вращаются электроны. Их число равно положительному заряду ядра.

Датский физик Нильс Бор считал, что поведение микрочастиц нельзя описывать теми же законами, что и макроскопических тел. Он предположил, что величины, характеризующие микромир, должны квантоваться, т.е. они могут принимать только определённые дискретные значения. Законы микромира – квантовые законы! Эти законы в начале XX столетия ещё не были установлены наукой. В 1913 году Бор сформулировал их в виде трёх постулатов, дополняющих (и «спасающих») атом Резерфорда. Его теория впоследствии привела к созданию стройной теории движения микрочастиц – квантовой механики.

Первый постулат Бора гласит: атомная система может находиться только в особых стационарных или квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определённая энергия.

Согласно второму постулату Бора, излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергией. Энергия излучённого фотона равна разности энергий стационарных состояний.

Физика

Гироскоп Фуко. Устройство, позволяющее измерять изменение угла ориентации связанного с ним тела относительно инерциальной системы координат, называется гироскопом. Сегодня гироскопы широко применяются в системах навигации как наземных, так и летательных аппаратов, а также в системах стабилизации космических аппаратов.

Работа гироскопа основана на законе сохранения вращательного момента (момента импульса). Термин «гироскоп» впервые введён в 1852 г. Жаном Фуко в его докладе Французской Академии Наук. Доклад был посвящён способам экспериментального обнаружения вращения Земли в инерциальном пространстве.

Маятник или гироскоп Фуко представляет собой металлический шар массой 28 кг с закреплённым на нём остриём на стальной проволоке длиной 67 м. Период колебания маятника при такой длине подвеса составляет 16,4 с. При каждом колебании отклонение от предыдущего пересечения песчаной дорожки составляет ~3 мм, за час плоскость колебаний маятника поворачивается более чем на 11° по часовой стрелке, т.е. примерно за 32 часа совершила полный оборот и вернулась в прежнее положение.

Развитие микроскопии. Микроскоп Левенгука, описанный выше, в течение более чем 100 лет был лидером среди приборов аналогичного назначения. В 1824 году существенное усовершенствование микроскопу дала простая идея французского оптика Саллига, предложившего изготавливать объектив не из одной, а из многих ахроматических линз (ахроматическая линза представляет собой рассеивающую и собирающую линзы, склеенные между собой). Таким образом, были исправлены ошибки системы, связанные с несовпадением фокусных расстояний для лучей света разных цветов (с разными длинами волн), и стало впервые возможным проводить исследования с увеличениями до 1000 крат.

Карл Фридрих Цейс – известный немецкий инженер и производитель оптики, внёс существенный вклад в изготовление линз. Его достижения в этой области, запущенные в производство на собственной фабрике оптических систем «Цейс» (Zeiss) (с 1846 г.), используются по сей день. С 1847 года Карл Цейс наладил производство микроскопов, первые из которых использовали только одну линзу и были предназна-

чены для экспериментальных работ. В первый год было продано около 23 шт. Вскоре Цейс перешёл на производство сложных микроскопов.

В 1860 году немецкий физик Эрнст Аббе первым разрабатывает теорию микроскопа, что становится прорывом в технике создания микроскопов, которая до того момента основывалась на методе проб и ошибок. Компания «Карл Цейс» использует это открытие и становится ведущим производителем микроскопов того времени.

В результате совместной работы Цейса и Аббе в 1872 г. было сформулировано условие синусов Аббе, соблюдение которого необходимо, чтобы оптическая система давала безаберрационное изображение. Реализуемость условия синусов возможна только при использовании оптически высококачественного стекла. Специально для компании «Карл Цейс» немецкий химик Отто Шотт в 1884 г. создал вид специального стекла, открывший путь к созданию нового типа линз.

Чтобы исследовать состав и структуру метеоритов, Генри Клифтон (английский геолог) в 1863 г. создал поляризационный микроскоп, принцип действия которого состоит в получении изображения исследуемого объекта при его облучении поляризованными лучами, которые в свою очередь, должны быть получены из обычного света с помощью специального прибора – поляризатора. При прохождении поляризованного света через вещество либо при отражении от него, меняется плоскость поляризации света, в результате чего на втором поляризационном фильтре проявляется излишнее затемнение. Поляризационный микроскоп позволяет изучать анизотропные материалы, изменяющие поляризацию проходящего света.

Измерение твёрдости материалов. Понятие твёрдости материалов и возможность характеризовать и различать материалы по их твёрдости известны человечеству ещё с каменного века. В те времена человек пробовал материалы «на зуб» и либо по своим ощущениям, либо по оставшимся от зубов вмятинам, идентифицировал материалы.

Впервые инструментальный метод определения твёрдости в 1722 г. предложил французский естествоиспытатель Антуан Реомюр (известный так же как изобретатель спиртового термометра (1730 г.) со шкалой (в настоящее время не употребляется), имеющей две реперные точки – точка кипения и замерзания воды и была разделена на 80 градусов, т.е. кипению воды соответствовала температура 80 °R, соответственно 1 °C = 0,8 °R). Сущность этого метода определения твёрдости заключалась во вдавливании двух треугольных призм одна в другую рёбрами, расположенными под прямым углом и измерении полученных углублений. В 1857 году были описаны методы определения твёрдости по Родману и Кальверту и Джонсону (1858 г.). В первом случае твёр-

дость определялась величиной углубления после вдавливания стального закалённого ножа при постоянной нагрузке, а во втором – величиной переменной нагрузки, необходимой для вдавливания усеченного конуса определённых размеров до половины его высоты.

В 1900 году шведский инженер Юхан Бринелль (Brinell) предложил метод определения твёрдости, сущность которого заключалась в измерении параметров восстановленного отпечатка, нанесённого закаленным шариком под определённой фиксированной нагрузкой и расчёту числа твёрдости по известным формулам, характеризующим отношение нагрузки к площади поверхности отпечатка. Этот метод характеризует уже не сопротивление тела углублению в него индентора, а конечный результат такого сопротивления, когда снимается приложенная к индентору нагрузка, происходит упругое восстановление отпечатка и измеряются параметры этого отпечатка, характеризующие, в основном, пластическую деформацию материала.

Несколько иной подход к определению твёрдости предложил американский металлург С. П. Роквелл в 1920 г., который оценивал твёрдость условными единицами, характеризующими глубину внедрения шарикового или конусообразного индентора.

В 1925 году английским военно-промышленным концерном «Vickers Limited» предложен метод, в котором в качестве индентора использовалась четырёхгранная алмазная пирамида.

Методы Бринелля, Роквелла и Виккерса стандартизованы и широко используются в настоящее время.

Металловедение. Термин «металловедение» введён в 20-х гг. XX в. в Германии, причём было предложено сохранить термин «металлография» только для учения о макро- и микроструктуре металлов и сплавов. Во многих странах металловедение по-прежнему обозначают термином «металлография», а также называют «физической металлургией».

Возникновение металловедения как науки было обусловлено потребностями техники. В 1831 году русский горный инженер, металлург П. П. Аносов, разрабатывая способ получения булата, изучал под микроскопом строение отполированной поверхности стали, предварительно протравленной кислотой.

В 1864 году британский естествоиспытатель Г. К. Сорби провёл подобные исследования микроструктуры железных метеоритов и образцов стали, применив при этом микрофотографию [15].

В 1868 году русский металлург и изобретатель Д. К. Чернов указал на существование температур, при которых сталь претерпевает превращения (полиморфные) при нагревании и охлаждении (критиче-

ские точки). Эти температуры измерил Ф. Осмонд (1888 г.) при помощи термоэлектрического термометра, изобретённого Ле Шателье.

Немецкий металлург Адольф Мартенс в 1890 г. исследовал микроструктуру твёрдой закалённой стали и обнаружил, что она отличается от структуры менее твёрдых сталей: зерна заполнены иголками и пластинками.

Английский учёный Уильям Робертс-Остин исследовал методами термического анализа микроструктуру нескольких двойных металлических систем, в том числе железоуглеродистых сплавов. Результатом исследования явилась диаграмма «железо–углерод» (1898 г.).

Русский физикохимик, академик Н. С. Курнаков сконструировал самопишущий пирометр (1903 г.) и на основе изучения металлических двойных систем установил ряд закономерностей.

Русский металлург, академик А. А. Байков исследовал явления закалки сплавов (1902 г.), значительно улучшил методику металлостроения введением автоматической записи дифференциальных кривых нагревания и охлаждения (1910 г.) и травления микрошлифов при высокой температуре (1909 г.).

С открытием рентгеновского излучения появилась возможность изучать тонкую структуру металлов и сплавов, а также других кристаллических материалов. Английский физик Уильям Брэгг в 1912 г. доказал возможность анализа кристаллов с помощью рентгеновских лучей, положив тем самым основы рентгеноструктурного анализа.

