

- **История и  
методология химии**

**3 семестр 2020-2021 учебный**

**год**

- **Структура  
курса**

# История химии и её составные части

## История химии

История химии как наука

Артефакты химии как материальная основа истории человечества  
соотношение: летописи и хроники, предания -

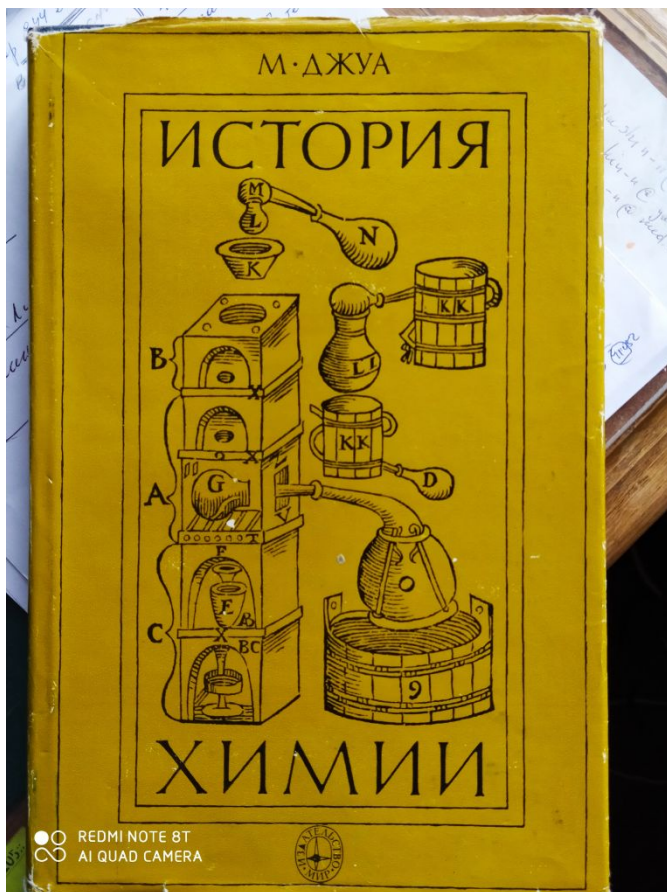
История химии – соотношение национального и интернационального

## Химия в истории

Естественно-научные методы исследования в истории

артефакты)

# История химии как наука - есть ли она в настоящее время



- М.Джуа. История химии. *Химия. М.: 1975*
- Греко-египетская алхимия
- Арабская алхимия
- Западная алхимия

# **История химии и экономика**

# **История химии и политика**

# Методология химии

- **Методология химии как часть естественно-научной методологии**
- **Общие законы естествознания и частные законы химии**
- **Соотношение химии и физики:**  
химическая физика и физическая химия
- **Соотношение химии и биологии:**  
биологическая химия и химическая биология
- **Соотношение химии и медицины:**  
медицинская химия и химическая

# История медицинской химии



# РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Азимов А. Краткая история химии. – М.: Мир, 1983. 187 с.

2. Соловьев Ю.И. История химии. Развитие химии с древнейших времён до конца XIX века. – М.: Просвещение, 1983. 368 с.

3. Соловьев Ю.И., Трифонов Д.Н., Шамин А.Н. История химии. Развитие основных направлений современной химии. – М.: Просвещение, 1984. 335 с.

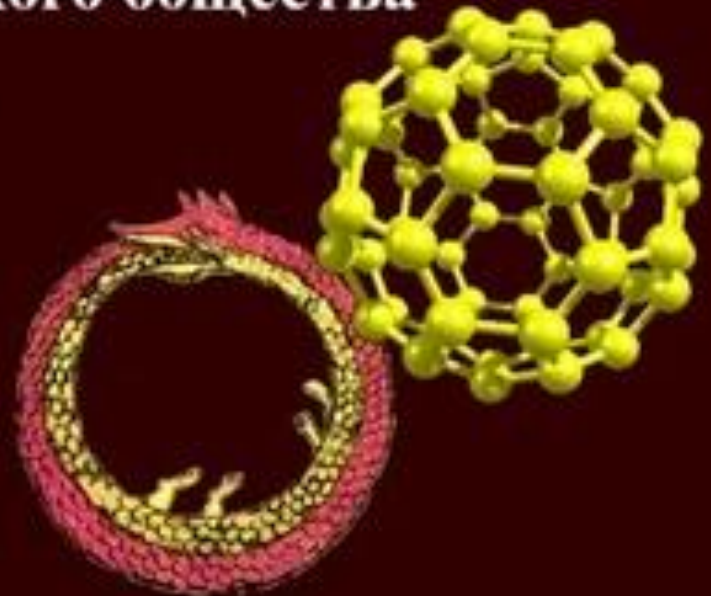


## ИСТОРИЯ ХИМИИ

**История химии изучает и описывает сложный процесс накопления специфических знаний, относящихся к изучению свойств и превращений веществ**

**Пограничная область знания, которая связывает явления и процессы, относящиеся к развитию химии, с историей человеческого общества**

*Цель курса истории химии – создание представления о науке как о логически единой, непрерывно и закономерно развивающейся системе знаний о материальном мире*



## **ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ХИМИИ**

- 1. Предалхимический период: до III в.**
- 2. Алхимический период: III – XVII вв.**
- 3. Период становления (объединения):  
XVII – XVIII вв.**
- 4. Период количественных законов:  
1789 – 1860 гг.**
- 5. Период классической химии:  
1860 г. – конец XIX в.**
- 6. Современная химия: с начала XX в.  
по настоящее время**

# ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ХИМИИ

## 1. Предалхимический период: до III в.

Теоретический и практический аспекты знаний о веществе развивались относительно независимо друг от друга

*Натурфилософия* –  
теоретическое рассмотрение  
проблемы происхождения  
свойств вещества



*Ремесленная химия* –  
практические операции с  
веществом



# ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ХИМИИ

## 2. Алхимический период: III – XVII вв.

Три подпериода:

александрийская (греко-египетская) алхимия;

арабская алхимия;

европейская алхимия

**Цель алхимиков – осуществление трансмутации металлов с помощью философского камня**

*Главные итоги:*

*Зарождение экспериментальной химии;*

*Накопление запаса знаний о веществе;*

*Создание первых химических теорий;*

*Уникальная система мистической философии*



## ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ХИМИИ

### 3. Период становления (объединения): XVII – XVIII вв.

*Становление химии как самостоятельной науки, занимающейся экспериментальным изучением состава тел*

1661 г.

Р. Бойль

«Химик-скептик»



1789 г.

