



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО – МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТМАН ЗА ФИЗИКУ



ИСТОРИЈСКИ ЕЛЕМЕНТИ О ГРАЂИ СУПСТАНЦЕ У НАСТАВИ ФИЗИКЕ И ХЕМИЈЕ У ОСНОВНОЈ ШКОЛИ

- ДИПЛОМСКИ РАД -

МЕНТОР:
Проф. Др Дарко Капор

КАНДИДАТ:
Драгана Давидовац

Нови Сад, 2010.

Садржај

1. УВОД.....	3
2. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ МИСЛИ О ГРАЋИ СУПСТАНЦЕ	4
2.1 СТАРОГРЧКИ МИСЛИОЦИ	4
2.2 СРЕДЊИ ВЕК	11
2.3 XVII ВЕК	12
2.4 XVIII ВЕК	14
2.5 XIX ВЕК	18
2.6 XX и XXI ВЕК	27
3. ПРИМЕР ПРИПРЕМЕ ЧАСА СА КОРИШЋЕЊЕМ ИСТОРИЈСКИХ ЕЛЕМЕНТА .	36
4. ЗАКЉУЧАК	41
5. ЛИТЕРАТУРА.....	44
ПРИЛОГ 1 - ПЕРИОДНИ СИСТЕМ ЕЛЕМЕНАТА.....	45
6. БИОГРАФИЈА.....	46

1. УВОД

Као студента Природно-математичког факултета смера физика – хемија увек ме је интересовала повезаност ове две науке и како стечена знања могу да применим у свом будућем раду.

Историја открића атома је задивљујућа прича о тежњи човека за откривањем непознатог, научним авантурама и успесима. Човека је увек занимало од чега је она сачињена и због чега се појаве у њој дешавају на одређени начин. Свакако, људи који су кроз историју постављали себи таква питања, били су радознали и визионари.

Вековима су се идеје провлачиле и наметале као решења, док исте нису прихваћене као научна истина. Некада су због својих схватања људи били исмевани, некада су их идеја коштале живота, али је њихов допринос напретку науке, ипак, неоспоран.

Веома је битно, и ученицима нагласити, да је долазак до ових знања био мукотрпан процес. Другим речима приликом обраде наставних јединица везаних за грађу супстанце, можда више него у другим областима физике и хемије треба у наставу унети историјске елементе. Њихово увођење доноси низ недоумица, које сам у дипломском раду покушала да разрешим на конкретним питањима.

Структура дипломског рада је следећа: у првом поглављу сам покушала да представим развој историјске мисли о грађи супстанце и улогу мислилаца и научника чија су имена неизоставна у настави физике и хемије.

Припрема наставног часа из предмета хемија за ученике седмог разреда основне школе из области структуре супстанце је представљена у наредном поглављу.

У прилогу овога рада, дат је Периодни систем елемената, као и преглед наставних јединица из физике и хемије за ученике основне школе у којима је неопходно споменути мислиоце и научнике представљене у првом делу овога рада.

2. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ МИСЛИ О ГРАЋИ СУПСТАНЦЕ

2.1 СТАРОГРЧКИ МИСЛИОЦИ

Појава и развој најосновнијих научних знања, која потичу из далеке прошлости, последица су борбе за опстанком и човековом тежњом за бољим животом. Древне цивилизације су својом културом и многим достигнућима оставиле богато наслеђе будућим генерацијама. Мислиоци старог доба су знања о свету и појавама које су се дешавале, често објашњавали митовима, веровањима или вољом богова.

Питања и одговори који су се јављали на местима и међу народима, који су били удаљени једни од других, нису их спречавала у формирању ставова о свету у којем су живели.

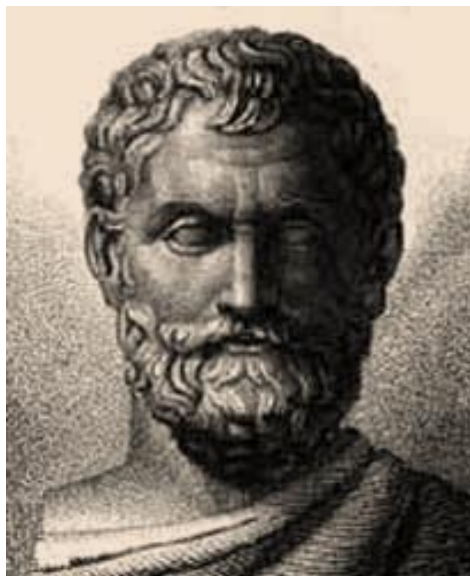
Данас о њиховим запажањима и учењу можемо наћи податке у многим уџбеницима, а посебно су корисна и значајна у изучавању физике и хемије.

Пратећи историјски развој мисли о грађи супстанце, враћамо се 2500 година у прошлост, када су Стари Грци расправљали о саставу материје.

Природна филозофија је плод мислилаца тог доба, који су покушавали да логички схвате и објасне природу и њене законе. Дошли су до закључка да у природи постоји законитост коју разуман људски ум може да уочи и разуме, а такво мишљење се задржало преко две хиљаде година.

Један од мислилаца тог времена, Талес из Милета¹, био је уверења да је принцип у форми материје једини принцип свих ствари, оно из чега ствар прво настаје и у шта се разарањем коначно враћа, супстанца која стално остаје, али мења свој квалитете. Назива је елементом и првим принципом постојећих ствари, при чему нема апсолутног постојања и нестајања, чиме је таква природа увек сачувана. Као оснивач ове врсте филозофије, Талес сматра да је то вода.

Овим се долази до првог концепта елемента, који је трајан, материјалан и саставни део свих ствари, или неке прасупстанце, и уводи идеја о материјалистичком схватању.



Слика 1. Талес из Милета

¹ Талес из Милета (грч: Θαλῆς ὁ Μιλήσιος; Милет, Мала Азија, 644 или 642 п.н.е. – око 547 п.н.е), грчки филозоф, предсократовац, традиционално се сматра првим западњачким филозофом и оцем науке. Превaziшао је све остале мудраце многостраношћу своје делатности: био је хидротехничар, наутички инжењер, трговац, политичар, астроном, математичар и филозоф. Отклањајући све митолошке и теолошке чиниоце а уводећи природну узрочност први је на рационалан начин учинио покушај да природу (φύσιν) објасни природним путем. Посматрајући поједине предмете, појаве и процесе у природи органској и неорганској, он је налазио промену, а у тој промени нашао нешто непроменљиво из чега све произилази и у шта се све разрешава а то је ВОДА. Као праоснову свега, он је, дакле, узео материју која се може емпиријски проверавати. Вода је за њега не само била општа праподлога живота, него и апсолутни космички принцип и то зато што без воде нема ни влаге ни житкости а без влаге нема хране, живота и топлоте. Вода се очигледно мења у пару, снег и лед тако да од воде постаје и све друго и претвара се натраг у воду.

Наследници ове идеје су даље Анаксимандер² и Анаксимен³. Анаксимандер је поставио модел грчке и западне цивилизације, користећи људско искуство, логику, а понекад и саму машту. Имао је идеју да земља лебди, а дао је и допринос филозофији природе концептом интеракције супротности, као основног механизма развоја.



Слика 2 Анаксимандер



Слика 3 Анаксимен

Анаксимен се бавио проблемом процеса настајања света из праматерије. Настајање супстанце је објаснио, користећи ваздух као прасупстанцу.

Следећи концепт и модел потиче од Емпедокла⁴, који је био лекар, песник и политички реформатор.