Открытие электричества и магнетизма. История открытия электричества и магнетизма уходит корнями в середину Железного века, когда Фалес Милетский экспериментировал с янтарём, натёртым мехом или шерстью, который притягивал обрывки бумаги, пушинки и другие лёгкие тела.

Более чем через 2000 лет английский физик Уильям Гилберт в 1600 г. издал большой труд «О магните, магнитных телах и о самом большом магните – Земле» – настоящий свод знаний того времени об электричестве и магнетизме.

В середине XVII века известный немецкий учёный, бургомистр города Магдебурга, изобретатель воздушного насоса Отто фон Герике построил специальную «электрическую машину», представлявшую шар из серы величиной с футбольный мяч, насаженный на ось. Если при вращении шара его натирали ладонями рук, он вскоре приобретал свойство притягивать и отталкивать лёгкие тела. Опыты с этой машиной привели к нескольким важным открытиям:

– в 1707 г. французский физик дю Фей обнаружил различие между электричеством, получаемым от трения стеклянного шара и получаемым от трения круга из древесной смолы;

– в 1729 г. англичане Грей и Уилер обнаружили способность некоторых тел проводить электричество и впервые разделили все тела на проводники и непроводники электричества.

Важное открытие было сделано в 1745 г. математиком и философом Машенбруком из города Лейден. Он обнаружил, что стеклянная банка, оклеенная с обеих сторон оловянной фольгой, способна накапливать электричество. Заряженное до определённого уровня, это устройство могло быть разряжено со значительным эффектом – большой искрой, производившей сильный треск, подобный разряду молнии, и оказывавшей физиологическое действие при прикосновении руками к обкладкам банки. Этот прибор получил название «лейденская банка».

Одно из теоретических объяснений этого явления было дано великим американским учёным и общественным деятелем Бенджаминем Франклином, который указал на существование положительного и отрицательного электричества. Франклин объяснил процесс заряда и разряда «лейденской банки» и доказал, что её обкладки можно произвольно электризовать разными по знаку электрическими зарядами.

Франклин, как и русские учёные М. В. Ломоносов и Г. Рихман, уделил немало внимания изучению атмосферного электричества, грозового разряда (молнии).

Самым крупным открытием в этой области было обнаружение в 1786 г. итальянским анатомом Луиджи Гальвани электричества при соприкосновении двух разнородных металлов с телом препарированной лягушки. Сам Гальвани ошибочно считал, что это явление вызывается наличием особого животного электричества. Но вскоре другой итальянский учёный, Алессандро Вольта, дал иное объяснение этим опытам. Он экспериментально доказал, что электрические явления, которые наблюдал Гальвани, объясняются только тем, что определённая пара разнородных металлов, разделённая слоем специальной электропроводящей жидкости, служит источником электрического тока, протекающего по замкнутым проводникам внешней цепи. Эта теория, разработанная Вольтой в 1794 г., позволила создать первый в мире источник электрического тока в виде так называемого Вольтова столба. Последний представлял набор кружков из двух металлов (меди и цинка), разделённых прокладками из войлока, смоченного в соляном растворе или щёлочи. Описание этого прибора, изготовленного в 1799 г., дано в письме Вольты президенту Лондонского королевского общества Банксу от 20 марта 1800 г.

Одним из первых глубоко исследовал свойства электрического тока в 1801–1802 гг. петербургский академик В. В. Петров.

Работы этого выдающегося учёного, построившего самую крупную в мире в те годы батарею из 4200 медных и цинковых кружков, установили возможность практического использования электрического тока для нагрева проводников. Кроме того, Петров наблюдал явление электрического разряда между концами слегка разведённых углей как в воздухе, так и в других газах и вакууме, получившее название электрической дуги. Петров В. В. не только описал открытое им явление, но и указал на возможность его использования для освещения или плавки металлов, и тем самым впервые высказал мысль о практическом применении электрического тока.

В конце 1819 г. это явление вновь наблюдал датский физик Эрстед, который в марте 1820 г. опубликовал на латинском языке брошюру под заглавием «Опыты, касающиеся действия электрического конфликта на магнитную стрелку». В этом сочинении «электрическим конфликтом» был назван электрический ток.

Одной из важнейших заслуг Ампера было то, что он впервые (1820 г.) объединил два разобщённых ранее явления – электричество и магнетизм – одной теорией электромагнетизма, и предложил рассматривать их как результат единого процесса природы. Эта теория, встреченная современниками Ампера с большим недоверием, была весьма прогрессивной и сыграла огромную роль в правильном понимании открытых позднее явлений. Через пять лет после первых работ Ампера был построен первый электромагнит и началось глубокое изучение законов электромагнетизма. В 1827 году немецкий учёный Георг Ом открыл один из фундаментальных законов электричества, устанавливающий связь между силой тока, напряжением и сопротивлением цепи, по которой протекает электрический ток; в 1847 г. Кирхгоф сформулировал законы развёртывания токов в сложных цепях.

В 1821 году Майкл Фарадей нашёл ещё одно решение поставленной задачи превращения электрической и магнитной энергии в механическую и продемонстрировал устройство, работающее на явлении непрерывного электромагнитного вращения. Более десяти лет потребовалось, чтобы решить обратную задачу и получить электрическую энергию из магнитной и механической. В конце 1831 г. Фарадей сообщил об открытии им явления, названного электромагнитной индукцией и составляющего основу всей современной электроэнергетики.

В 1873 году вышел двухтомный труд Максвелла «Трактат об электричестве и магнетизме», содержащий сведения о существовавших ранее теориях электричества, методах измерения и особенностях экспериментальной аппаратуры, но основное внимание было уделено трак-

товке электромагнетизма с единых фарадеевских позиций. В «Трактате» содержались основные уравнения электромагнитного поля, известные ныне как уравнения Максвелла.

Открытие и изучение явлений внутреннего (1873 г., Смит) и внешнего (1886 г., Герц) фотоэффекта стало важным шагом в развитии представлений человека о природе света.

В 1911 году голландский физик Х. Камерлинг-Оннес открыл явление сверхпроводимости. Он проводил измерения электрического сопротивления ртути при низких температурах в целях выяснить, сколь малым может стать электрическое сопротивление вещества, если его максимально очистить от примесей и максимально снизить «тепловой шум», т.е. уменьшить температуру. Результат этого исследования оказался неожиданным: при температуре ниже 4,15 К, сопротивление почти мгновенно исчезло.

Таким образом, физика Нового времени подарила человечеству совершенно новые теории в классической физике – электродинамику, термодинамику. Было установлено, что все известные виды энергии: механическая, тепловая, электрическая и магнитная – переходят друг в друга. Многие научные открытия в области физики, сделанные в это время, положили начало мощному научно-техническому прогрессу. Первые электродвигатели, телефон и телеграф, радио, лампа накаливания – все эти открытия изменили в корне жизнь людей.

Геология

На протяжении XVII – XIX вв. в области геологии был сформулирован ряд научных теорий, некоторые из которых в усовершенствованном виде составляют теоретическую базу наук о Земле и в наши дни:

- предположение об изначально расплавленном состоянии земли (Г. Лейбниц, 1680 г.);
- теория катастроф (Кювье, 1830 г.);
- модель формирования гор (1836 г.);
- теория контракции – растрескивание суперконтинента при остывании (1858 г.);
- предложены методы гравиметрии и магнитометрии для изучения глубинного строения Земли.

Идея применения магнитных измерений (магнитометрии) для разведки железных руд была выдвинута шведским исследователем Р. Таленом в 1875 г. Считая положение рудной залежи приблизительно определённым, Тален утверждал, что магнитные измерения позволяют «...узнать, в каком именно месте находится главное скопление рудной

массы, на какой глубине лежит центр этой массы, какое притяжение имеет она и тому подобное».

Гравиметрия рассматривает теории и методы измерения силы тяжести для решения различных задач геодезии, геофизики и других наук о Земле.

Ускорение свободного падения определяется параметрами как Земли в целом, так и скоплениями горных пород аномальной плотности непосредственно в точке наблюдения. Гравиразведка применяется при поисках тяжёлых руд, картирования земной коры и верхней части мантии, выделению глубинных разломов и глобальных тектонических структур. Прибор для измерения ускорения силы тяжести называется гравиметром, единицей измерения является Гал (по имени Галилео Галилея), равный 1 см/с^2 .

Первые измерения ускорения силы тяжести были выполнены в XVI в. Галилеем. Он использовал открытый им закон свободно падающего тела, согласно которому тело в первую секунду падения проходит путь, равный половине ускорения силы тяжести. Найденное значение ускорения оказалось довольно грубым, так как метод Галилея требовал очень точного измерения длины и времени, что в XVI в. было невозможно. В дальнейшем Ньютоном (1686 г.) и Гюйгенсом (1691 г.) была доказана зависимость ускорения силы тяжести от широты наблюдения, формы Земли и от скорости вращения Земли.