А. Лавуазье  
«Химическая  
революция»

*Главные итоги:*

*Полная рационализация химии, освобождение от натурфилософских и алхимических взглядов на элементы как на носители определённых качеств;*

*Использование экспериментального метода;*

*Создание единого подхода к изучению химических явлений;*

*Расширение практических знаний о веществе*

# ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ХИМИИ

## 4. Период количественных законов: 1789 – 1860 гг.

### Главные итоги:

*Формирование химической атомистики (атомно-молекулярной теории);*

*Открытие главных количественных закономерностей химии – стехиометрических законов;*

*Превращение химии в точную науку, основанную не только на наблюдении, но и на измерении*



## ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ХИМИИ

### 5. Период классической химии: 1860 г. – конец XIX в.

Стремительное развитие теории. Создаются:

*периодическая система химических элементов;*

*теория валентности и химического строения молекул;*

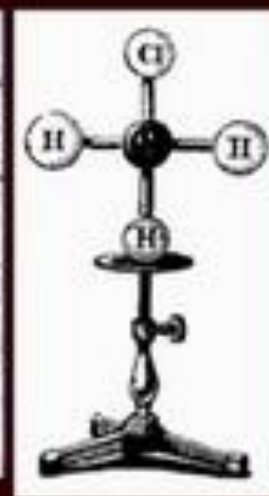
*термохимия и химическая термодинамика;*

*химическая кинетика и учение о каталитических процессах*

ВНИМАТЕЛЬНО СМОТРЕТЬ СИСТЕМУ ЭЛЕМЕНТОВ.

Составитель доктор Александр Александрович Самарин.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																																																															
H	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cobalt	Nickel	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ru	Rh	Pd	Silver	Cadmium	In	Sn	Pb	Bismuth	Po	Ast	Tellur	Iodine	Xe	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hafnium	Tantalum	Tungsten	Rhenium	Osmium	Iridium	Platinum	Aurum	Mercury	Thallium	Lead	Bismuth	Po	Ast	Tellur	Iodine	Xe	Radium	Actinium	Thorium	Protactinium	Uranium	Niobium	Molybdenum	Technetium	Ruthenium	Rhodium	Palladium	Silver	Cadmium	Indium	Tin	Antimony	Arsenic	Selenium	Bromine	Krypton	Xenon	Radon	Francium	Radium	Actinium	Thorium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Americium	Curium	Berkelium	Californium	Einsteinium	Mendelevium	Nobelium	Lanthanum	Cerium	Praseodymium	Neodymium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Ytterbium	Lutetium	Hafnium	Tantalum	Tungsten	Rhenium	Osmium	Iridium	Platinum	Aurum	Mercury	Thallium	Lead	Bismuth	Po	Ast	Tellur	Iodine	Xenon	Radium	Actinium	Thorium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Americium	Curium	Berkelium	Californium	Einsteinium	Mendelevium	Nobelium



Дифференциация химии – выделение её отдельных ветвей, приобретающих черты самостоятельных наук

Блестящие успехи прикладной неорганической химии и органического синтеза



## ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ХИМИИ

### 6. Современная химия: с начала XX в. по настоящее время

Создание надёжного теоретического фундамента на основе учения о строении атома и квантовой механики

*Установление причины периодичности свойств элементов и их соединений*

*Объяснение природы валентных сил и создание теорий химической связи*

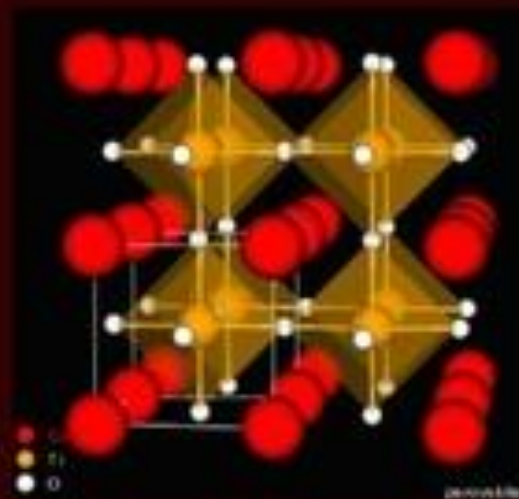


# ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ХИМИИ

## Современная химия

**Появление принципиально новых  
аналитических методов, прежде всего  
физических и физико-химических**

*Существенный рост  
возможностей для изучения  
состава, структуры и  
реакционной способности  
вещества*

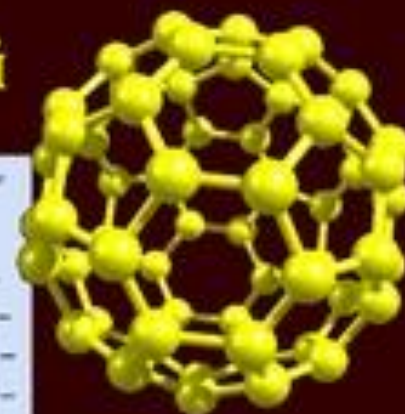
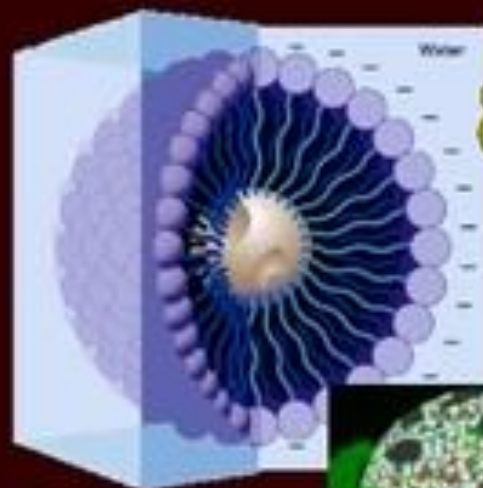


# ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ХИМИИ

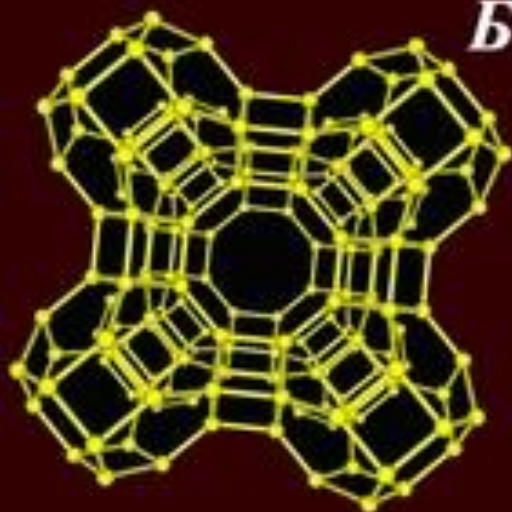
## Современная химия

Всё более тесное взаимодействие с другими естественными науками, развитие междисциплинарных исследований