² Анаксимандер (грч. Ἀναξίμανδρος, око 610–око 546. г.п.н.е.) био је други припадник тзв. Милетске школе – можда Талесов ученик те учитељ Анаксимена из Милета. Он је први од античких филозофа који је своје филозофске мисли записао у прозном делу које се традиционално назива „О природи“ (Περὶ φύσεως). То је дело изгубљено али је још постојало у доба Аристотела и његовог ученика Теофраста, па је Теофраст на основу тог дела забележио драгоцену обавештења о Анаксимандровој мисли. Анаксимандру се приписује и стварање прве географске карте њему познатог света. Карта је на жалост изгубљена. Анаксимандер је веровао да је *битак* тј прапочело (ἀρχή) света једна неодређена и бескрајна маса (*apeiron*) која не може нити остарити нити пропасти и која представља неисцрпно врело из кога произилазе сва бића и ствари које опажамо. Апејрон никада није био прецизно дефинисан, а неки мислиоци, на пример Аристотел и Августин сматрали су га неком врстом првобитног хаоса. Апејрон у себи садржи супротности топло-хладно и влажно суво, те управља кретањем свега, из чега настају различити облици и разлике које срећемо у свету.

³ Анаксимен (грч. Ἀναξίμενης) из Милета (око 585- око 525 г.п.н.е.) био је грчки филозоф и трећи и последњи припадник тзв. Милетске школе којом започиње европска и античка филозофија. Највероватније да је био пријатељ и ученик Анаксимандра. И он је, као и Анаксимандар написао једно дело „О природи“, од кога је међутим сачуван само један мали фрагмент. Анаксименово учење на први поглед изгледа као надовезивање у односу на Анаксимандрово. Наиме, напуштајући теорију о апејрону, Анаксимен заправо следи Талеса када као прасупстанцу и прапочело (ἀρχή) одређује један елемент. Према Анаксимену тај елемент није вода него је ваздух (ἀήρ).

⁴ Емпедокле из Агригента (грч. Ἐμπεδοκλῆς, око 495-435 г.п.н.е) био је антички грчки филозоф. своју онтологију изложио у поеми „О природи“ (Περὶ φύσεως). Емпедокле је прихватио становиште да битак јесте и да је материјалан, као и да битак не може да нестане ни да пропадне, јер битак не може да настане из небитка, нити битак може да пређе у небитак. Исто важи и за свако појединачно биће, па из тог разлога следи да је супстанца без почетка и без краја – она је неуништива. Емпедокле је увидео да се промена у природи не може прогласити тек пуким привидом чула као што је чинио Парменид. Покушава да помири чињеницу постојања кретања и промене са парменидовским начелом да материјални битак нити настаје нити нестаје. То помирење он покушава да пронађе тако што уводи начело да ствари као целине заиста настају и нестају – као што нам то чулно искуство и показује, али да су оне заправо састављене од материјалних честица које су саме неуништиве. Тако се Емпедокле појављује као оснивач атомизма, који ће након њега развити Леукип и Демокрит. Емпедокле је сматрао да једна врста супстанце не може прећи у другу већ постоје четири основна елемента: ЗЕМЉА, ВАЗДУХ, ВАТРА и ВОДА и тако је Емпедокле први увео разврставање на тзв. четири основна елемента, премда он о њима говори као о „коренима свега“, односно о „неодређеним састојцима“ (ἀγένητα στοιχεῖα).

Дао је модел флуида као носиоца интеракције магнета и гвожђа, као и моделе:

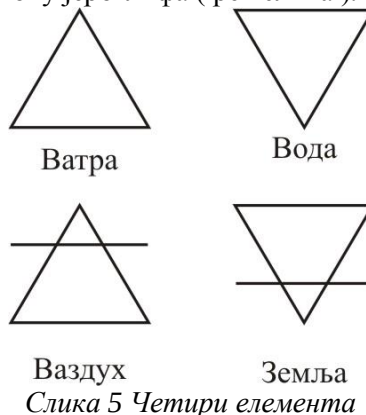
- модел четири елемента (земља, вода, ваздух, ватра)
- концепт привлачне и одбојне силе

Био је мишљења да једињења настају спајањем честица разних елемената у одређеним пропорцијама.

Ова четири елемента су означавали помоћу јероглифа (реч слика).



Слика 4 Емпедокле



Слика 5 Четири елемента

Филозоф Анаксагора⁵, своје учење о материји формулише са пет принципа:



Слика 6 Анаксагора

ПРИНЦИП НЕПОСТОЈАЊА: ништа не постаје нити нестаје, већ се слаже и разлаже

ПРИНЦИП БЕСКОНАЧНЕ ДЕЉИВОСТИ: нема границе дељивости једне ствари. Од малог увек постоји мање, јер је немогуће да оно што јесте престане да буде

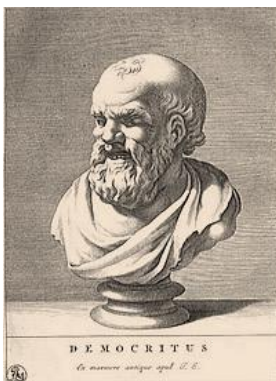
ПРИНЦИП ОПШТЕ МЕШАВИНЕ: у свему има свега другог, тако да се промена може објаснити појављивањем онога што је већ ту, без потребе да нешто постаје

ПРИНЦИП ПРЕТЕЖНОСТИ: свака ствар је оно чега у њој има највише

ПРИНЦИП СЛИЧНОСТИ ДЕЛОВА: ствари су сачињене од делова који личе један на други и на ствар.

⁵ Анаксагора (грч *Ἀναξαγόρας*, око 500–428 г.п.н.е.) је био антички грчки филозоф, припадник филозофског правца који се данас назива јонском школом али је такође био близак плуралистичкој школи и атомистима. Према Анаксагори, све што поседује квантитативно исте делове као и целина јесте основно и неизведено. Аристотел те целине, које имају квантитативно исте делове, назива *хомеомерије* (*τὰ ὁμοιομερῆ*) при чему *τὰ ὁμοιομερῆς* (=једнакоделно) супротставља *τὰ ἑτεροιομερῆς* (=неједнакоделном). У почетку су делићи свих врста били заједно помешани: „Све ствари су биле заједно, бесконачне (*ἄπειρα*) по мноштву и сићушности јер је бесконачно мало (*τὸ μικρὸν ἄπειρον*) постојало. А будући заједно ниједна од њих јасно није била издвојена због своје сићушности. Ваздух и етар све су покривали будући да и један и други су бесконачни (*ἄπειρα*) јер су они највећи и по мноштву и по величини и налазе се у светом заједништву.“ Из овога јасно је да је Анаксагора, сходно елејској филозофији, природе одбацивао могућност настајања нечега из ничега: да би нешто настало потребна су „семена“ (*σπέρματα*) за које ће касније Аристотел увести назив *хомеомерије*. Анаксагорина филозофска мисао се може сматрати блиском атомистичком материјализму Леукипа и Демокрита. Предмети и искуства, дакле настају, када се основне честице тако споје да у објекту који настаје преовлађује једна врста честице. Наиме у конкретним предметима постоје честице свих супстанци али су оне тако повезане да преовлађује само једна врста, тако да ми тај објекат опажамо као злато, траву итд и на основу преовлађујуће честице га именујемо. Анаксагора је сматрао да „да све ствари јесу у свему те да у свему јесте део свега“ јер није видео како би другачије могао објаснити чињеницу промене односно ускладити Парменидово и елејско учење о непромењивом битку са искуством промене. То објашњење ће дати тек Аристотел.