В наши дни гравиметрия широко применяется для количественного химического анализа путём точного измерения массы вещества.

Технология

Профессор Гарвардского университета Даниел Белл выделяет три технологических революции (НТР) в развитии общества:

- изобретение паровой машины в XVIII в.;
- научно-технологические достижения в области электричества и химии в XIX в.;
- создание компьютеров в XX в.

Как видно, первая и вторая НТР относятся к периоду Нового времени, который по праву можно считать периодом технологических революций.

Токарно-винторезный станок (Модсли, 1794 г.). Токарный станок имеет весьма древнюю историю, причём с годами его конструкция менялась очень незначительно. Возможно, принцип его устройства был подсказан людям гончарным кругом. Приводя во вращение кусок дерева, мастер с помощью долота мог придать ему самую причудливую

форму. Для этого он прижимал долото к быстро вращающемуся куску дерева, отделял от него круговую стружку и постепенно давал заготовке нужные очертания. В деталях своего устройства станки могли довольно значительно отличаться друг от друга, но вплоть до конца XVIII в. все они имели одну принципиальную особенность: при обработке заготовка вращалась, а резец находился в руках мастера.

Одним из важнейших достижений машиностроения в начале XIX в. стало распространение металлорежущих станков с суппортами – механическими держателями для резца.

Английский механик Генри Модсли по праву считается создателем крестового суппорта, который имел две подвижные взаимно-перпендикулярные каретки. Благодаря этому укрепленный на верхней каретке резец мог передвигаться с помощью винтов по независимым друг от друга направлениям – вдоль оси вращающейся заготовки и перпендикулярно к ней, как в современных станках.

Нарезка винтов долго оставалась сложной технической задачей, поскольку требовала высокой точности и мастерства. В технической литературе имеются сведения, что в XIX в. в Европе хорошим токарем считался тот, который мог сделать деталь с точностью до 1,6 мм.

На своём станке Модсли выполнял нарезку резьб с такой изумительной точностью и аккуратностью, что это казалось современникам почти чудом. Он, в частности, нарезал регулировочные винт и гайку (шаг резьбы 0,5 мм!) для астрономического прибора, который в течение долгого времени считался непревзойдённым шедевром точности.

Автоматическое нарезание винта на станке происходило следующим образом: заготовку зажимали и обтачивали до нужных размеров, не включая механической подачи суппорта, после этого соединяли ходовой винт со шпинделем, и винтовая нарезка осуществлялась за несколько проходов резца. Обратный отход суппорта каждый раз делался вручную после отключения самоходной подачи. Таким образом, ходовой винт и суппорт полностью заменяли руку рабочего.

Гидравлический ковочный пресс Газвелла. В основе действия гидравлического пресса лежит одно из важнейших свойств жидкости – её малая способность к сжатию. Благодаря этому давление, производимое на жидкость, заключённую в замкнутый сосуд, передаётся во все стороны с одинаковой силой.

Во второй половине XIX в., с увеличением размеров обрабатываемых заготовок, появилась потребность в более мощных паровых молотах. Однако для увеличения силы удара молота приходилось либо увеличивать вес падающей части, либо высоту её падения. И то, и дру-

гое имело свои пределы – сильные удары молота так сотрясали почву, что это сделалось опасным для окружающих построек и сооружений.

В 1860 году директором мастерских государственных железных дорог в Вене Дж. Газвеллом был разработан ковочный пресс. Мастерские были расположены в черте города вблизи жилых построек, так что разместить в них мощный паровой молот не представлялось возможным. Тогда Газвелл и решил заменить молот прессом. Созданный им пресс обслуживался паровой машиной двойного действия с горизонтальным цилиндром, приводившей в действие два насоса. Мощность прессы составляла 700 т, и он с успехом применялся при штамповке паровозных деталей: поршней, хомутов, кривошипов и т.п. [13].

Выставленный в 1862 г. на всемирной выставке в Лондоне, он привлек к себе большой интерес. С этого времени во всех странах стали создаваться всё более мощные прессы. Английский инженер Витворт (один из учеников Г. Модсли и сам выдающийся изобретатель), увлечённый примером Газвелла, поставил перед собой сложную задачу – создать такой пресс, который бы можно было использовать для получения изделий непосредственно из железных и стальных слитков. В 1875 году он получил патент на свой первый ковочный пресс.

Конвертерный процесс (продувка) производства стали. В истории металлургии железа было три революционных переворота, оказавших глубочайшее влияние на весь ход человеческой истории: первый – в глубокой древности, когда появились сыродутные горны; второй произошёл в средние века, после открытия передельного процесса (руда–чугун; чугун–кричное железо); третий пришёл на вторую половину XIX в. и был связан с началом производства литой стали.

Естественным образом у многих учёных и изобретателей возникла мысль, которую потом высказал английский инженер Бессемер: каким образом получить металл со свойствами железа и стали, но в жидком виде, чтобы его можно было использовать для отливки?

Значительным шагом вперёд на этом пути стал предложенный в 1784 г. англичанином Кортон процесс пудлингования в специально созданной для этого печи.

Принципиальное устройство пудлинговой печи состояло в следующем. В топке сжигали топливо. Продукты горения через каменный порог попадали в рабочее пространство печи, где на поду находился загруженный чугун с железистыми шлаками. Шлаки под действием пламени переходили в тестообразное состояние и частично расплавились. С повышением температуры чугун начинал плавиться, и примеси

его выгорали за счёт кислорода, заключённого в шлаках. Таким образом, чугун обезуглероживался, т.е. превращался в губчатое железо.

Бессемер, наблюдая за плавкой чугуна, заметил, что твёрдое восстановленное железо образуется раньше всего у воздуходувных труб. Это навело его на мысль получать сталь путём усиленной продувки через расплавленный чугун воздуха. При этом происходит окисление примесей, содержащихся в чугуне (кремний, марганец, углерод). Своим горением они позволяли значительно повысить температуру плавки и получать сталь (путём окисления и удаления примесей из чугуна) в жидком состоянии.

В 1855 году Бессемер публично демонстрировал изобретённый им неподвижный конвертер [8]. Конвертер имел вид невысокой вертикальной печи, закрытой сверху сводом с отверстием для выхода газов. Сбоку в печи было второе отверстие для заливки чугуна. Готовую сталь выпускали через отверстие в нижней части печи. Воздуходувные трубки (фурмы) находились возле самого пода печи. Так как конвертер был неподвижным, продувку начинали раньше, чем вливали чугун. В противном случае, металл залил бы фурмы. По той же причине надо было вести продувку до тех пор, пока весь металл не был выпущен. Весь процесс длился не более 20 минут.

Мартеновский процесс плавки. К середине XIX в. во всех промышленных странах имелись огромные запасы железного лома. Из-за высокой тугоплавкости его не могли использовать в производстве. Французские инженеры Эмиль и Пьер Мартены (отец и сын) в 1863 г. предложили сплавлять этот железный лом с чугуном в регенеративной печи и таким образом получать сталь.

Основной принцип действия – вдувание раскалённой смеси горючего газа и воздуха в печь с низким сводчатым потолком, отражающим жар вниз, на расплав. В результате продуманного эффективного теплообмена температура в печи достигала 1600 °С, т.е. превышала температуру плавки чистого железа.

Гальваника. Гальваника, как технология обработки металлических изделий, представляет собой электрохимический процесс, в котором участвуют обрабатываемая деталь, электролит, два электрода и электрический ток.

Метод гальванического осаждения (гальванопластику) разработал немецкий и русский физик-изобретатель Борис Якоби в 1838 г. Разработанную технологию учёный начал активно внедрять в различные производственные процессы. Её начали использовать монетные дворы и предприятия, занимающиеся производством типографского оборудования, а также специалисты художественных ремёсел.

Своё название гальваника получила в честь итальянского учёного Луиджи Гальвани, который начал применять метод электрохимической обработки изделий практически одновременно с Якоби.

11. МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ НОВЕЙШЕГО ВРЕМЕНИ

Открытия Нового времени – электромагнитные волны, рентгеновские лучи, электрон, явление радиоактивности [18], не находили своего объяснения в рамках классической механики. Незыблемые представления о материи, её движении, о пространстве и времени теперь были поставлены под сомнение. В начале XX в. это привело к кризису в естествознании. Ситуация стала меняться к лучшему только к концу второго десятилетия XX в., когда начала складываться новая квантово-релятивистская картина мира.

Начало Новейшего времени историки связывают с окончанием Первой мировой войны в ноябре 1918 г. В Советской истории за точку отсчёта принимали Великую Октябрьскую социалистическую революцию 25 октября (7 ноября) 1917 г., когда в России произошла смена капиталистического строя социалистическим.

Период Новейшего времени продолжается и в наши дни, а о том, каким будет следующий этап, предстоит узнать нашим будущим поколениям.