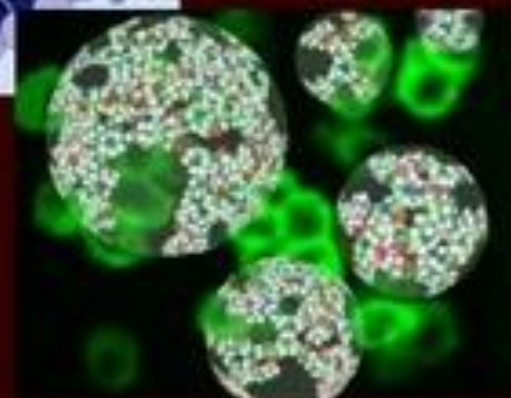
*Супрамолекулярная химия*



*Биохимия*



*Нанохимия*



# **ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМА ХИМИИ**

**ЦЕЛЬ ХИМИИ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЕЁ  
РАЗВИТИЯ – ПОЛУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВА С  
ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ**

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ –  
ПРОБЛЕМА ПРОИСХОЖДЕНИЯ  
СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВА**

Уровни организации вещества:

1. Субатомные частицы
2. Атомы химических элементов
3. Молекулы химических веществ как унитарные (единые) системы
4. Микро- и макроскопические системы реагирующих молекул
5. Мегасистемы

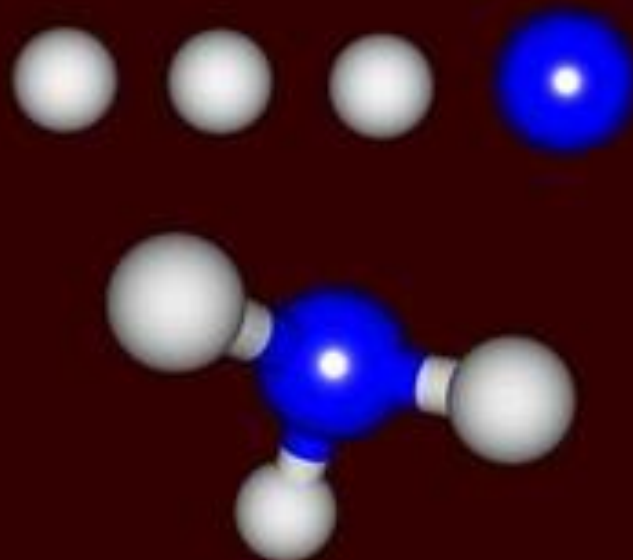
**Объекты  
химии**

# КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ХИМИИ

Число способов решения теоретической задачи химии задаётся структурной иерархией самого вещества

Химия рассматривает зависимость свойств вещества от трёх факторов:

- 1. От элементного состава;*
- 2. От структуры молекулы вещества;*
- 3. От организации системы, в которой находится вещество*



### 3. Учение о химическом процессе

Основной тезис - свойства вещества определяются его *составом, структурой и организацией системы*, в которой это вещество находится



Объектом учения о химическом процессе является вся кинетическая система, в которой состав вещества и структура его молекул представлены лишь как частности

## 4. Эволюционная химия?

Учение о высших формах химизма и о химической эволюции материи. Изучает процессы *самоорганизации* вещества: от атомов и простейших молекул до живых организмов



## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ХИМИИ**

**Иерархия изучаемых материальных объектов  
предопределяет иерархию т.н. концептуальных  
систем химии**

***Концептуальная система химии –  
относительно самостоятельная система  
теорий, описывающих вещество на каком-  
либо уровне организации***

- 1. Учение о составе**
- 2. Структурная химия**
- 3. Учение о химическом процессе**

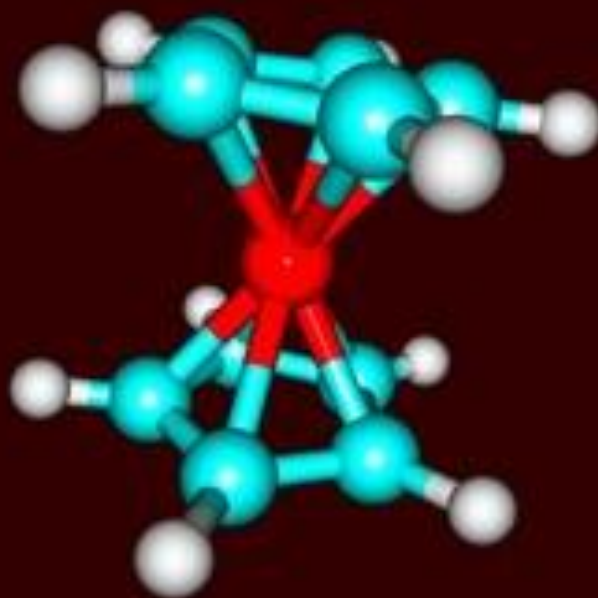
**История химии может быть рассмотрена  
как история возникновения и развития  
концептуальных систем**





## 2. Структурная химия

Основной тезис - свойства вещества определяются *структурой его молекулы*, т.е. составом, порядком соединения атомов между собой и их расположением в пространстве



Объектом структурной химии является молекула химического вещества как единое целое

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ХИМИИ

### 3. Учение о химическом процессе

Основной тезис - свойства вещества определяются его *составом, структурой и организацией системы*, в которой это вещество находится



Объектом учения о химическом процессе является вся кинетическая система, в которой состав вещества и структура его молекул представлены лишь как частности

## 4. Эволюционная химия?

Учение о высших формах химизма и о химической эволюции материи. Изучает процессы *самоорганизации* вещества: от атомов и простейших молекул до живых организмов



## АЛХИМИК – кунсткамера

ALHIMIK

Кунсткамера

Как писал академический словарь, "кунсткамера" - соборные комнаты в музеях и дворцах. То есть соборный музей. В кунсткамере - не только коллекции разнообразных предметов естественной формы, но и много других.

Темы и статьи

- История науки
- История культуры
- История искусства

<http://www.alhimik.ru/kunst.html>

Электронная летопись жизни и творчества Д.И. Менделеева

Создана при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант № 02-01-12003а)



Саме труднее не сказать все и для Европы, и для себя, и жить при трех условиях: не быть. Быть не надо! - не надо, пробуйте еще Д.И. Менделеев

- Периодический закон, таблицы, статьи, разработки
- Энциклопедическая деятельность Д.И. Менделеева
- История методологии научной работы Менделеева
- Творчество

## Музей-архив Д.И. Менделеева (СПбГУ)

<http://www.mendeleev.icaspe.ru/>

## Chemsoc.org – timeline

chemsoc timeline

Click on the icon to load a page or use the Search button to get to a specific article.