Леукип⁶ и Демокрит⁷ се појављују у уџбеницима физике и хемије, као први који су увели појам атома. Први поставља основе, а други разрађује и дограђује то учење. Не постоје сачувани списи ових филозофа, али је појам атома остао у науци до данашњих дана (*άτομος* – на грчком значи недељив).



Слика 7 Демокрит

Били су мишљења да су атоми сачињени од исте супстанце, која је недељива, нема делова, не садржи вакуум и није подложна промени. По њима атоми могу да имају безграничан број облика, а понашање им је одређено обликом и величином. Спајањем атома остаје више или мање простора између њих, а начин на који су сређени, величина и облик међупростора игра важну улогу у особинама неког тела и његовој интеракцији са другим атомима.

Да би објаснио начине распоређивања атома у споју Демокрит се користио симетријом. На тај начин, комбиновањем облика, редоследа и положаја атома, се долази до различитих могућности формирања разноврсних тела.⁸

Први писани трагови античког доба потичу од Платона⁹, који је имао велики утицај на развој филозофије. Његово тумачење света је идеалистичко, а био је и велики Демокритов противник. Модел његовог атома је био

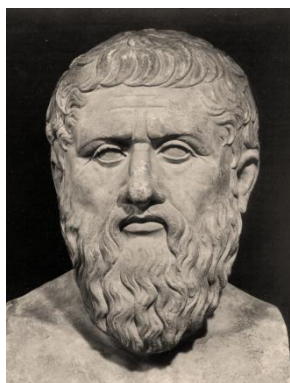
⁶ Леукип (грч *Λεύκιππος* 5 век п.н.е) био је зачетник атонизма, филозофског мишљења да је све састављено од неуништивих, недељивих (*ατομος* – недељив) елемената званих атоми. Његово учење код свих каснијих писаца третирано је атомистичко па се уз Демокрита у готово свим историјама филозофије и данас сматра оснивачем античког атонизма. Није могуће раздвојити мишљења Леукипа и Епикура. Атоми немају квалитет, једино имају геометријске облике. Леукип је признао постојање нечега (празнине) што није материјлно. Да ли је празно ништа? Празнина јесте нешто али на други начин од атома. Атоми се сусрећу у празном простору и делују један на другог потиском и ударцем, и тако стварају веће или мање ствари. Атоми се спајају по једнакој законитости притисака и удараца једнаки са једнаким. Основни облик светског кретања је резултат спајања више атома – механизам. Везу са елејском школом Леукип је направио у односу да када се атоми споје чине квалитете које сами немају.

⁷ Демокрит (грч *Δημόκριτος* око 470-360 г.п.н.е из Абдере у Тракији био је пресократски грчки филозоф. Ученик Леукипа првог зачетника античког атонизма, који је међутим надмашио свог учитеља. Атомистичка наука је наставак и развој материјалистичке мисли претходног раздобља. Леукип и Демокрит признају поред битка и егзистенцију небитка тј признају да постоји празан простор или празнина јер по њиховом мишљењу не може бити кретања без празног простору. Пуноћу или битак замишљају као оно што је састављено од небројених ситних честица које се крећу у празном простору. Све у свету постоји од простора и материје која испуњава тај простор, дакле од атома и празнине. Атоми не настају и не пропадају, они су вечни, непроменљиви и недељиви, једноставни су и квалитативно одређени. Разликују се једино по облику, реду и положају. Атомисти су знали да се проблем настајања ствари у природи не може решити без претпоставке кретања у природи. Признајући да је кретање својствено материји сводили су све природне појаве на кретање. Принцип кретања је темељ читавом атомистичком систему, јер атом је материја која се креће, међутим, узрок кретања атома није нека виша сила, атоми имају принцип кретања у себи. Признавање опште узрочне нужде један је од основних принципа атомистичког система и чини Демокрита једним од главних зачетника детерминизма.

⁸ Лекипов и Демокритов филозофски систем је у основи атеистички. По њиховом учењу основу света чини материја која се креће – атоми. Свет постоји од искона и није га створило никакво више биће. Од Демокрита потиче и теорија која веру у богове тумачи страхом људи од природних појава које су примитивног човека натерале да стрепи пред њима и да им приписује чудотворне моћ. Ту теорију даље су развили Епикур и његов римски настављач Лукреције.

⁹ Платон (грч *Πλάτων* 427 п.н.е. – 347 г.п.н.е) је антички грчки филозоф из Атине који се сматра једним од најутицајнијих личности у историји западне цивилизације. Био је ученик Сократа (о коме представља најважнији извор података) те је основао Академију – прву институцију такве врсте у којој се школовао Аристотел. Његово најпознатије дело је *Држава* у којој износи утопијску слику идеалног друштва којим би требало да управљају филозофи. У двадесетом веку неки ће те идеје назвати претечом тоталитаризма Платон своју физику излаже у *Тимају* који је замишљен као први део трилогије у који би још били дијалози *Критија* и *Хермократ*. Тимај је написан као цело дело, Критија се изненада прекида, а Хермократ никада није ни написан. Тимај описује стварање материјалог света и настанак човека и животиња, Критија прича мит о томе како је прадавној прошлости Атина поразила моћну Атлантиду, а затим и сама била уништена потопом и земљотресом, док Хермократ можда је требало да се бави поновним рађањем образованости у Грчкој и да изнесе Платонове предлоге за будуће реформе. Питагорејци су сматрали да су ствари бројеви док је Платон сматрао да ствари учествују у идејама те је успео да задржи свој дуализам. Платон каже да свако објашњење материјалног света може бити само „вероватно објашњење, пре свега зато што ми имамо људску природу, а затим и зато што су предмети у природи само копија идеја, они су у сталном настајању и пропадању те се према томе не могу истински и поуздано спознати и објаснити“. Стога физика за Платона не може бити егзактна наука него се мора задовољити тиме

условљен прихватањем особина које би требало да имају четири елемента (земља, вода, ваздух и ватра). Ти елементи су састављени од елементарнијих делова, а разлика између њих није у супстанци, већ у квалитету. Био је мишљења да су елементи састављени од елементарнијих делова, а њихову трансформацију и величину је покушао да објасни геометријом, добијајући четири геометријска облика за најмање састојке четири елемента.

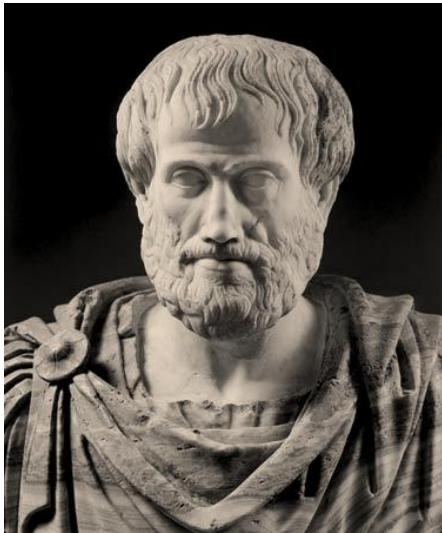


Слика 8 Платон

Елемент	Полиедар	
ВАТРА	Тетраедар	
ВАЗДУХ	Октаедар	
ВОДА	Икосаедар	
ЗЕМЉА	Хексаедар	
КОСМОС	Додекаедар	