Медицина

В первой половине XX в. в медицине достигнуты большие успехи в отношении распознавания болезней, их лечения и предупреждения. Развитие микробиологии и медицинского приборостроения позволило врачам углубить понимание зарождения и развития ряда заболеваний.

Диализатор. Шотландский профессор химии Томас Грэхем по праву считается отцом современного гемодиализа. Он впервые описал процесс переноса через полупроницаемую гуттаперчевую (резиноподобную) мембрану, которому присвоил название «диализ». О своих экспериментах Грэхем доложил в 1854 г. и отметил, что этот метод со временем может быть использован в медицине. В 1913 году американский биохимик Джон Абель опубликовал работы об использовании полупроницаемых мембран в целях очищения крови лабораторных животных. Немецкий доктор Георг Хаас в 1924 г. впервые провёл гемодиализ человеку, однако подробности этой процедуры не сохранились.

В 1930 году молодой голландский доктор Виллем Кольф потрясённый смертью пациента от почечной недостаточности, решил посвятить свою жизнь поискам возможности замещения почечной функции у подобных больных. Проводя эксперименты с целлофановой кожурой от сосисок в качестве диализной мембраны, он создал аппарат, состоявший из 70-литровой (позднее 100-литровой) ванны, в которую был помещён цилиндр с намотанной на него целлофановой трубкой длиной 40 м и диаметром 2,5 см, по которой перемещалась диализируемая жидкость (кровь). Цилиндр вращался с помощью двигателя стеклоочистителя от автомобиля. Ионы калия, натрия, кальция, хлора, молекулы мочевины, аммиака и другие свободно проникают через поры целлофана. В то же время более крупные молекулы белка, форменные элементы крови и бактерии не могут преодолеть целлофанового барьера.

В период с 1943 по 1944 год Кольф лечил 16 больных, из которых выжил только один пациент. Семнадцатым по счету пациентом была 67-летняя женщина, бывшая заключённая концентрационного лагеря. Ей непрерывно в течение 11 часов проводился диализ. Она умерла через 6 лет от других причин, и считается первой больной в мире, чья жизнь была спасена благодаря аппарату «искусственная почка».

Искусственный хрусталик. Сейчас после удаления помутневшего хрусталика (катаракты) внутрь глаза вставляют маленькую линзу – искусственный хрусталик из органического стекла. Первым эту операцию стал проводить английский хирург Гарольд Ридли.

Во время II Мировой войны Ридли обследовал пилотов, получивших ранения глаз. Он обратил внимание, что осколки пластика, из которого изготавливался колпак кабины самолёта, попав в глаз пилотам, не дают никаких побочных реакций. Таким образом, ему пришла в голову идея создания искусственного хрусталика. 8 ноября 1949 г. Ридли имплантировал первый искусственный хрусталик из полиметилметакрилата, который представлял собой точную копию человеческого хрусталика. Несмотря на несовершенство хрусталиков Ридли, его идея стала революцией в офтальмологии. В 1999 году 94-летнему Гарольду Ридли королевой Елизаветой было присвоено рыцарское звание.

Сегодня линзы делают из различных материалов, в том числе силикона, коллагена и даже искусственного алмаза. Но принцип замены мутного хрусталика внутриглазной линзой остался прежним.

Ультразвуковые исследования (УЗИ). Метод ультразвукового исследования широко распространён не только в медицинской практике, но и при контроле качества металлов и сплавов, в частности швов сварных соединений.

Звуковые колебания с частотой, превышающей верхнюю границу слышимости (20 кГц) – ультразвук, были впервые обнаружены ещё в XVIII в. итальянским естествоиспытателем Ладзаро Спалланцани.

Второе открытие – создание генераторов ультразвука сделал Пьер Кюри в 1880 г., обнаружив пьезоэлектрический эффект в кристаллах. Именно пьезоэлементы являются основой детекторов ультразвука в аппаратах УЗИ.

Начало XX в. ознаменовалось развитием гидролокации. Созданием первых эхолотов мы обязаны сразу нескольким учёным из разных стран: австрийцу Э. Бэму, англичанину Л. Ричардсону, американцу Р. Фессендену. Благодаря гидролокаторам, сканировавшим морские глубины, стало возможным находить подводные препятствия, затонувшие корабли, а в годы I мировой войны – вражеские субмарины.

Ещё одним ультразвуковым направлением стало создание в начале 30-х годов дефектоскопов для поиска изъянов в металлических конструкциях. Одним из основателей данного метода стал российский учёный С. Я. Соколов.

В 1941 году австрийский невролог Карл Фредерик Дюссик сделал первое ультразвуковое исследование мозга. Дюссик обнаружил опухоль, как оказалось позже, он принял за опухоль отражение ультразвука от костей черепа, и в 1947 г. опубликовал свой метод под названием гиперфонография.

Первый современный аппарат, в котором сканер и приёмник ультразвука находились в руке врача, появился в 1963 г. в США. С тех пор началась эпоха современного УЗИ.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) – это метод исследования внутренних органов и тканей с использованием физического явления ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Изобрёл магнитно-резонансную томографию (МРТ) Реймонд Дамадьян – американец армянского происхождения.

В 1971 году, будучи аспирантом Гарвардского университета, Дамадьян в журнале Science сообщил, что опухоли и нормальные ткани по-разному реагируют на ЯМР, который до этого использовался для исследования молекулярной структуры. В 1974 году он получил первый патент в области магнитно-резонансной томографии для диагностики злокачественных новообразований. Запатентовано было использование МРТ как «Способ просмотра человеческого организма в целях определения локализации рака». Конкретная же методика репродукции картины в результате такого просмотра не была определена.

В 1978 году Дамадьян организовал собственную компанию Fonar для производства сканеров МРТ.

Однако технология Дамадьяна оказалась менее эффективной, чем подход американского химика Пола Лотербурга, который обнаружил, как использовать градиент магнитного поля, чтобы получить двумерную картину организма. Позже другой учёный – британец Питер Менсфилд – усовершенствовал математические алгоритмы получения изображения.

В 2003 году Нобелевская премия в области медицины досталась Лотербургу и Менсфилду за их открытия, связанные с МРТ. Дамадьян получателем премии не был объявлен, хотя работа Лотербурга и Менсфилда строилась на его фундаментальном открытии.

В 2002 году Реймонд Дамадьян заявил: «Если бы я не родился, то МРТ существовала бы? Я так не думаю. А если бы не было Лотербурга? Я бы рано или поздно докопался до сути дела». Многие известные учёные поддержали тогда незаслуженно забытого Дамадьяна.

Оптический пинцет или оптическая ловушка – это устройство, позволяющее перемещать микроскопические объекты с помощью сфокусированного оптического (лазерного) луча. Он позволяет прикладывать к диэлектрическим объектам силы от 10^{-15} Н (фемтоньютон) до 10^{-9} Н и измерять расстояния от нескольких нанометров до микрометров.

Объекты, представляемые в виде маленьких диэлектрических сфер, взаимодействуют с электрическим полем, созданным световой волной. В результате такого взаимодействия объект перемещается вдоль градиента электрического поля.

Ещё в XVIII веке немецкий астроном Иоганн Кеплер, наблюдая за хвостами комет при их приближении к Солнцу, предположил, что свет может оказывать давление на вещество. Этот эффект был экспериментально измерен в 1910 г. российским физиком Петром Лебедевым, который продемонстрировал, что свет оказывает давление на тела.

В 1986 году Стивен Блок и Говард Берг впервые применили технологию оптического пинцета в биологии для удержания бактерии с целью изучения её жгутиков.

Оптический пинцет также используется для измерения вязкости и упругости биополимеров и изучения движения клеток.

Искусственная сетчатка глаза. В последние десятилетия учёные разных стран работают над идеями бионических электронных глаз. С каждым разом технологии совершенствуются, однако на рынок для массового использования свое изделие ещё никто не представил.

Первая модель протеза сетчатки «Argus retinal prosthesis» разработана в Америке офтальмологом Марком Хамейуном, инженером Ховардом Филипсом и биоинженерами Вентай Лью и Робертом Грин-

бергом. Первая модель, выпущенная в конце 1990, компанией Second Sight, имела всего 16 электродов.

Испытания первой версии бионической сетчатки под названием Argus II, содержащей 60 светочувствительных электродов, были проведены Марком Хамейуном шести пациентам в промежутке с 2002 по 2004 г. Пациенты показали способность не только различать свет и движение, но и определять предметы размером с кружку для чая.

В 2007 году начато мультицентровое исследование в 10 центрах четырёх стран США и Европы – всего 30 пациентов. В 2012 году Argus II получил разрешение для коммерческого использования в Европе, годом позже в 2013 г. – в США.

Биология

Крупные успехи биологии XX столетия тесно связаны с достижениями физики, химии, математики, техники – всего естествознания в целом. В XX веке в биологии одна за другой возникают новые отрасли знания: генетика, молекулярная биология, радиобиология, вирусология, этология и др. Процесс дифференциации и специализации в биологии продолжается и в наши дни.