Timeline Description

The Big Bang    Elements Form    Matter Condenses

<http://www.chemsoc.org/timeline/>

## The Alchemy Web Site



Over 150 megabytes online of information on alchemy in all its facets. Divided into over 2400 sections and providing tens of thousands of pages of text, over 2500 images, over 240 complete alchemical texts, extensive bibliographical material on the printed books and manuscripts, numerous articles, introductory and general reference material on alchemy.

This site is organized by Adam LeVity, the well known authority on alchemical texts and translations, author and publisher of over 50 books on alchemical and Hermetic ideas.

Alchemy is a complex subject with many different interconnected aspects. Many people will only think of the quest of the philosophers' stone to change base metals into gold. On this web site you will be able to explore the riches of alchemical texts, some of which are wonderful works of allegorical literature, delve into its amazing, beautiful and enigmatic symbolism, and ponder its underlying hermetic philosophy, which holds a picture of the interconnection of the Macrocosm and Microcosm.



This website is so complex and extensive that it can take some time to thoroughly explore all the sections. Clicking on the links on the left will allow exploration of the major sections of the alchemy web site. You can also examine a page of this site, or go to [adam@levity.com](mailto:adam@levity.com) or [www.levity.com/alchemy.html](http://www.levity.com/alchemy.html). View: [adam@levity.com](mailto:adam@levity.com)    [www.levity.com/alchemy.html](http://www.levity.com/alchemy.html)

<http://www.levity.com/alchemy/>

## The Alchemy Web Site



# РЕМЕСЛЕННАЯ ХИМИЯ

## МЕТАЛЛУРГИЯ

**МЕДЬ** ~ 9000 лет до н.э.

**СВИНЕЦ** ~ 7000 лет до н.э.

**БРОНЗА:**

мышьяковистая ~ 5000 лет до н.э.

оловянная ~ 3000 лет до н.э.

**ЗОЛОТО, СЕРЕБРО** ~ 3000 лет до н.э.

**ЖЕЛЕЗО** ~ 2000 лет до н.э.

**РТУТЬ** ~ 1500 лет до н.э.





*«Семь металлов древности»:*

**медь, свинец, олово, железо,  
золото, серебро, ртуть**

В виде сплавов были известны также  
*мышьяк, цинк, висмут*

**Достижения металлургов древности – основа  
металлургической техники всего  
Средневековья**

Сколько-нибудь существенные  
усовершенствования в методы  
выплавки металлов, особенно в  
технику получения железа, были  
внесены лишь в Новое время



### Другие области химической технологии:

- **Изготовление керамики**

**Терракота (обожжённая глина) – известна с доисторических времён**

**Майолика (керамика, покрытая слоем обливной глазури, окрашенной оксидами свинца, железа, меди, кобальта) – в III-м тысячелетии до н.э.**



## РЕМЕСЛЕННАЯ ХИМИЯ

- **Изготовление стекла**



**Первые изделия из стекла (в Месопотамии, Египте и Палестине) — в III-м тысячелетии до н.э.**

**Массовое производство цветного стекла — в Древнем Египте в середине II тысячелетия до н.э.**

- **Производство красителей и крашение тканей**
- **Дубление кожи**
- **Производство парфюмерии и косметики**
- **Фармация**





# АНТИЧНАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ

Философские представления о природе  
вещества и происхождении его свойств

Зарождение натурфилософии –  
около VII века до н.э.

В Китае – *Конфуций* и *Лао Цзы*

В Индии – *Будда*

В Персии – *Зороастр (Заратустра)*

В Древней Греции – *философы  
Милетской школы*

## Общие черты натурфилософских теорий:

### 1. *Космологический подход.*

Учение о природе вещества и его свойств является частью учения о мироздании в целом



### 2. *Дуализм.*

Существование пар противоположных мировых начал (Ян – Инь, светлое – тёмное, активное – пассивное, любовь – ненависть и т.п.)



**Два течения, выделившиеся по способу ответа на вопрос о делимости материи**

*Континуализм: материя непрерывна*

*Атомизм: материя дискретна*

## АНТИЧНАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ

**Фалес Милетский**  
(ок. 625-547 до н.э.)

### **Идея элемента:**

поскольку все вещества способны к  
взаимопревращениям, все они  
являются проявлениями одного  
основного вещества – архесомы



**Первооснова Вселенной и всех тел –**

**ВОДА**

Земля – диск, плывущий по бесконечному  
Океану и накрытый полусферой Неба

## АНТИЧНАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ

**Анаксимен из Милета**  
(ок. 585-525 до н.э.)

Земля – шар (или цилиндр),  
окружённый воздухом



Первооснова Вселенной и всех тел –

**ВОЗДУХ**

Сгущаясь к центру Вселенной, воздух  
образует воду и землю

**Ксенофан**  
(ок. 565-473 до н.э.)

Первооснова Вселенной и всех тел –

**ЗЕМЛЯ**



## АНТИЧНАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ

### Гераклит Эфесский (ок. 540–480 до н.э.)

Поскольку основным свойством Вселенной является постоянное изменение, первосубстанцией должно быть то, что наделено способностью к изменению в максимальной степени –

**ОГОНЬ**

изменчивый и всё изменяющий

### Анаксимандр (ок. 610–546 до н.э.)

**Идея о множественности первоначал**

*Первосубстанция* – бесконечная, вечная, объемлющая все миры, – предстаёт нам в виде трёх известных основных субстанций – *воды, земли и огня*



## АНТИЧНАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ

**Эмпедокл из Агригента  
(ок. 490–430 до н.э.)**

**Все тела образованы смешением  
четырёх стихий (элементов). Это:**

**Земля**

**Воздух**

**Вода**

**Огонь**



**Стихии материальны и наделены свойствами  
*Любви (филии)* и *Ненависти (фобии)***

**Стихии вечны и неизменны; они заполняют всё  
пространство и находятся в постоянном  
движении, перемещаясь, смешиваясь и  
разъединяясь под действием Любви и Ненависти,  
которые попеременно преобладают**

# АНТИЧНАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ

Платон (428-348 до н.э.)