Табела 1 Једоноставни геометријски облици према Платону

да пружа мање или више вероватне интерпретације. Према Платону, материјални свет је настао, а све што настаје, настаје од неког узрока. Тај узрок је *демијург* или „божански занатлија“. Он је „захватио“ све што је било у хаотичном кретању и то довео у ред према једном и вечном идеалном узору, обликујући тако свет да он постане једино видљиво живо биће обдарено душом и умом, по узору на идеално живо биће које у себи садржи облике: род небеских богова, крилати род, водени род и копнени род. Мотив демијурга на обликовање света јесте то да би све што је сличније њему и јер је „ред бољи од нереда“. Демијург је при том ограничен грађом коју има на располагању али он чини најбоље што може и обликује свет „што је могуће лепше и боље“. Демијург, није међутим никакав Бог створитељ, свакако ни приближно онако како се схвата у хришћанској теологији, он користи грађу која већ постоји, он не ствара из ничега, он је штавише и сам ограничен њоме. Демијург је према томе један божански Ум (Νοῦς). Свет који обликује настаје као мешавина из споја нужности и ума. Платон од пресократоваца прихвата постојање четири елемента (земља, ваздух, ватра и вода) али их оне може сматрати бивством, јер се налазе у стању сталне промене, настајању и пропадању па о њима говори као о својствима. Та својства се појављују у „приматељици“, „некој невидљивој врсти, безобличној, све примајућој, на неки загонетан и тешко разумљив начин суделујући са умом“. Простор или приматељка, дакле није материја од које потичу првобитна својства него оно чему се они појављују као настали. Последњи елементи тако обликованог космоса су према Платону геометријске фигуре и то троуглови. Од њих су сачињени правилни полиедри, тетраедар, октоедар, икоседар, хексаедар и додекаедар. Ови су правилни полиедри којих не може бити више од пет касније названи „пет Платонових тела“. Прва четири се доводе у везу са четири основна елемента: ватром, ваздухом, водом и земљом (истим редом како је наведено). Додекаедар се пак узима као облик космоса. Из ових основних тела и честица настају сви други облици и тела. Како би овако обликован космос учинио још сличнијим себи демијург обликује и неку „покретну слику вечности, која борави у једном и потиче према броју“ и то је оно што називамо *временом*. Време је дакле кружно кретање сфере, а Сунце је дато као јединица времена.



Слика 9 Аристотел

Аристотелово¹⁰ учење, је даље, било засновано на чулу додир и чулу вида. Он је од Милећана преузео концепт праматерије, која добија разне форме, што даје различите особине. Усвојио је и концепт супротности, као једно виђење промена.

Из већег броја супротности се долази до чулима непосредно дата два пара: активни и пасивни.



Илустрација 1 Аристотелов концепт супротности

Супротности се могу свести на следеће, два основна пара се могу комбиновати само на четири начина и тада се добијају четири Емпедоклова елемента:

ХЛАДНО- СУВО	→ ЗЕМЉА
ХЛАДНО- ВЛАЖНО	→ ВОДА
ТОПЛО- ВЛАЖНО	→ ВАЗДУХ
ТОПЛО- СУВО	→ ВАТРА

¹⁰ Аристотел (грч Ἀριστοτέλης 384п.н.е – 322п.н.е.) био је најсвестранији и најученији грчки филозоф који се сматра једним од најутицајних личности Антикe.

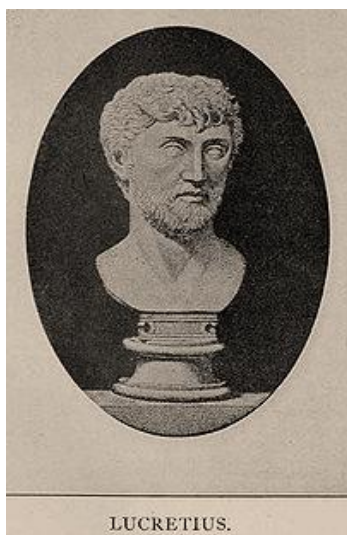
Четири елемента се могу трансформисати један у други, поступним мењањем једне супротности у свој пар. На пример, вода се мења у ваздух, променом хладног у топло. Овим моделом пада у воду концепт елементарне супстанце, а једино остају два пара супротности која чула непосредно региструју.

Аристотел није могао да објасни механизам промене, и није улазио у квантитативне односе. По њему, познате супстанце настају мешањем елемената или постојећих мешавина, чиме је потврдио свој дар за анализу и класификацију.

Значај и улога мислилаца тог доба више произилазе из принципа до којих су дошли, него из конкретних модела које су предлагали. За њих је карактеристичан принцип коначне структуре, који треба да објасни бесконачну шароликост и променљивост видљивог дела света слагањем простијих, у сложеније системе. Сам принцип структуре, на различите начине, сви прихватају, али по атомистима, разлагање сложеног на просто има свој крај, кад се стигне до атома.

У прилог томе, као веома интересно, могу се навести и неки од стихова од Лукреција Кара¹¹:

О АТОМИМА¹²



Слика 10 Лукреције Кар

*„ Но наставићу започето ткање.
Сва природа састоји се од двога:
постоје тела, и постоји простор-
празнина где су тела, где се крећу
у правцу разном. Да постоји тело
то опште чуло само казује.*

*И ово желим овде још да сазнаш:
атоми када право доле стреме
кроз празан простор сопственом
тежином,
неизвесно у коме времену
и на ком месту, они нешто мало
одступају од правца, тек толико
да покрет њихов можеш назвати
измењеним. Да нема скретања,
ко кишне капи сви би падали
одозго право празним простором,
и сукоби се не би родили,
ни удар међу њима настао:
природа ништа не би створила. “*

¹¹ Тит Лукреције Кар (лат. *Titus Lucretius Carus* – око 94 – око 49 године п.н.е) био је римски песник и филозоф. Једино његово дело за које данас знамо јесте дидактичко-филозофски еп *О природи* (*De rerum natura*) који је имао изванредну улогу у приближавању грчких филозофских идеја Римљанима и у изградњи латинског филозофског речника. Дело је значајно и због утицаја које је извршило на Вергилија и касније римске песнике. Сама чињеница да нам је Лукрецијев еп у потпуности сачуван представља изванредну околност, с обзиром на велико непријатељство хришћанске цркве према Лукрецију и идејама епикурејске филозофије, те узимајући у обзир да је преписивачки рад у средњовековним црквеним самостанима одиграо пресудну улогу у очувању оних дела римске књижевности која су дошла од нас. Еп негира сваки вид креационизма и божанске интервенције, Основни циљ Лукрецијевог епа јесте да ослободи људе празноверја и страха од смрти

¹² T.Lucretius Carus „*De rerum natura*“

2.2 СРЕДЊИ ВЕК

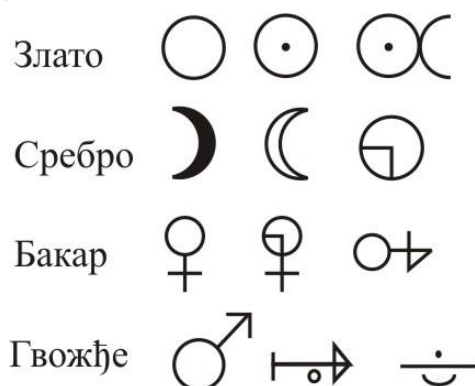
Период средњег века је време у којем је појам атома жестоко нападан од стране хришћанских идеолога, а име атома се могло наћи само у медицинској литератури. Ово је доба када је алхемија доживела свој врхунац, различитим покушајима алхемичара да од обичних метала добију злато.