В начале XX века специалисты разных отраслей биологии стали приходить к заключению, что важнейшие проявления жизнедеятельности – обмен веществ и энергии, дыхание, передача и реализация наследственной информации – связаны с процессами, протекающими на субклеточном и молекулярном уровнях.

В 1997 году датский биохимик Йенс Кристиан Скоу получил Нобелевскую премию по химии за открытие (в 1954 г.) натрий-калий аденозинтрифосфата – специального белкового комплекса, именуемого насосом, использующим энергию АТФ.

Клеточная мембрана является «активно» переносящей материей; для описания подобных процессов используют выражение «активный перенос». Модель активного переноса (рис. 11) отличается наличием второго компонента В, который не фигурирует в обычном процессе проникания; внутри клеточной мембраны он играет важную роль в метаболическом цикле активного переноса.

Предположим, что определённый фермент E_1 , находится вблизи поверхности мембраны, которая обращена к раствору с низкой концентрацией вещества А. Этот фермент ускоряет химическую реакцию между А и В, давая соединение АВ, существующее внутри клеточной мембраны. Согласно концентрационному градиенту соединение АВ

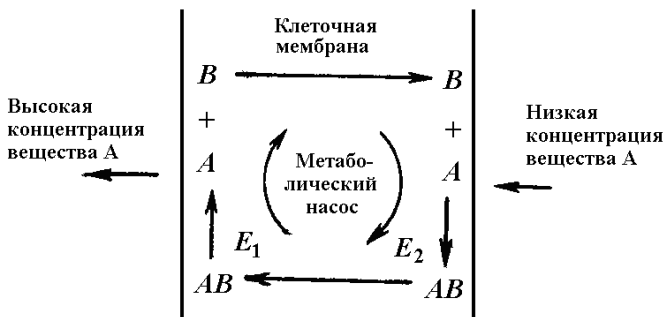


Рис. 11. Схема механизма активного переноса

будет диффундировать через мембрану по направлению к другой стороне, где находится другой фермент E_2 . Фермент E_2 , являясь полной противоположностью фермента E_1 , способствует разложению АВ на его составляющие А и В. После этого, вещество А будет диффундировать из мембраны в раствор с большей концентрацией, так как концентрация его в мембране в этот момент больше. Молекула вещества В велика и поэтому остаётся внутри.

Со второй половины 40-х годов XX в. быстрыми темпами начали развиваться новые представления о биохимических основах жизни, возникла совершенно новая отрасль – молекулярная биология, стремящаяся раскрыть биологические функции молекул различных химических веществ и пути их реализации.

Генетика. Первые работы по генетике в России начали появляться в начале XX в. После революции и гражданской войны началось стремительное организационное развитие науки. К концу 1930-х годов в СССР была создана обширная сеть научно-исследовательских институтов и опытных, а также вузовских кафедр генетики.

На рубеже 30 – 40 гг. XX в. в ходе так называемого Большого террора ряд видных генетиков были арестованы, многие расстреляны или погибли в тюрьмах (в том числе, Н. И. Вавилов).

В 1948 году Трофим Лысенко, основатель и крупнейший представитель мичуринской агробиологии, пользуясь поддержкой Сталина, объявил генетику лженаукой. Лысенко не отрицал самого понятия «генетика», был директором соответствующего института в системе Академии наук СССР. Но он разделял генетику на «советскую» (мичуринскую) и «империалистическую» (вейсманизм-менделизм-морганизм).

В настоящее время мичуринская агробиология признана лженаукой. К Мичурину она имеет лишь косвенное отношение и основана на положениях об изменениях организма не столько наследственностью, сколько воздействием внешней среды и питанием. Мичурин никогда не абсолютизировал влияние окружающей среды на наследственность. Позже он принял учение Менделя, говоря, что опыты, поставленные им для опровержения законов Менделя, на самом деле, подтвердили их.

Бактерия, поедающая нефть. В 1971 году американской микробиолог Ананда Чакрабартти подал заявку на патентование штамма бактерии *Pseudomonas*, с лёгкостью расщепляющей углеводороды. Она уничтожала нефтяную плёнку на поверхности воды или грунта гораздо быстрее, чем ранее применявшиеся микроорганизмы. В выдаче патента ему было отказано на том основании, что «живой организм, созданный природой, патентованию не подлежит». В 1980 году Чакрабартти выиграл дело в Верховном суде США, позволяющее ему запатентовать бактерию, созданную генетическим путём. Судья объявил, что «существенное различие не в природе живых и неживых вещей, а в том, могут ли живые продукты рассматриваться как изобретения человека».

Химия

На рубеже 20 – 30-х годов XX в. сформировались принципиально новые квантово-механические представления о строении атома и природе химической связи.

Вслед за идеей французского физика Луи де Бройля о волновых свойствах материальных частиц (1924 г.), австрийский физик Э. Шредингер в 1926 г. вывел основное уравнение волновой механики, содержащее волновую функцию и позволяющее определить возможные состояния квантовой системы и их изменение во времени.

Квантово-механический подход к строению атома привёл к созданию новых теорий, объясняющих образование связи между атомами. В 1927 году немецкий физик и химик-теоретик В. Г. Гейтлер и немецкий физик Ф. Лондон начали разрабатывать квантово-механическую теорию химической связи и выполнили приближённый расчёт молекулы водорода. Распространение метода Гейтлера–Лондона на многоатомные молекулы привело к созданию метода валентных связей, разработанного в 1928 – 1931 гг. американскими химиками Лайнусом Полингом и Дж. К. Слэтером. Основная идея этого метода заключается в предположении, что атомные орбитали сохраняют при образовании молекулы известную индивидуальность. В 1928 году Полинг предложил теорию резонанса и идею гибридизации атомных орбиталей, а в 1932 г. – новое количественное понятие электроотрицательности.

В 1929 году Ф. Хунд, Р. С. Малликен и Дж. Э. Леннард-Джонс заложили фундамент метода молекулярных орбиталей, основанного на представлении о полной потере индивидуальности атомов, соединившихся в молекулу.

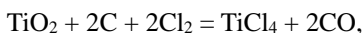
Благодаря квантовой механике, к 30-м годам XX века был выяснен способ образования связи между атомами; кроме того, в рамках квантово-механического подхода получило корректную физическую интерпретацию менделеевское учение о периодичности. Создание надёжного теоретического фундамента привело к значительному росту возможностей прогнозирования свойств веществ.

Особенностью химии XX века стало широкое применение физико-математического аппарата, расчётных методов, а также большого числа новых аналитических методов (рентгеноструктурный анализ, спектроскопия, магнетохимия, масс-спектрометрия, хроматография и т.п.). Эти методы предоставили новые возможности для изучения состава и структуры веществ.

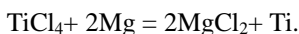
В результате тесного взаимодействия современной химии с другими естественными науками появились биохимия, геохимия и др. Одновременно с процессом интеграции протекал и процесс дифференциации химии. Появились и оформились в самостоятельные науки коллоидная химия, химия высокомолекулярных соединений, координационная химия, кристаллохимия, электрохимия и др.

Закономерным следствием совершенствования химической теории стали новые успехи практической химии – каталитический синтез аммиака, получение синтетических антибиотиков, полимерных материалов и т.п. Успехи химиков в деле получения веществ с заданными свойствами, в числе прочих достижений прикладной науки, к концу XX столетия привели к коренным преобразованиям в жизни человечества.

Процесс производства титана. Оксид титана TiO_2 был открыт ещё в 1789 г. Однако в чистом виде титан удалось получить только благодаря Вильгельму Кролю, разработавшему в 1940 г. экономически выгодный процесс получения титана. Способ состоит в спекании диоксида титана с коксом и одновременной обработкой хлором:



образующиеся пары TiCl_4 при 850 °С восстанавливают магнием:



Благодаря этому способу появилась возможность массового производства высокочистого титана и изделий из него: от фюзеляжей самолётов до корпусов коррозионно-стойких реакторов.

Метод ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) – явление избирательного резонансного поглощения электромагнитных волн веществом, находящимся в магнитном поле, открыто в 1938 г. американским физиком Исааком Раби, за что он был удостоен нобелевской премии. В 1946 году швейцарский физик Феликс Блох и американский физик Эдвард Перселл получили ядерный магнитный резонанс в жидкостях и твёрдых телах. В 1952 году они получили нобелевскую премию «За развитие новых методов для точных ядерных магнитных измерений и связанные с этим открытия».

Искусственный алмаз. Человечество давно мечтало научиться делать искусственные алмазы. Начиная с XVII в., учёные ставили опыты с алмазами и пришли к выводу, что по своему химическому составу он идентичен саже, углю и графиту (т.е. состоит из атомов углерода). Однако получить алмаз из угля или графита не удавалось. В начале XX в. советские теоретики построили кусочек фазовой диаграммы, из которой стало ясно, как именно можно из графита получить алмаз: для этого необходимы высокие температура и давление. С тех пор в разных странах бились над получением искусственного алмаза.