Четыре вида материи:  
земля, вода, воздух и огонь

Частицам разных видов материи  
соответствуют правильные  
геометрические тела:

Земле – куб

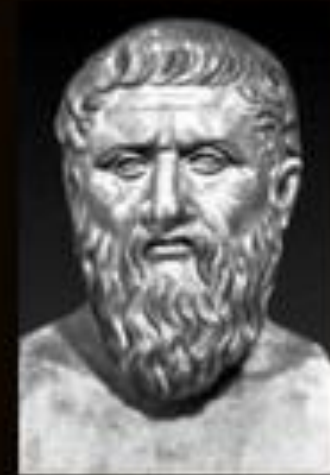
Воде – октаэдр

Воздуху – икосаэдр

Огню – тетраэдр



Тела «подлунного мира»



Пятое тело  
– додекаэдр –



пятый элемент

Небесные тела

# АНТИЧНАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ

## Аристотель из Стагиры (384-322 до н.э.)

Четыре известные стихии не материальны, а являются лишь различными проявлениями (состояниями) первоматерии



Первомаateria предстаёт человеку, проявляя одновременно два из двух пар противоположных свойств – холода или тепла и влажности или сухости:



## АНТИЧНАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ

Графическое представление существования двух пар противоположных элементов – квадрат противоположностей:



Элементы способны к взаимопревращению, поскольку каждый элемент представляет собой лишь *одно из состояний* единой первоматерии (определённое сочетание качеств)

Образование нового тела (вещества) – результат миксиса, т.е. истинного смешивания элементов (в отличие от механического)

## АНТИЧНАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ

Учение о четырёх стихиях – основа античной картины мира

«Мировые сферы»:

- Сфера неподвижных звёзд
- Сферы планет
- Сфера огня
- Сфера воздуха
- Сфера воды
- Сфера земли



## Античный атомизм

Левкипп (ок. 500-440 до н.э.)

Идея о существовании предела деления — настолько малой частицы тела, что её дальнейшее деление невозможно

Демокрит из Абдеры  
(ок. 460-370 до н.э.)

*ατομοζ — «неделимый»*

*Нет ничего, кроме атомов,  
вечно движущихся  
в бесконечной пустоте*



## АНТИЧНАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ

### Свойства атомов (по Демокриту):

- *Невидимы (поскольку очень малы)*
- *Телесны (материальны)*
- *Абсолютно прочны и вечны*
- *Постоянно совершают «вихреобразное» движение*
- *Различаются формой и размером*
- *Способны к соединению, что обусловлено особенностями их формы – наличием выступов, углублений, зубцов, крючков и пр.*

**Принцип детерминизма:** ничто не возникает из ничего, а всё – из определенной причины и необходимости

**Принцип сохранения материи:** ничто не может возникнуть из ничего



## Эпикур (341-270 до н.э.)

Утверждение об ограниченности числа форм атомов: это число неопределённо велико, но конечно

*Не может быть ни крючкообразных, ни трезубцеобразных... атомов; все эти формы весьма хрупки... Крючки и углы... смогут быть оторваны...*



**Вопрос о способе соединения атомов –  
принципиальная слабость  
философского атомизма**

## Тит Лукреций Кар (95-55 до н.э.)

Дидактическая поэма  
«О природе вещей»  
("De Rerum Natura")



*Существуют такие тела, что и прочны и вечны:  
Это вещей семена и начала в учении нашем,  
То, из чего получился весь мир, существующий ныне.  
Эти тела ни от внешних толчков разлагаться не могут,  
Ни, изнутри чем-нибудь поражённые, врозь распадаться,  
Ни от воздействия силы иной уничтожиться вовсе.  
В пустоте находясь и витая по ней, неизбежно  
Первоначала вещей уносятся собственным весом  
Или толчками других...*

## АНТИЧНАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ

### Основные черты греческой натурфилософии:

1. Умозрительность. Всякая античная натурфилософская концепция представляла собой абстракцию (порой гениальную), лишённую эмпирических основ. Чувственные данные всегда использовались лишь как иллюстрация для умозаключений
2. Дедукция (рассуждение от общего к частному). Всякая античная натурфилософская концепция претендовала на всеобщее объяснение устройства Вселенной; свойства вещества логически вытекали из свойств Вселенной
3. Выбор первоматерии (субстанции) в качестве объекта изучения; многообразие свойств считалось случайным проявление субстанции



# Лекция 3

**АЛХИМИЧЕСКИЙ  
ПЕРИОД**



# АЛЕКСАНДРИЙСКАЯ АЛХИМИЯ

## АЛЕКСАНДРИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ

Основана в 295 г. до н.э.

(Птолемей Сотер)

Существовала до 640 г.



## Происхождение слова «Химия» (*khemeía* или *chymeía*):

Кем (*khem*) или Кемт – название Египта

«Хюмос» (*χυμοζ*) – сок; «хюма» (*χυμα*) – литьё,  
поток, река; «химевсис» (*χυμενσιζ*) – смешивание

*Chymeía* – наливание, настаивание

**Объединение практических знаний египетских жрецов и греческой натурфилософии**

**Эллинизация «священного тайного искусства» египетских жрецов: практические знания приобретают «теоретическую базу» в виде учения о четырёх элементах-стихиях**

**Мистификация натурфилософии: натурфилософские представления переплетаются с магией и мистикой**



# АЛЕКСАНДРИЙСКАЯ АЛХИМИЯ

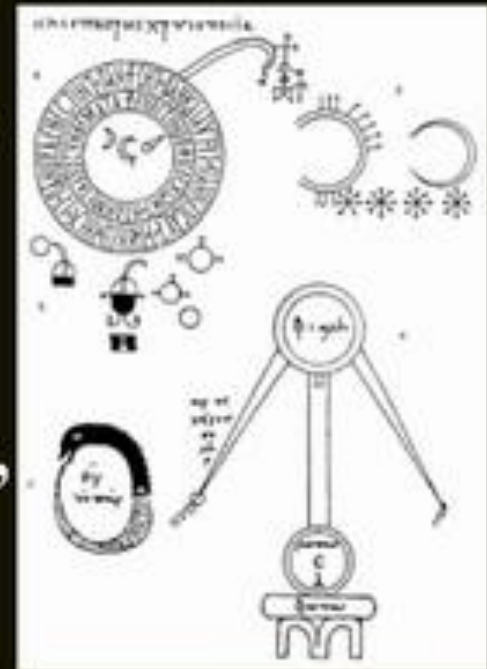
**Болос Демокритос из Менде, или  
Псевдо-Демокрит (ок. 200 до н.э.)**

*«Физика и мистика»*

**Зосим Панополит (около 300 г.)**

*Два аспекта алхимии:*

- 1. Технохимия и златоделие:  
очистка металлов, золочение,  
амальгамирование и т.п.**
- 2. Мистическая философия:  
познание Космоса через  
химическую практику**