Записи о алхемији потичу из Египта, Кине и Старе Грчке, пре нове ере, а у VI веку нове ере Александрија је била велики центар алхемичарских истраживања.

Алхемичари су проводили време покушавајући да претворе једну супстанцу у другу, не вршећи експерименте да би открили како се и зашто промене дешавају. Прихватили су концепт четири елемента од Старих Грка, објашњавајући да су све супстанце састављене од различитих мешавина тих елемената.

Њихов значај за хемију је у томе што су пратећи своју жељу да од обичних метала добију злато, разрадили поступке за топљење, филтрирање и дестиловање разних материја, користећи стаклене кугле и епрувете, које су и данас у употреби.

У овом веку познати метали су обележавани ознакама којима су обележаване тада познате планете, док су алхемичари имали симболе за своју употребу (37 симбола само за злато).



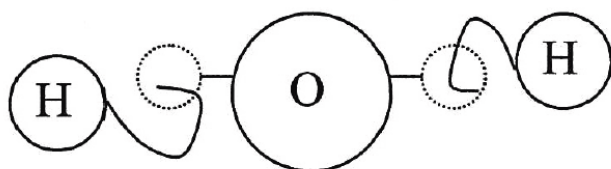
Слика 11 Симболи у алхемији



Слика 12 Изглед алхемичарске лабораторије

2.3 XVII BEK

Велике улоге за враћање атома у науку, у овом веку, имају Декарт¹³, Гасенди, Њутн и Бојл. Декарт је помоћу атомске теорије Грка, покушао да објасни повезаност делића материје, користећи куке и омче. Комбиновао је да се атоми везују тако што се кука једног закачи за омчу другог.



Слика 13 Декартов модел



Слика 14 Рене Декарт



Слика 15 Пјер Гасенди

Гасенди¹⁴ инсистира на слојевитости структура, користи и појам молекула, који представља као скуп атома. Молекуле дели у неколико редова величине, тако што се слагањем малих молекула првог реда, добијају молекули другог, а о атомима мисли да се налазе у непрестаном кретању. За сва деловања, сем гравитације, је мислио, да су се преносила путем невидљивих атома, а то је важило и за светлост, електрицитет, магнетизам, топлоту, па и за хладноћу и звук.

Проналазак микроскопа је за Гасендија био један од аргумената у одбрани атома, а мишљење о атомизму оружје против Аристотела, чији су се ставови у средњем веку веома поштовали.

¹³ Рене Декарт (fr. *René Descartes* познат као и *Cartesius* 31.3.1596.-11.2.1650.r) је француски филозоф и математичар. Познат по проналаску картезијаског координатног система, који је послужио као основ аналитичке геометрије и утицао на развој модерне математике. Познат је као и зачетник рационалистичког правца у филозофији као и по познатој узречици *Cogito ergo sum!* (Мислим, дакле јесам!)

¹⁴ Пјер Гасенди (fr. *Pierre Gassendi* 22.01.1592.-24.10.1655. године) је био француски филозоф, свештеник, научник, астроном и математичар. Уз црквену позицију у југоисточној Француској, он је доста времена провео у Паризу, где је био вођа групе слободно-умних интелектуалаца. Написао је бројне филозофске радове и неки од тих становишта се сматрају значајним у проналажењу пута између скептицизма и догматизма. Сматра се да је Гасенди био један од првих научника који је успео да формулише савремен научни израз у односу на скептицизам и емпиризам који су тада били у науци. Сукобио се са својим савремеником Декартом о могућности сазнања. Најпознатији интелектуални пројекат је покушај помирења епикурејског атомизма са хришћанством.

Исак Њутн¹⁵ је у то доба доказао да се свака научна мисао може исказати математичким путем, помоћу основних закона који су у складу са природом. Размишљања о атому је забележио у „*Питалицама*“, које се налазе на крају „*Оптике*“. Његова дефиниција атома гласи:

„*Кад се све ово узме у обзир, изгледа ми вероватно, да је Бог у почетку створио материју као чврсте, масовне, тврде, непробојне покретне честице, такве величине и облика, и са таквим другим особинама, и у таквој пропорцији са простором, како је најбоље одговарало циљу, због којег их је формирао; те првобитне честице су чврста тела, неупоредиво тврђа од ма којег порозног тела састављеног од њих; тако су јако тврди да се никада не троше нити разбијају у делове; никаква обична снага није у стању да раздели оно што је сам Бог у првој креацији учинио једним целим. Док честице остају тако целе, оне могу да се уједињују у тела једне те исте природе и структуре за сва времена; јер ако би се истрошили или разбили у комаде, природа ствари која зависи од њих би се изменила.*“



Слика 16 Исак Њутн

¹⁵Исак Њутн (енг. *sir Isaac Newton* 04.01.1643.-31.03.1727. године .) био је енглески физичар, математичар, астроном, алхемичар и филозоф природе, који је данас за већину људи једна од највећих личности у историји науке. Његова студија *Математички принципи филозофије природе* (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*), објављена 1687, која описује универзалну гравитацију и три закона кретања, поставила је темеље класичне (Њутнове) механике и послужила као пример за настанак и развој других модерних физичких теорија. Изводећи из овог система Кеплерове законе кретања планета, он је био први који је показао да се кретања тела на Земљи и кретања небеских тела потчињавају истим физичким законима. Уједињујућа и детерминистичка моћ његових закона довела је до револуције у науци и до даљег напретка и уздизања хелиоцентризма. У механици, Њутн је такође указао на један нови, велики, значај принципа одржања импулса и момента импулса. У оптици, он је направио први практични рефлексни (огледалски) телескоп и открио да се пропуштањем беле светлости кроз стаклену призму она разлаже у спектар свих боја (у складу са тврђењем Роцера Бејкона из 13. века). Њутн се снажно залагао у прилог честицне природе светлости. Он је такође формулисао емпиријски закон хлађења, проучавао брзину звука и предложио теорију о пореклу звезда. У математици, Њутн дели заслуге са Готфридом Лајбницом за откриће инфинитезималног рачуна. Он је такође изложио и уопштену биномску теорему, развијајући на тај начин тзв. „Њутнов метод“ за апроксимације нула функције и доприносићи проучавањима разлагања функција у редове.



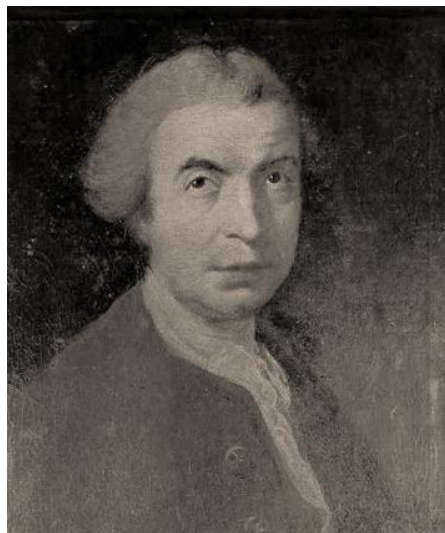
Слика 17 Роберт Бојл

Допринос да се хемија раздвоји од алхемије и да се одбаци концепт четири елемента, дао је Роберт Бојл¹⁶ у свом „Скептичном хемичару“, концептом агрегата или удружених јединица атома. Тврдио је да се основни елементи материје састоје од различитих честица, различитих врста и величина, које је назвао корпускулима, које су имале способност да се организују у групама.

Био је пионир аналитичке хемије, а у физици је оставио значајан траг, везано за гасне законе.