Проблему синтеза алмазов в 1953 г. решили учёные шведской электрической компании «ASEA», которым удалось создать давление 8000 МПа при температуре 2500 °С и держать его в течение 2 минут. Результаты исследований были засекречены.

В 1955 году учёные исследовательской лаборатории компании «Дженерал электрик», получив кристаллы искусственного алмаза при давлении 7000 МПа и температуре 1600 °С, оформили мировой патент, оставив позади первооткрывателей – шведов.

В нашей стране первые синтетические алмазы были получены в 1958 г.

Металлическое стекло. В отличие от кристаллических, аморфные металлы имеют структуру с высокой степенью хаотичности, беспорядочности распределения атомов. Металлы, в которых такая беспорядочная структура произведена непосредственно в среде материала в фазе жидкого состояния в течение охлаждения, называют «металлическими стёклами». Есть несколько путей получения аморфных металлов: чрезвычайно быстрое охлаждение, твёрдофазные реакции, ионное напыление и тому подобное.

Впервые металлическое стекло получил в 1959 г. Пол Дувец, используя быстрое охлаждение сплава золото–кремний.

Аморфные металлические стёкла (метглассы) обладают комплексом уникальных свойств. Прочность и твёрдость аморфных металлов значительно выше, чем в кристаллическом состоянии. Отсутствие дис-

локаций приводит к тому, что металлические стекла обладают очень высокой прочностью, а благодаря высокой твёрдости, они износостойки. Металлические стёкла можно прокатывать при комнатной температуре. Одним из основных преимуществ аморфных металлических сплавов является их высокая коррозионная стойкость, которая на несколько порядков выше, чем у лучших нержавеющей сталей.

Аморфные металлы применяются в микроэлектронике для создания диффузионных барьеров на границе металл–полупроводник, а также при изготовления магнитных накопителей.

Физика

Открытия электрона, строения атома, явления радиоактивности явились результатом изучения строения вещества. Исследования электрических явлений в жидкостях и газах, оптических спектров атомов, рентгеновских лучей, фотоэффекта показали, что вещество имеет сложную структуру. Классическая физика оказалась несостоятельной в объяснении новых экспериментальных фактов. Уменьшение временных и пространственных масштабов, в которых разыгрываются физические явления, привели к «новой физике», столь непохожей на привычную традиционную классическую физику. Развитие физики в начале XX в. привело к полному пересмотру классических представлений. В основе новой квантово-релятивистской физики лежат две фундаментальные теории: теория относительности и квантовая теория.

Развитие элементной базы электроники. Можно выделить четыре этапа в развитии элементной базы электроники и микроэлектроники с начала XX в. и до наших дней.

Первый период характеризуется разработкой и совершенствованием электровакуумных приборов и систематизированным изучением их физических свойств. В 1904 году была сделана простейшая двухэлектродная электронная лампа – диод, нашедший широчайшее применение в радиотехнике, для детектирования электрических колебаний. Спустя несколько лет, в 1907 г. изготовлена трёхэлектродная лампа – триод, для усиления электрических сигналов. В России первые образцы ламп были изготовлены в 1914–1915 гг. под руководством Н. Д. Папалекси и М. А. Бонч-Бруевича. В 1919 году изготовлены первые образцы отечественных приемно-усилительных радиоламп, а в 1921 г. разработаны первые мощные электронные лампы с водяным охлаждением. В 1924 году были изобретены четырёхэлектродные лампы (тетроды), в 1930 г. – пятиэлектродные (пентоды), в 1935 г. – многосеточные частотно-преобразовательные лампы (гептоды). Параллельно с

разработкой электронных, создавались электронно-лучевые, фотоэлектрические, ионные приборы, в создание которых существенный вклад внесли российские инженеры. К середине 30-х годов XX в. в основном сформировалась ламповая электроника. Развитие электровакуумной техники в последующие годы шло по пути снижения габаритов приборов, улучшения их параметров и характеристик, увеличения рабочей частоты, повышения надёжности и долговечности.

Второй этап относится к концу 40-х – началу 50-х годов XX в. Основную элементную базу в это время составили полупроводниковые приборы. Развитию полупроводниковой электроники предшествовали работы в области физики твёрдого тела.

В 1944 году был разработан первый германиевый диод, который представлял собой тонкую пластинку германия с запрессованной в неё тонкой провололочкой из соответствующего металла. Проволочка и германиевая пластинка размещены в защитном корпусе и припаяны к отдельным электродам. Такой диод имел размер в несколько миллиметров.

В 1946 году в лаборатории «Белл Телефон» была создана группа во главе с Уильямом Шокли, проводившая исследования свойств полупроводников на кремнии и германии. В 1948 году ими были изобретены трёхэлектродные полупроводниковые приборы – транзисторы [10].

Дальнейшее развитие элементной базы шло по пути миниатюризации полупроводниковых элементов, однако эта технология исчерпала себя, и учёные были вынуждены искать новые решения для создания эффективных и малогабаритных элементов.

Третий этап в развитии электронной элементной базы начался в 1958 г., когда американский учёный Джек Килби, сотрудник фирмы «Тексас инструментс», пришёл к выводу, что резисторы и конденсаторы можно не только делать из того же полупроводникового материала, что и транзисторы, но и изготавливать все компоненты одновременно, на одной и той же полупроводниковой пластине. Первая в мире интегральная схема, изготовленная Килби, представляла собой тонкую германиевую пластинку длиной в 10 мм, пять компонентов схемы были изолированы друг от друга благодаря своей форме в виде букв U, L и т.п. Крошечные проволоочки, соединяющие компоненты схемы друг с другом и с источником питания, просто припаивались. Вся конструкция скреплялась воском. Тем не менее, схема работала. Развитие интегральных микросхем шло по пути повышения степени интеграции – увеличения количества элементов (транзисторов) на кристалле

- малая интегральная схема (МИС) – до 100 элементов;
- средняя интегральная схема (СИС) – до 1000 элементов;
- большая интегральная схема (БИС) – до 10 000 элементов.

В 1968 году Гордон Мур и Роберт Нойс организовали небольшую фирму Intel из двенадцати человек, поставив перед собой задачу использовать огромный потенциал интеграции большого числа электронных компонентов на одном полупроводниковом кристалле для создания новых видов электронных приборов.

В 1978 году фирмой Intel была выпущена первая сверхбольшая интегральная схема (СБИС) – микропроцессор Intel8086, содержащая 29 000 транзисторов на кристалле. С этого времени начался четвёртый этап – этап микропроцессоров, который продолжается и в наше время.

В 1981–1982 годах прогресс микропроцессоров стимулировался наличием технологии литографии и соответствующим производственным оборудованием. Уже в 1983 г. ввиду образования излишних производственных мощностей как в США, так и в Азии, прогресс в развитии микроэлектроники стал определяться только ситуацией на рынке.

Развитие микроскопии. Открытие электрона, сделанное английскими учёными В. Круксом и Дж. Дж. Томсоном, и последующие исследования, связанные с управлением движения электронов посредством магнитного поля, а также открытие квантовых эффектов, явились базой для создания новых методик изучения сверхмалых объектов – просвечивающей электронной (ПЭМ), сканирующей электронной (СЭМ), туннельной микроскопии (СТМ) и их модификаций [11].

В 1931 году немецкий инженер Р. Руденберг получил патент на просвечивающий электронный микроскоп с электростатической фокусировкой электронов. В этом же году Эрнст Руска и Макс Кнольль усовершенствовали фокусирующую систему, выполнив её в виде «магнитных линз» – катушек, создающих магнитное поле.

В 1937 году Манфред фон Арденне изобрёл растровый электронный микроскоп с разрешением 100 нм. В 1951 году Чарльз Отли создал сканирующий электронный микроскоп с регистрацией вторичных (от исследуемой поверхности) электронов с разрешением 50 нм.

Советский физик-теоретик Г. А. Гамов в 1928 г. разработал основы теории туннельного переноса заряда, открывшие путь к созданию нового типа микроскопов – туннельных микроскопов.

В 1971 году Рассел Янг обнаружил переходную область плавного изменения тока при сближении двух электродов. В своих экспериментах он использовал вольфрамовую иглу и платиновый электрод с плоской поверхностью. Обнаруженное им явление есть одно из проявлений туннельного эффекта (прохождения через потенциальный барьер микрочастицы, энергия которой меньше, чем высота барьера).

В период 1982–1983 гг. немецкий физик Герд Бинниг и швейцарский физик Генрих Рорер (Нобелевские лауреаты 1986 г.) создали пер-

вый сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) и представили результаты исследования атомной структуры поверхности кремния.

В 1984 году в лаборатории ИВМ создан сканирующий оптический микроскоп ближнего поля (СОМБП).