**«Изумрудная скрижаль»  
Гермеса Трисмегиста  
«Хризопея» Клеопатры**



**МЕТАЛЛОПЛАНЕТНАЯ СИМВОЛИКА**



**Луна – Серебро – понедельник**



**Меркурий – Ртуть – среда**



**Венера – Медь – пятница**



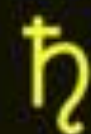
**Солнце – Золото – воскресенье**



**Марс – Железо – вторник**



**Юпитер – олово – четверг**



**Сатурн – свинец – суббота**

## **АЛЕКСАНДРИЙСКАЯ АЛХИМИЯ**

### **Практические достижения греко-египетских алхимиков:**

**Открытие явления  
амальгамирования металлов  
(описано Диоскоридом, I век н.э.)**

**Использование ртути для  
извлечения золота и серебра из руд**

**Применение амальгамы золота  
для позолоты**

**Очистка золота купелированием  
– нагреванием руды со свинцом и  
селитрой**

### ТЕТРАСОМАТА

- 1. Тетрасомия** (σωμα – тело). Исходный сплав изготавливается из олова, свинца, меди и железа. Поверхность сплава имеет чёрный цвет.
- 2. Аргиропея** (αργυροϕζ – серебро; ποεω – делаю). Отбеливание «тетрасоматы» сплавлением четвертичного сплава с мышьяком и ртутью.
- 3. Хризопея** (χρυσωϕζ – золото). К «серебру», полученному в результате аргиропеи, добавляют очищенную серу и «серную воду», а также золото – для «закваски».
- 4. Иозис** (ιοσιζ – томление, брожение). Окрашивание хризопейного сплава в золотистые тона травлением квасцами или окуриванием (томлением) в специальном приборе – «керотакисе».

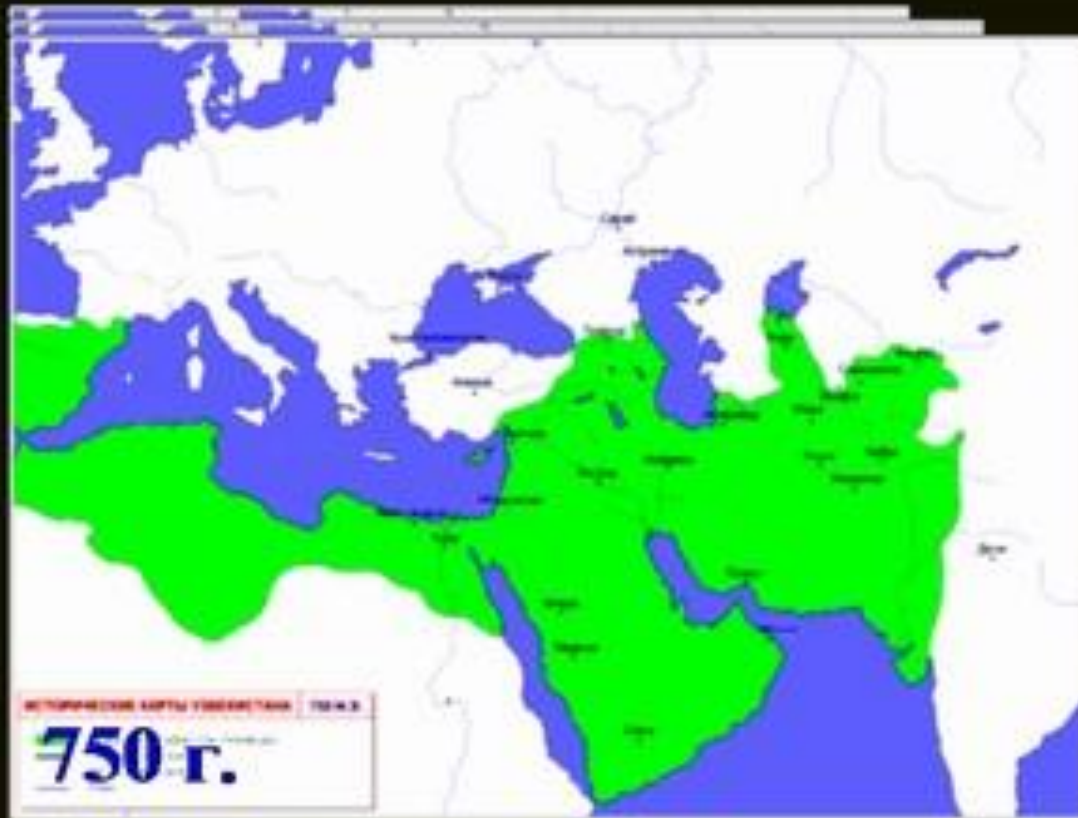


# АРАБСКАЯ АЛХИМИЯ



## АРАБСКАЯ АЛХИМИЯ

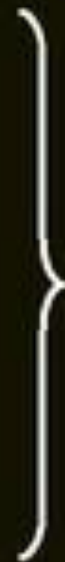
VII в. – создание Арабского Халифата



VIII в. –  
арабская  
алхимия

*khemeia* → *al-khimiya*

*Теоретическая основа арабской алхимии – учение Аристотеля о четырёх элементах*



Айюб ал Рухави (769-835)



Теория Аристотеля описывает, прежде всего, *физические* свойства вещества:

влажность – сухость

тепло – холод

Поэтому она неудобна для интерпретации опытных данных, касающихся химических свойств металлов

## АРАБСКАЯ АЛХИМИЯ

Основные свойства металлов,  
описываемые алхимиками, которые  
должна объяснять теория:

Горючесть

Цвет

Металлический блеск

Плотность

Ковкость

Температура плавления

Абу Муса Джабир ибн Хайан  
(Гебер) (721-815)

Конец VIII в.

*Ртутно-серная теория  
происхождения металлов*



Основа для создания теории – сложившиеся  
в александрийскую эпоху представления о ртути  
как об особом, «первичном» металле



# РТУТНО-СЕРНАЯ ТЕОРИЯ ПРОИСХОЖДЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

**Металлы образованы двумя принципами:**

Принцип металличности  
(философская Ртуть)



Принцип горючести  
(философская Сера)



«несовершенные  
металлы»



Эликсир  
(философский  
камень)



ЗОЛОТО -  
«совершенный  
металл»

Принципы теории – носители химических свойств металлов, установленных в результате экспериментального изучения действия высоких температур на металлы



## ЭЛИКСИР

al-iksir, от греческого ξεριον, т.е. "сухой"



Проблема трансмутации в рамках ртутно-серной теории сводится к задаче выделения эликсира

### *Функция эликсира:*

Золото (совершенный металл) образуется, только если чистые сера и ртуть взяты в наиболее благоприятных соотношениях

Эликсир (иначе «медикамент» или «философский камень») приводит к изменению соотношения ртути и серы в металлах и к их превращению в золото и серебро

В земле, согласно Джабиру, образование золота и других металлов происходит постепенно и медленно. Эликсир ускоряет «созревание» золота

## РТУТНО-СЕРНАЯ ТЕОРИЯ ПРОИСХОЖДЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

Дальнейшее развитие теории –  
Абу Бакр Мухаммед ибн Закарийа Ар-Рази  
(Разес) (864-925)

**Металлы (и вообще все вещества)  
образованы тремя принципами:**

Принцип металличности  
(философская Ртуть)