2.4 XVIII BEK

Модел атома даје и Руђер Бошковић¹⁷, користећи модел силе одбијања и привлачења. По његовом јединственом закону силе, претпоставља да постоји не само привлачење (Њутнов закон) него и одбијање у наизменичном мењању на малим растојањима међу телима. Елементарну честицу сматра без димензија и као извор силе, а време и простор је сматрао релативнима насупрот Њутну па је справом претеча Ајнштајна.



Слика 18 Руђер Бошковић

¹⁶ Роберт Бојл (енг. Robert Boyle 25.01.1627.-30.12.1691.) је ирски физичар и хемичар. Иако његова истраживања и лична филозофија имају корене у алхемичарској традицији, данас је признат као први модерни хемичар, а његова књига *The Sceptical Chymist* сматра утемељењем модерне хемије

¹⁷ Руђер Јосип Бошковић (18.05.1711.-13.02.1787), највећи математичар и астроном Дубровника, један од најзначајнијих научника свога времена, увршћен међу 100 најзнаменитијих Срба свих времена. Био је професор универзитета, оснивач Миланске опсерваторије и директор Оптичког института Француске морнарице. Био је универзалан стваралац: филозоф, математичар, астроном, физичар, инжењер, педагог, геолог, архитекта, археолог, конструктор, оптичар, дипломата, путописац, професор, исусовац, најбољи песник на латинском језику осамнаестог века и преводилац-полиглота. Пронашао је два геометријска метода за одређивање елемената Сунчеве ротације на основу посматрања положаја три тијела, затим је израчунао димензије и спљоштеност Земље. Открио је геометријски модел израчунавања путања комета. У геологији је значајан јер је писао о компензацији маса унутар гора и тако поставио темеље каснијем развоју теорије изостазације. Регионалне поремећаје силе теже тумачио је разликом у густини горњих и доњих делова Земљине коре. Објавио је велики број радова из сферне тригонометрије и статистичких метода у физици



Слика 19 Антоан Лавоазје

Историјска нит приче о атому се наставља у хемији, када она даје своју дефиницију елемента. Велики продор настаје у хемији гасова, расчишћавањем састава ваздуха и открићем водоника, азота и кисеоника

Лавоазје¹⁸ елемент дефинише као нешто што се не може даље раставити, а оно што се мења су могућности растављања, повезани концептом оног што је примарно и оног што је активно. Први користи теразије у лабораторији. По његовом мишљењу хемијски елементи су крајњи производ анализе, па је тим именом назвао супстанце, које се не могу никаквим средствима раставити.

Прави табелу од 33 једноставне супстанце, које разврстава у четири групе:

- ЈЕДНОСТАВНЕ СУПСТАНЦЕ- које се могу сматрати као елементи тела (светлост, калорик, кисеоник, азот, водоник)
- НЕМЕТАЛНЕ СУПСТАНЦЕ СА КОЈИМА СЕ МОГУ НАГРАДИТИ ОКСИДИ И КИСЕЛИНЕ (сумпор, фосфор, угљеник, флорни, борни и муриатички радикал)
- МЕТАЛИ (било их је 17)
- „ЗЕМЉАНЕ СУПСТАНЦЕ“ (креч, магнезијум, барит, глинаца и кременача)

Објављивањем „Уџбеника елементарне хемије“, Лавоазје ослобађа хемију утицаја магије и мистицизма, чиме поставља темеље модерног развоја те науке.

У то време било је познато око 26 елемената, а имали су латинска имена, која су добијали према особинама, супстанцама из којих су добијени, земљи у којој су откривени, по небеском телима или митолошким личностима.

Познати су били злато, сребро, бакар, гвожђе, олово, калај, жива, сумпор и угљеник, алхемичари су открили арсен, антимон, бизмут и фосфор, а до краја века су били откривени, идентификовани и добили имена сви природни елементи.

¹⁸ Антоан Лорен де Лавоазје (фр *Antoine-Laurent de Lavoisier*; 26.08.1743.-08.05.1794.) био је познати француски племић и хемичар. Пре Лавоазјеових открића, наука је на све процесе сагоревања гледала кроз флогистичку теорију. Наиме, по овој застарелој теорији приликом сваког сагоревања материје ослобађа се специфична супстанца под именом флогистон. Велики део Лавоазјеовог научног рада се концентрисао управо на проблем сагоревања. Лавоазје је био велики противник флогистонске теорије и током свог рада, кроз низ експеримената (углавном везаних за водоник) он је успешно показао да је сагоревање заправо реакција супстанце са кисеоником и тиме успешно оборио флогистонску теорију (мада ће и ова дефиниција оксидације касније бити проширена). Од тада је Лавоазјеово виђење сагоревања општеприхваћено. Важно је напоменути да је Лавоазје први именовао кисеоник као елемент 1778. Такође је успешно показао и улогу кисеоника у рђању метала као и у биљном и животињском дисању; сви споменути процеси су суштински лагано сагоревање. Лавоазје је први изводио експерименте у којима је пажљиво мерио масе реактаната и производа реакције. Спаљујући фосфор (по неким изворима живу), Лавоазје је приметио да је производ реакције тежи од првобитне количине фосфора управо за масу утрошеног ваздуха. Овим је Лавоазје доказао да, иако супстанце у реакцији мењају свој облик, количина материје са једне и друге стране реакције увек остаје иста. Ово је довело до формулисања Закона о одржању масе (који се често назива и Лавоазје-Ломоносовљев закон јер су га ова два научника независно дали у, грубо речено, исто време) који је један од фундаменталних хемијских закона. Лавоазјеов рад је уједно први користио стехиометрију, те се он сматра и њеним пиониром.

Упоредо настају таблице афинитета, а прву објављује 1718. г. Жофроа Старији¹⁹. Афинитет објашњава као тежњу две супстанце да се уједине, а када им се дода трећа, она се сједињује, у зависности од афинитета, са неком од ове две. Распоређује супстанце у колоне, тако да испод прве ставља супстанце које са њом реагују, а афинитет им опада што су ниже у колони. Табела се састојала од 16 колона, са супстанцама које су биле означене алхемијским симболима.



Слика 20 Жофроа старији

↶	⊕	⊙	⊗	▽	⊖	⊕	SM	⊕	♀	♂	♀	♂	⊙	♂	⊙	▽
⊖	2	♂	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊙	⊙	♀	♂	⊙	♂	♂	▽
⊕	⊙	♀	⊖	⊙	⊙	⊙	⊕	♂	⊙	♀	PC	♀	♂	♂	♂	⊕
▽	♀	♂	⊕	⊕	⊕	⊕	⊙	♀	♂							
SM	⊙	♀	▽		⊕		⊕	♂	♀							
	♀	⊙	♂		⊕			⊙	♂							
			♀					⊙	♂							
			⊙					♀								
	⊙							⊙								

↶ Esprits acides.
⊕ Acide du sel marin.
⊙ Acide nitreux.
⊗ Acide vitriolique.
⊖ Sel alcali fixe.
⊕ Sel alcali volatil.

▽ Terre absorbante.
SM Substances metalliques.
♀ Mercure.
♂ Regule d'Antimoine.
⊙ Or.
⊙ Argent.

♂ Cuivre.
♀ Fer.
♂ Plomb.
♂ Etain.
♂ Zinc.
♂ Pierre Calaminaire.

♂ Soufre mineral. [Principe.
♂ Principe huileux ou Soufre.
⊕ Esprit de vinaigre.
▽ Eau.
⊕ Sel.
▽ Esprit de vin et Esprits ar.