В 1986 году коллективом во главе с Гердом Биннигом создан атомно-силовой микроскоп, позволяющий исследовать с высоким разрешением не только проводящие материалы, но и диэлектрики.

Первый отечественный СТМ был сконструирован в 1987 г. профессором МИЭТ В. К. Неволыным.

Туннельный микроскоп позволяет не только наблюдать, но и создавать уникальные картины. Когда напряжение между образцом и иглой несколько больше, чем в рабочем режиме туннелирования, атом (ион) образца может «перескочить» на иглу. Сменив напряжение, можно заставить его «спрыгнуть» обратно. Получается, что можно манипулировать атомами! Сотрудники ИВМ в 1989 году первыми выложили логотип своей фирмы атомами ксенона на поверхности никеля. Тем не менее, до сих пор такое развлечение могут себе позволить всего лишь несколько исследовательских групп в мире.

Концепция нанотехнологии. Возможность научно-технического направления, которое в наши дни получило название нанотехнологии, впервые обозначил выдающийся американский физик Ричард Фейнман в лекции, прочитанной в Калифорнийском технологическом институте на Рождественском обеде Американского физического общества 29 декабря 1959 г. [19].

В своей лекции он сказал «...Мне хочется обсудить одну малоизученную область физики, которая представляется весьма важной и перспективной и может найти множество ценных технических применений. Речь идёт о проблеме контроля и управления строением вещества в интервале очень малых размеров. Внизу (т. е. «внизу или внутри пространства») располагается поразительно сложный мир малых форм, и когда-нибудь (например, в 2000 г.) люди будут удивляться тому, что до 1960 г. никто не относился серьёзно к исследованиям этого мира».

Обосновывая перспективность направления, Фейнман говорил, что производство сверхмалых объектов может быть коммерчески интересным. Например, компьютеры должны хранить огромное количество информации. Очень важно иметь возможность «стирать» предыдущую информацию и записывать на её место новую, причём всегда жалко уничтожать материал, на котором осуществляется запись. Однако если для записи требуется лишь ничтожный объём легко воспроизводимого вещества, то материал можно не экономить, а просто выбрасывать после считывания информации.

Ричард Фейнман затронул в лекции и технологические вопросы получения наноматериалов (напыление), и перспективные направления использования таких материалов, и проблемы, связанные с их использованием – смазка микромеханизмов, силы межмолекулярного взаимодействия, приводящие к слипанию отдельных микроэлементов.

В заключение он говорил, что при переходе к изучению самых маленьких объектов, мы сталкиваемся со многими разнообразными явлениями, создающими новые возможности. Поведение отдельных атомов подчиняется законам квантовой механики и не имеет аналогов в макроскопическом масштабе, поэтому «внизу» мы будем постоянно наблюдать новые закономерности и эффекты, предполагающие новые варианты использования. Например, возможно, что в мире атомов, вместо привычных электрических цепей, мы научимся работать с квантовыми уровнями энергии, с взаимодействиями квантовых спинов и т.п. Известные нам принципы физики не запрещают создавать объекты «атом за атомом». Манипуляция атомами, в принципе, вполне реальна. Практические трудности её реализации обусловлены лишь тем, что мы сами являемся слишком крупными и громоздкими объектами, вследствие чего нам сложно осуществлять такие манипуляции. Размышляя в этом направлении, мы доходим до проблем химического синтеза. Мне представляется, – говорил Фейнман, – особенно интересным то, что физики могут научиться синтезировать любое вещество, исходя из записанной химической формулы. Химики будут заказывать синтез, а физики – просто «укладывать» атомы в предлагаемом порядке. Развитие техники манипуляции на атомарном уровне (и нам этого просто не избежать) позволит решить многие проблемы химии и биологии.

Лазеры. Слово «лазер» является аббревиатурой от *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (усиление света посредством вынужденного излучения).

Луч лазера может преодолевать большие расстояния с малой дисперсией и может концентрировать оптическую энергию на маленьком пятне.

7 июля 1960 года Теодор Мейман провёл презентацию первого лазера. Газеты писали, что Мейман изобрёл «луч смерти».

Лазер представлял собой монокристалл искусственного рубина ($\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,05\% \text{Cr}$), который создавал интенсивное излучение красного цвета. Когда в качестве материала для лазера он выбрал рубин, маститые учёные подняли его на смех. Его теоретические и практические разработки не находили поддержки, финансирование было скудным.

Сущность работы лазера на рубине состоит в следующем. Энергия от источника питания преобразуется источником возбуждения

в электромагнитное поле, которым облучается активное вещество. В результате этого облучения активное вещество переходит из состояния равновесия в возбуждённое состояние. Внутренняя энергия активного вещества значительно возрастает. Этот процесс носит название «накачки» или «подкачки» активного вещества. Когда атомы активного вещества перейдут в возбуждённое состояние, достаточно одному электрону сорваться по каким-либо причинам с верхнего уровня, чтобы он начал испускать фотон света, который, в свою очередь, сбросит несколько электронов с верхнего уровня, чем вызовет лавинообразное выделение энергии остальными возбуждёнными электронами.

Несколько месяцев спустя, в декабре 1960 г., Bell Labs сообщила о создании первого образца газового лазера, работающего на смеси гелия и неона в непрерывном режиме. Затем был получен лазерный эффект на парах цезия, и началась демонстрация возможностей построения лазеров буквально на сотнях различных материалов.

Очень важным стало изобретение в 1962 г. Г. Г. Басовым, О. Н. Крохиным и Ю. М. Поповым полупроводникового лазера. Советские физики открыли, что если на полупроводники воздействовать электрическим или световым импульсом, то часть электронов покинет свои атомы, и здесь образуются «дырки», которые играют роль положительных зарядов. Одновременное возвращение электронов на орбиты атомов можно рассматривать как переход с более высокого энергетического уровня на более низкий, за счёт чего происходит излучение фотонов.

Графен. 5 октября 2010 года были объявлены лауреаты Нобелевской премии по физике – ими стали Константин Новоселов и Андрей Гейм, бывшие российские учёные, сейчас работающие в Университете Манчестера в Великобритании. Премия досталась им за основополагающие эксперименты с двумерным материалом графеном. В 2004 году учёным впервые удалось получить графен – свободный одноатомный слой углерода – и объяснить его выдающиеся электронные свойства.

Теоретически существование графена было известно давно, однако существование именно двумерной структуры атомов углерода подвергалось сомнению. Лев Ландау теоретически доказал, что двумерная структура нестабильна и обречена на скручивание, результатом которого являются нанотрубки.

Новоселов о деталях своего открытия рассказывал, что они очищали скотчем поверхности графитовых сердечников, используемых в туннельном микроскопе. Скотч прикладывается к графиту, верхние слои отрываются, скотч выбрасывается, а чистый кристалл вставляется в микроскоп. Это стандартная практика. Нам осталось только поднять

этот скотч, руками снять с него чешуйки, перенести на правильную подложку и приделать контакты. Первые же образцы на поверхности из диоксида кремния SiO₂ заработали в качестве транзисторов.

Геология

В 1932 году советский геолог, академик А. Д. Архангельский сформулировал теорию геосинклиналей, которая объясняла тектонические процессы в истории Земли циклическими колебаниями земной коры, результатом которых являлось появление складчатых областей – геосинклиналей. До конца 1960-х годов эта теория была основополагающей в геологии. В 1967 году на смену ей пришла теория тектоники плит, основанная на предположении о горизонтальном движении земной коры. Впервые предположение об этом было высказано немецким геофизиком А. Вегенером в 1912 г. в рамках теории «дрейфа континентов».

Развитие рентгеновских методов исследования в геологии в конце XX в. позволило определить минералогический состав нижней мантии земли на глубинах более 670 км.

Учение о био- и ноосфере Вернадского. Владимир Иванович Вернадский (1863 – 1945 гг.) – русский учёный, естествоиспытатель, мыслитель. Шигаевский хутор Моршанского уезда был одним из имений отца В. И. Вернадского, позже, при строительстве железной дороги он безвозмездно отдал земли под неё, а станция и хутор были названы в его честь – Вернадовка.

Вернадский В. И. основал новую науку – биогеохимию и сделал огромный вклад в геохимию. С 1927 года он занимал должность директора Биогеохимической лаборатории при Академии наук СССР.

Из философского наследия Вернадского наибольшую известность получило *учение о ноосфере*.

Понятие «ноосфера» Вернадский употреблял:

- как состояние планеты, когда человек становится преобразующей геологической силой;
- как область активного проявления научной мысли;
- как главный фактор качественной перестройки биосферы.

Одной из ключевых идей, лежащих в основе теории о ноосфере, является то, что человек не является самодостаточным живым существом, живущим отдельно по своим законам, он сосуществует внутри природы и является её частью. Не только природа оказывает влияние на человека, существует и обратная связь. Причём она гораздо глубже, чем просто физическое влияние человека на окружающую среду.