Принцип горючести  
(философская Сера)



Принцип растворимости  
(философская Соль)



### Выдающиеся арабские алхимики

*Абу Бакр Мухаммед ибн Закарийя  
Ар-Рази (Разес) (864-925)*

**Важнейшие достижения:**

Совершенствование ртутно-серной теории (теория трёх принципов)

Возрождение атомистических представлений

Попытка классификации химических вещества; разделил их на три больших класса:

*Минеральные – Растительные – Животные*



## Выдающиеся арабские алхимики

*Абу Али аль Хусейн ибн Абдаллах ибн Сина, или Авиценна (980-1037)*

**Первый критик идеи трансмутации металлов:**



*Алхимики утверждают, будто они могут осуществить подлинные превращения веществ.*

*Однако они могут делать лишь превосходнейшие имитации, окрашивая красный металл в белый цвет - тогда он становится похожим на серебро, или окрашивая его в жёлтый цвет - и тогда он становится похожим на золото...*

*Но возможность уничтожить особенные различия отдельных металлов или сообщить одному металлу особенных свойств другого всегда были для меня неясными. Я считаю это невозможным, ибо нет путей для превращения одного металла в другой...*

## АРАБСКАЯ АЛХИМИЯ

### Выдающиеся арабские алхимики

*Абу-ар-Райхан Мухаммед ибн Ахмед  
Аль-Бируни (973-1050)*

Выполнил чрезвычайно точные  
определения плотностей металлов:

Металл	Данные Бируни	Соврем. данные
Золото	19,05	19,25
Ртуть	13,56	13,59
Свинец	11,33	11,34
Серебро	10,43	10,42
Медь	8,70	8,93
Железо	7,87	7,86
Олово	7,31	7,28



## **Достижения арабских алхимиков:**

**Созданы основные теории алхимии,  
разработан понятийный аппарат и  
методика эксперимента**

**Описаны химическая посуда, печи,  
весы и другое лабораторное  
оборудование**

**Получены уксусная кислота и  
растворы сильных минеральных  
кислот**

**Выделены сурьма, мышьяк и,  
по-видимому, фосфор**





# ЕВРОПЕЙСКАЯ АЛХИМИЯ



**XII-XIII вв.**

*Теоретические основы:*

1. Учение о четырёх элементах
2. Ртутно-серная теория происхождения металлов



*Главная цель:*

**Трансмутация металлов**

## ЕВРОПЕЙСКАЯ АЛХИМИЯ

Отличия европейской алхимии от арабской:

*Закрытость*

*Мистицизм*

*Элементы христианской мифологии*

1317 г. Иоанн XXII *“Spondet quas non exhibent”*

*Алхимики вводят нас в заблуждение и обещают то, чего не могут выполнить...*

*Хотя они не способны завершить то, что никогда не удавалось и их предшественникам, они все еще полагают, что тайна будет раскрыта в будущем...*

*Их бесстыдство не знает пределов, ибо таким способом они могут выпустить фальшивые деньги и потом обмануть кого угодно. Мы повелеваем, чтобы такие люди навсегда выслались из страны, так же как и те, кто нанимает их делать золото и серебро, и любой, кто помогает им...*

# ЕВРОПЕЙСКАЯ АЛХИМИЯ

## *Алхимический символизм*

Для европейской алхимии характерно использование сложнейшей системы аллегорий и символов для обозначения понятий, веществ, процессов



## ЕВРОПЕЙСКАЯ АЛХИМИЯ

### Задачи алхимии:

1. Приготовление Эликсира или Философского Камня (Lapis Philosophorum);
2. Создание гомункулуса;
3. Приготовление алкагеста – универсального растворителя;
4. Палигенез, или восстановление растений из пепла;
5. Приготовление мирового духа (spiritus mundi) – магической субстанции, одно из свойств которой – способность растворять золото;
6. Извлечение квинтэссенции;
7. Приготовление жидкого золота (aurum potabile), совершеннейшего средства для излечения

## ЕВРОПЕЙСКАЯ АЛХИМИЯ

### Выдающиеся алхимики

*Альберт Великий (фон Большитедт),  
или Albertus Magnus (1193-1280)*

Популяризация сочинений Аристотеля  
«Книга об алхимии»



*Роджер Бэкон (1214-1292)*

Первым описал порох (1247)

Подразделял алхимию на  
*умозрительную*, которая исследует  
состав и происхождение металлов и  
минералов, и *практическую*,  
занимающуюся вопросами добывания  
и очистки металлов, приготовления  
красок и т.п.

Считал *опыт* основой всякого  
познания



### *Роджер Бэкон*

«Алхимия есть наука, указывающая, как приготовить и получать некоторое средство, эликсир, которое, брошенное на металл или несовершенное вещество, делает их совершенными в момент прикосновения»

Приготовление эликсира из «первичной субстанции» – в три стадии:

*Нигредо* (чёрная стадия),

*Альбедо* (белая, в результате которой получается *малый эликсир*, способный превращать металлы в серебро),

*Рубедо* (красная, продуктом которой является *великий эликсир* – магистерий)

# ЕВРОПЕЙСКАЯ АЛХИМИЯ

## Выдающиеся алхимики

Основоположники мистических течений в европейской алхимии:

*Ариальдо де Вилланова  
(1240-1313)*



*Раймунд Луллий  
(1235-1313)*



*Николас Фламель  
(1330-1418?)*



### *Раймунд Луллий*

Возьми кусочек этого драгоценного медикамента величиною с боб. Брось его на тысячу унций ртути – последняя превратится в красный порошок. Прибавь унцию этого порошка к тысяче унций ртути – и она также превратится в красный порошок. Если из этого порошка взять одну унцию и бросить на тысячу унций ртути, все превратится в медикамент. Брось унцию этого медикамента на новую тысячу унций ртути – и она также превратится в медикамент. Брось унцию этого нового медикамента еще на тысячу унций ртути – и она вся превратится в золото, которое лучше рудничного.

**«Если бы море состояло из ртути,  
я превратил бы его в золото»**

## Результаты, достигнутые западной алхимией

### *Бонавентура (1221-1274)*

Аqua Regis (царская водка) –  
раствор нашатыря  
в азотной кислоте (1270)



### *Псевдо-Гебер (XIV в.)*

Подробное описание сильных  
минеральных кислот –  
серной и азотной

Подробное описание  
лабораторной техники и  
аппаратуры



## ЕВРОПЕЙСКАЯ АЛХИМИЯ

### Отрицательные черты западной алхимии

#### *Ограниченность предмета*

Все алхимические операции с веществом были подчинены главной цели – трансмутации металлов



#### *Догматизм теории*

Учение Аристотеля, лежащее в основе идеи трансмутации, принималось за истину без каких-либо обоснований



#### *Закрытость*

#### *Мистицизм*

## ЕВРОПЕЙСКАЯ АЛХИМИЯ

**Главный результат алхимического периода –**

*становление эмпирического подхода к изучению свойств вещества*

Разработана ртутно-серная теория – первая теория, призванная обобщить опытные данные.