Слика 21 Табела афинитета

¹⁹ Жофра старији - Етјен-Франсоа Жофроа, (фр. Étienne-François Geoffroy 13.02.1672. – 06.02.1731.г) је француски хемичар и лекар. Био је декан Медицинског факултета у Паризу од 1726-1729, и професор хемије на факултету Jurdin a roi. Стални члан Академије наука од 1699 године, а члан Краљевског друштва од 1698 године. Познат је по својој табели односа коју је представио 1718 и 1720 године. То су листе хемијских афинитета коју је добио посматрајући реакције супстанци једне са другима. Ове листе су остале популарне све до краја века док нису поништене радом Клод Луја Бертолеа (1748-1822)

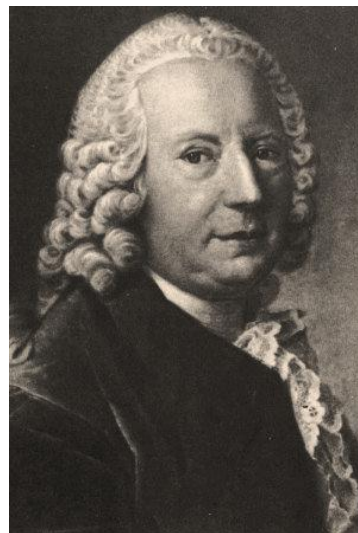


Слика 22 Јеремијас Бенјамин Рихтер

Квантитативно одређивање афинитета се, даље, свело на одређивање хемијских еквивалената. Табеле хемијских еквивалената објављује 1792- 94. г. Рихтер²⁰ у књизи „Почетне основе стехиометрије“. На основу табела се могло закључити да су пропорције елемената у једињењима константне, да се тежинске пропорције два елемента у неком једињењу налазе и у другим једињењима истих елемената.

Бернули²¹ у својој „Хидродинамици“ поставља основе кинетичкој теорији гасова, тврдећи да се гасови састоје од великог броја молекула, који се крећу у свим правцима, при чему врше притисак ударајући у зидове суда у којем са налазе, а то је последица кинетичке енергије њиховог кретања.

Крајем века Хигинс²² покушава да објасни комбиновање најмањих делића, азота и кисеоника, помоћу валенце.



Слика 23 Данијел Бернули

²⁰ Јеремијас Бенјамин Рихтер (нем *Jeremias Benjamin Richter* 10.03.1762. – 14.04.1807.) био је познати немачки хемичар. Рођен је у Хиршбергу, тадашњој Немачкој, данашњој Пољској. Радио је као државни чиновник, од 1794. као званичник у руднику у Бреслау (данашњи Вроцлав у Пољској), да би 1800. био постављен на функцију у министарству рударства и као хемичар радио у краљевској фабрици порцелана у Берлину, где је живео до смрти. Ипак, најпознатији је остао по свом пионирском раду на титрацији и установљењу стехиометријских законитости.

²¹ Данијел Бернули (фр. *Daniel Bernoulli* 09.02.1700.-17.03.1782.) био је швајцарски лекар, физичар и математичар. Стицао је знања из математике и природних наука, предавао је математику, анатомију, ботанику и физику. Био је пријатељ Леонарда Ојлера, заједно су сарађивали на више поља математике и физике (десет пута су заједно поделили годишњу награду Академије наука у Паризу). Различити проблеми које је покушавао да разреши (теорија еластичности, механика таласа) нагнали су га да развије такав математички апарат као што су диференцијалне једначине и редови. Сарађивао је исто тако и са Жаном ле Рон Даламбером у заједничкој студији о вибрирајућим струнама. Био је први који је употребио симбол (A.S.) да би означио функцију $\arcsin$. Провео је неколико година као професор математике у Санкт Петербургу, али највећи део његове научне каријере се одвијао на универзитету у Базелу где је држао предавања из медицине, астрономије и филозофије. Објавио је 1738 своје дело *Хидродинамика* у коме је изнео основну теорему механике флуида која данас носи његово име: Бернулијева теорема и „Теорију о мерењу ризика“, у којој је тзв. Парадокс из Санкт Петербурга – који се касније изродио у расправу између њега и његовог брата Николаса – урадио темељ економској теорији корисности

²² Вилијам Хигинс (енг *William Higgins* 1763 –1825., ирски хемичар, био је један од првих заговорника атомске теорије. У свом раду *Упоредни поглед теорије флогистона и антифлогистона*

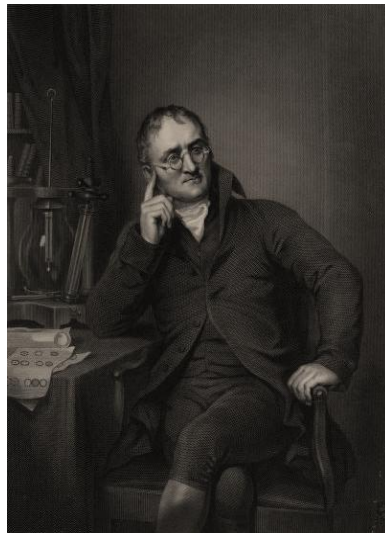
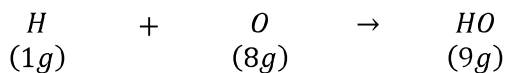
2.5 XIX BEK

На основу хемијских мерења на теразијама, научници су дошли до закључка о начину мешања елемената, колико се грама једног елемента једини са одређеним бројем грама другог елемента.

Резултати тих мерења, као и сједињавање елемената у једињења, по одређеној законитости, навело је енглеског физичара и хемичара, Џона Далтона²³, да започне своју атомску теорију. Он је други научник, поред Демокрита, чије се име помиње у уџбеницима физике и хемије, везано за име атома.

Далтон је тврдио да се материја састоји од атома и да постоји нека непозната сила која делује између њих и држи их на окупу, што представља зачетак настанка теорије. Знајући за закон по којем се елементи једине само у одређеним односима, Далтон је рекао да се 1 g водоника и 8 g кисеоника састоје од две групе индивидуалних атома, који се комбиновањем везују у одређеном односу.

Ако атом водоника означимо хемијским симболом H, а атом кисеоника симболом O, хемијска комбинација се може написати као:



Слика 24 Џон Далтон

где по Далтону HO представља један атом воде.

Елементи



Атомску теорију Далтон поставља 1808. г. али га она не доводи до решавања проблема комбиновања хемијских елемената и стварања хемијских једињења.

Далтон је имао и покушај обележавања неких елемената и једињења, помоћу кружића са посебним ознакама.

Једињења



Илустрација 2 Далтонови симболи

²³ Џон Далтон (енг. John Dalton 06.09.1766. -27.07.1844.) је био енглески физичар и хемичар. Далтон је почео као учитељ, а постао је истакнут научник: као метеоролог забележио је око 20.000 стручних запажања; као физичар измерио је притисак водене паре при разним температурама; као хемичар је одредио тежинске односе у којима поједине материје ступају у једињења и тако допринео стварању основе учења о атомима. Али, његово име остало је везано и за једну ману вида од које је и сам патио: он није разазнавао извесне боје (црвену и зелену), које су се њему чиниле као једна иста боја. То слепило за боје по њему је добило име далтонизам и прилично је раширено.

До решења долази италијански физичар Амедео Авогадро²⁴, који је проучавао гасове и на основу њиховог понашања у различитим условима притиска и температуре, 1811. г. поставио закон, који гласи:

„Ако се ма који гас при истом притиску и температури затвори у суд исте запремине, у сваком суду ће се налазити исти број честица гаса“, а ми га данас учимо као Авогадров закон.