Ноосфера, как высокоорганизованное состояние биосферы, может возникнуть и существовать только тогда, когда:

- преобразующая деятельность человека будет основываться на строго научном и разумном понимании всех происходящих процессов и обязательно сочетаться с «интересами» природы;
- решится задача овладения методами управления развитием биосферы и создания необходимых для этого средств.

Технология

Отличительной чертой новейшего времени является бурное развитие техники и технологий.

В развитии технологий можно выделить несколько этапов, тесно связанных с технологическими укладами в общественном производстве (технологический уклад – это совокупность технологий, характерных для определённого уровня развития производства):

- первый уклад, продлившийся более 50 лет (1772 – 1825 гг.), соотносится с Первой промышленной революцией;

- второй уклад, связанный с изобретением паровой машины и её широким внедрением в различные отрасли производства, просуществовал 50 лет (1825 – 1875 гг.);

- третий уклад (1875 – 1930 гг.), называемый «Эпоха стали», с характерным ему развитием чёрной металлургии, железнодорожного строительства и кораблестроения, был более продолжительным – 55 лет;

- четвёртый уклад (1930 – 1970 гг.), продлившийся 40 лет, связан с бурным развитием автомобилестроения, самолётостроения, нефтехимии, энергосистем, атомной энергетики, электроники и ракетостроения;

- пятый уклад (1970 – 2010 гг.), называемый «Эпоха компьютеров и телекоммуникаций», связан с появлением микропроцессоров и развитием микроэлектроники, обусловивший развитие электронной промышленности, вычислительной техники, оптико-волоконной техники, программного обеспечения, телекоммуникационных технологий, роботостроения и информационных технологий;

- шестой уклад (2010 – н.в.) связан с активным развитием нанотехнологий (нанoeлектроники, нанохимии, молекулярной и нанофотоники, наноматериалов и наноструктурированных покрытий, наносистемной техники, нанобиотехнологии, информационных технологий, когнитивных наук, конвергенции (слияния) **Нано-, Био-, Инфо- и Когнитивных технологий (НБИК (NBIC)-конвергенция).**

Отличительной особенностью и преимуществом шестого технологического уклада является резкое снижение энергоёмкости и материалоёмкости производства, а также конструирование материалов и организмов с заранее заданными свойствами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исторический опыт создания и использования материалов и технологий в различных областях деятельности человека является основой для дальнейшего их совершенствования. Преемственность методов, приёмов и средств при решении инженерных задач является обязательной в научном познании и в изобретательской работе.

Знание общих закономерностей, последовательности и сущности этапов исторического развития наук о материалах и технологий производства продукции способствует лучшему пониманию логики развития фундаментальных естественнонаучных и прикладных наук и позволяет специалистам прогнозировать и определять стратегию производства и пути повышения качества изготавливаемой продукции.

Важнейшим результатом достижений наук о материалах является создание и постоянное совершенствование научной картины мира. Поскольку наши представления о Вселенной создаются индуктивным путём, от частного к общему, научная картина мира непрерывно уточняется. Свой вклад в её совершенствование предстоит внести и сегодняшним студентам-материаловедам.

Для установления сложной взаимосвязи между химическим составом, технологией получения материала, его структурой и свойствами в настоящее время используются научные исследования и эксперименты с применением моделирования условий эксплуатации изделия. Наука о материалах уже подошла к тому состоянию, когда с помощью компьютерных систем прогнозируют и рассчитывают свойства новых уникальных материалов: металлических сплавов, полимеров и композиционных материалов.

История развития наук о материалах подтверждает особую ценность фундаментальных исследований – «знания ради знания». Исторический опыт показывает, что почти всякое значительное научное открытие в момент своего совершения лишено практической ценности. Однако именно на том, что изучено фундаментальной наукой десятилетия назад, основываются сегодняшние успехи прикладной науки.

В данном учебном пособии нашло отражение далеко не всё, что имеет какое-либо историческое значение для современного промышленного производства. Здесь рассмотрены только важнейшие изобретения и этапы исторического развития наук о материалах и технологий. Дополнительную информацию по интересующим читателя вопросам можно получить из книг, указанных в списке литературы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сироткин, О. С.** Основы современного материаловедения : учебник: соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту 3-го поколения / О. С. Сироткин. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 362 с.
2. **Гасик, М. И.** Теория и технология электрометаллургии ферросплавов : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Металлургия чёрных металлов и сплавов» / М. И. Гасик, Н. П. Лякишев. – М. : СП Интермет Инжиниринг, 1999. – 764 с.
3. **Паулинг, Л.** Природа химической связи / пер. с англ. М. Е. Дяткиной ; под ред. Я. К. Сыркина. – М.–Л. : Госхимиздат, 1947. – 440 с.
4. **Сонгина, О. А.** Редкие металлы / О. А. Сонгина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Гос. научно-техн. изд-во лит. по чёрной и цветной металлургии, 1955. – 384 с.
5. **Венецкий, С. И.** О редких и рассеянных: рассказы о металлах / С. И. Венецкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1987. – 240 с.
6. **Металлургия** и время: в 4 кн. Кн. 1 / Ю. С. Карабасов и др. – М. : Издательский дом МИСИС.– 2011. – 216 с.
7. **Агрикола, Г.** О горном деле и металлургии в двенадцати книгах (главах) / Г. Агрикола. – М. : Недра, 1986. – 294 с.
8. **Беккерт, М.** Железо. Факты и легенды / М. Беккерт ; пер. с нем. Г. Г. Кефер. – 2-е изд. – М. : Металлургия, 1988. – 240 с.
9. **Беляев, А. И.** Очерки по истории металлургии лёгких металлов / А. И. Беляев. – М. : Гос. науч.-техн. изд-во лит. по чёрной и цветной металлургии, 1950. – 142 с.
10. **Введение** в микроэлектронику / Ю. А. Гатчин, В. Л. Ткалич, А. С. Виволанцев и др. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2010. – 114 с.
11. **Кларк, Э. Р.** Микроскопические методы исследования материалов / Э. Р. Кларк. – М. : Техносфера, 2007. – 376 с.
12. **История** техники / А. А. Зворыкин, Н. И. Осьмова, В. И. Чернышёв и др. – М. : Издательство соц.-экон. литературы, 1962. – 772 с.
13. **Ламан, Н. К.** Развитие техники обработки металлов давлением с древнейших времён до наших дней / Н. К. Ламан. – М. : Наука, 1989. – 236 с.
14. **Камардин, И. Н.** Техника первобытного общества / И. Н. Камардин. – Пенза : ПГУ, 2006. – 60 с.
15. **Кан, Р. У.** Становление материаловедения / Р. У. Канн ; пер. с англ. – Н. Новгород : Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2011. – 619 с.

16. **Левченков, С. И.** Краткий очерк истории химии : учеб. пособие для студентов химфака РГУ [Электронный ресурс] // Кафедра физхимии РГУ. – [Б.м.], 1996 – 2013. – URL : http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/Source/History/big_index.html.

17. **Рабинович, В. Л.** Алхимия как феномен средневековой культуры / В. Л. Рабинович. – М. : Наука, 1979. – 427 с.

18. **Брейн, М.** Великие изобретения. От катапульты до марсохода. 250 основных вех в истории техники и технологии / М. Брейн ; пер. с англ. О. С. Лобачевой. – М. : Лаб. знаний, 2017. – 534 с.

19. **Фейнман, Р. Ф.** Внизу полным полно места: приглашение в новый мир физики / Р. Ф. Фейнман ; пер. с англ. А. В. Хачояна // Рос. хим. журн. – 2002. – Т. XLVI, № 5. – С. 406 – 409.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Материя, вещество, материал, изделие	5
2. Основные типы материалов	10
3. Искусство и технология	30
4. Науки о материалах	33
5. Материалы и технологии Каменного века	35
6. Материалы и технологии Медного и Бронзового веков	41
7. Материалы и технологии Железного века	46
8. Материалы и технологии Средневековья	60
9. Материалы и технологии эпохи Возрождения	69
10. Материалы и технологии Нового времени	83
11. Материалы и технологии Новейшего времени	107
Заключение	124
Список литературы	125

Учебное издание

МОРДАСОВ Денис Михайлович

ИСТОРИЯ НАУК О МАТЕРИАЛАХ

Учебное пособие

Редактор И. В. Калистратова

Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

ISBN 978-5-8265-2177-9



Подписано в печать 14.12.2020.

Дата выхода в свет 25.01.2021.

Формат 60 × 84/16. 7,44 усл. печ. л.

Тираж 300 экз. (1-й з-д 75 экз.) Заказ № 40

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.
Телефон (4752) 63-81-08.

E-mail: izdatelstvo@tstu.ru

Отпечатано в типографии ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392008, г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112А
Телефон (4752) 63-07-46.

E-mail: tipo_tstu68@mail.ru