Накоплены навыки экспериментальной работы и наблюдений.

Разработаны и усовершенствованы методы выделения и очистки веществ, конструкции печей и лабораторных приборов.



*Алхимия – необходимый переходный этап между натурфилософией и экспериментальным естествознанием*





**РАЦИОНАЛЬНЫЕ  
ТЕЧЕНИЯ В  
АЛХИМИИ**

## ЕВРОПЕЙСКАЯ АЛХИМИЯ

**Середина XVI века –  
рациональные течения в алхимии**

**Техническая  
химия**

**Иатрохимия**

**новое понимание  
задач алхимии**

В середине XIII века в Европе  
началась выделка пороха  
(первое описание – 1249 г.,  
Р. Бэкон)



Появление огнестрельного оружия –  
сильнейший стимул для развития алхимии и её  
тесного переплетения с ремесленной химией

***Ваноччо Бирингуччо  
(1480-1539)***

**«О пиротехнии»**



***Георг Бауэр (Агрикола)  
(1494-1555)***

**«De Re Metallica»  
(«12 книг о металлах»)**

Технические энциклопедии, посвящённые минералогии, металлургии, горному делу, производству керамики



***Задача алхимии – поиски способов совершенствования химической технологии***



**Парацельс  
(Филипп Ауреол Теофраст  
Бомбаст фон Гогенгейм)  
(1493-1541)**

Химия – один из столпов,  
на которые должна  
опираться врачебная наука.  
Задача химии вовсе не в  
том, чтобы делать золото и  
серебро,  
а в том, чтобы готовить  
лекарства



*Ятрохимия (от греческого ιατροσ – врач)*

## **Медицина, основанная на ртутно-серной теории**



В здоровом организме три принципа – Ртуть, Сера и Соль, – находятся в равновесии;



болезнь – нарушение равновесия между принципами



Парацельс и его последователи ввели в практику лекарственные препараты минерального происхождения – соединения мышьяка, сурьмы, свинца, ртути и т.п.



**Последователи Парацельса – многие известные алхимики XVI - XVII вв.**

***Андреас Либавий***  
***(1540-1616)***

«Алхимия» – первый учебник химии



***Иоганн Рудольф Глаубер***  
***(1604-1670)***

Разработал способы получения целого ряда неорганических веществ



***Ян Баптист ван Гельмонт  
(1577-1664)***

Предложил считать простыми телами лишь те, которые могут быть выделены при разложении сложных тел



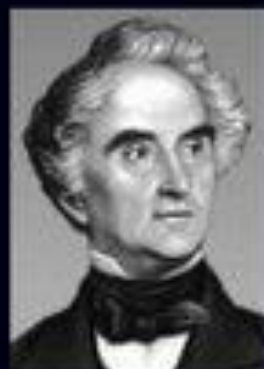
Доказал, что при растворении серебра в крепкой водке (азотной кислоте) металл лишь меняет форму своего существования и может быть вновь выделен из раствора в том же количестве



# ИЗОМЕРИЯ

1823-1825

*Иоганн Юстус фон Либих*  
(1803-1873)



*Фридрих Вёлер*  
(1800-1882)



Гремучая кислота



Гремучекислые  
соли



Циановая кислота



Циановокислые  
соли

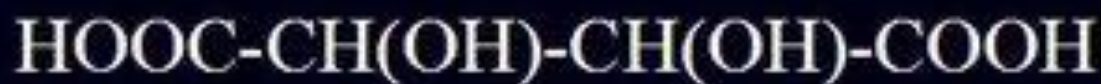
## 1828 *Фридрих Вёлер*

Получил мочевину  
из изоцианата аммония



## 1830 *Йёнс Якоб Берцелиус*

Показал, что *виноградная* и *виннокаменная*  
кислоты также имеют одинаковый состав,  
но различаются по свойствам



Предложил термин «*изомерия*»  
(от греч.  $\text{ισοζ}$   $\mu\epsilon\rho\omicron\nu$  – равной меры)

# Структурная химия $\neq$ Органическая химия

На протяжении почти всего XIX в. структурные представления оказались востребованы, прежде всего, в органической химии

В состав органических веществ входит относительно небольшое число элементов!

углерод  
водород  
азот  
кислород  
сера  
фосфор

«элементы-органогены»



## Создание теорий структурной химии

### Теория сложных радикалов

Ю. Либих и Ф. Вёлер, 1832  
«О радикале бензойной кислоты»

Бензальдегид  $\Rightarrow$

Бензойная кислота  $\Rightarrow$

Бензоилхлорид  $\Rightarrow$

Бензоилцианид



Группировка атомов  $C_7H_5O$  в этой  
цепи превращений ведёт себя как  
единое целое – «органический атом»

## **Ю. Либих, 1837**

### **«О современном состоянии органической химии»**

*«... Циан, амид, бензоил, радикалы аммиака, жиров, алкоголя и его производных образуют истинные элементы органической природы, тогда как простейшие составные части – углерод, водород, кислород и азот – обнаруживаются лишь при разрушении органической материи».*

## **Й. Я. Берцелиус**

*«... Причина, по которой мы не можем изолировать радикалы... не в том, что они не существуют, а в том, что они слишком быстро соединяются».*

# Теория типов

*Жан Батист Андре Дюма  
(1800-1884)*



В 1834 г. открыл явление *металепсии* – замещения водорода в органических соединениях хлором, при котором сохраняются основные свойства вещества

*Металепсия необъяснима с точки зрения электрохимического дуализма Берцелиуса!*

Дюма предположил, что свойства органических соединений определяются только *типом расположения атомов* в молекуле, а не их природой

Тип спирта

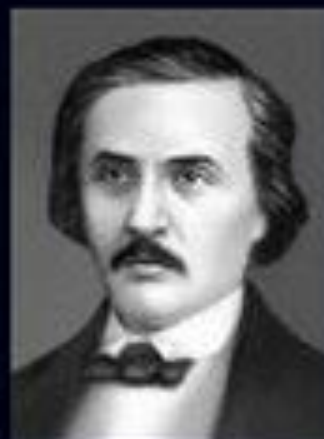
Тип альдегида

Тип кислоты

Тип эфира

## Новая теория типов

*Шарль Фредерик Жерар*  
(1816-1856)



*Огюст Лоран*  
(1807-1853)



«Введение в изучение химии по унитарной системе» (1848)

«Об ангидридах органических кислот» (1852)