Слика 25 Амедео Авогадро

По овом закону се поставља тврдња да ће у балонима од по 5 литара, са водоником и кисеоником, при истом притиску и температури, бити исти број атома. Показано је да је 5 литара кисеоника шеснаест пута веће масе од 5 литара водоника, што је дало једноставан, али веома битан резултат. Авогадро је објаснио настајање „сложених атома“, које је назвао молекулима.

Због својих открића, данас Далтона сматрамо оцем модерног атома, а Авогадра оцем молекула.



Слика 26 Фридрих Август Кекуле фон Штрадониц

Желећи да потврди Авогадрову тези, француски хемичар Годен²⁵ је рачунски путем, помоћу атомских маса, и користећи запремински дијаграм дошао до геометријски линеарног молекула воде што доводи до тачног приказа воде (H_2O)

Кекуле²⁶ је у своја два рада изнео теорију валенце елемента, објашњавајући повезивање атома у органским молекулима. Предложио је да угљеникови атоми буду четворовалентни и да везивањем граде угљенични скелет градећи органске молекуле. Први је представио модерну цикличну структуру бензена, са наизменичним двоструким везама, што је касније потврђено кристалографским методама. Истовремено радећи на бромовању бензена, Арчибалд Купер²⁷, објављује идентичну теорију користећи линије да би представио везу између атома и начине везивања атома у низове и прстенове.

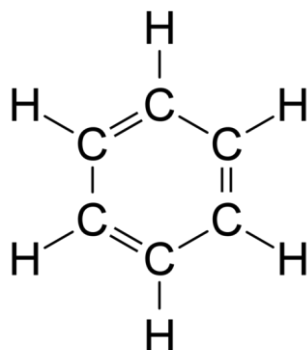
²⁴ Амедео Авогадро (итал. *Amedeo Avogadro* 09.08.1776. -09.07.1856.), је био италијански физичар, професор на универзитету у Торину. Најпознатији је по *Авогадровој хипотези* из 1811, која исказује да: *сви гасови при једнакој запремини, притиску и температури садрже исти број молекула*. Ово је био велики искорак материјалистичке науке у то доба. После 50 година хипотеза је прихваћена као закон, који је упориште модерне физике и хемије. Број молекула у грам - молекулу (молу) било које материје је по њему добио име Авогадров број, и износи $6,023 \cdot 10^{23}$ молекула.

²⁵ Марк Антоан Годен (фр. *Marc Antoine Gaudin* 1804.-1880.) био је француски хемичар и један од пионира фотографије.

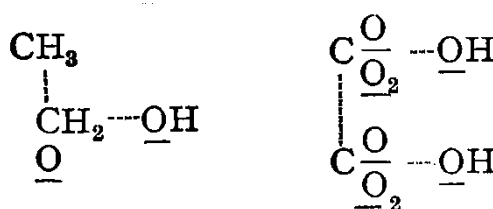
²⁶ Фридрих Август Кекуле фон Штрадониц (нем *Friedrich August Kekulé von Stradonitz* 07.09.1829. – 13.07.1896) био је немачки хемичар који је поставио основе модерном схватању структуре органских једињења. Кекуле је 1895. добио племићке почасте од Вилхелма II од Немачке, чиме му је уз презиме додато и фон Штрадониц, као израз историјског поседства Штрадоница од стране његове породице. Интересантна је и чињеница да су од првих пет Нобелових награда на пољу хемије чак три отишле у руке Кекулеових ученика..

²⁷ Арчибалд Скот Купер (енг *Archibald Scott Couper* 31. 03 1831. - 11.03 1892.) је био шкотски хемичар који је предложио рану теорију хемијске структуре и везивања атома..

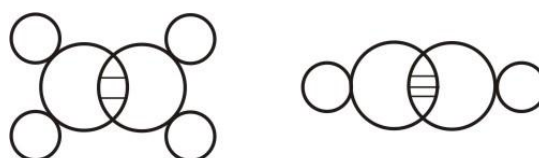
У другој половини овога века, Лошмит²⁸ представља молекуле помоћу кругова који се преклапају, као и настајање двоструке везе.



Илустрација 3 Кекулеова структура бензена



Илустрација 4 Куперов модел



C_2H_4 етен

C_2H_2 етин

Илустрација 5 Лошмитов молекул етилена и ацетилена

²⁸ Јан или Јохан Јозеф Лошмит (нем. *Jan or Johann Josef Loschmidt* 15.03. 1821. - 8.07.1895.), аустријски научник који је написао револуционарне радове у хемији, физици.

Представљање атома у простору започиње Фишер уз помоћ пројекција у равни. Овај начин представљања носи и његово име.

$$\begin{array}{c}
 \text{H} \quad \text{O} \\
 \diagdown \quad \diagup \\
 \text{C} \\
 | \\
 \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\
 | \\
 \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\
 | \\
 \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\
 | \\
 \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\
 | \\
 \text{CH}_2\text{OH}
 \end{array}$$

²⁹ Август Вилијем Хофман (нем. *August Wilhelm (von) Hofmann* 08.05.1818.- 05.05.1892) немачки хемичар.

21

Шведски хемичар Берцелијус³¹ је предлагао да хемијски симболи треба да буду абecedна слова и да се почетно велико слово усвојеног латинског имена, сваког елемента, узме за његов симбол. У случају да имена почињу истим словом, Берцелијус предлага да се један од њих обележи истим словом, а осталима да се дода још једно мало слово из њиховог имена:

Слика 28 Берцелијус



ЛАТИНСКИ	СИМБОЛ	СРПСКИ
stibium	Sb	антимон
cuprum	Cu	бакар
stannum	Sn	калај
plumbum	Pb	олово
argentum	Ag	сребро
sulphur	S	сумпор
carboneum	C	угљеник
aurum	Au	злато
ferrum	Fe	гвожђе
hydragium	Hg	жива

Табела 2 Пример симбола хемијских елемената

Општију систематизацију елемената прави немачки хемичар Деберајнер³², указујући на просту везу између атомских тежина оних елемената који имају сличне особине.

Издваја по три елемента са сличним хемијским особинама, називајући их „тријадама“. Поред сличних хемијских особина елемената тријада, релативна атомска маса средњег елемента приближна је аритметичкој средини релативних атомских маса два суседна елемента.

Једна од особина елемената, каталошки регистрована у овом веку, била је атомска тежина, а користећи разне аналитичке вештине хемичари су успели да одреде релативне атомске масе са високом тачношћу.



Слика 29 Јохан Волфганг Деберајнер

³¹ Берцелијус (швд. *Jöns Jacob Berzelius* 20.08.1779. – 07.08.1848.) је шведски хемичар, лекар и проналазач. Један од највећих научних ауторитета свога доба. Открио је хемијске елементе церијум, селен и торијум. Први изоловао силицијум, цирконијум и тантал. Одредио је атомске масе 43 елемента и поставио темеље квантитативне хемијске анализе. Увео је модерне хемијске симболе и проучавао појаву коју је звао катализом (електролизу)

³² Јохан Волфганг Деберајнер (нем. *Johann Wolfgang Döbereiner* 13.12.1780.-24.03.1849.) је немачки хемичар чији најпознатији рад је онај који наговештава периодични закон за хемијске елементе

Li 7	}	$\rightarrow \frac{7+39}{2} = 23$	Li 3	}	$\rightarrow \frac{3+19}{2} = 11$
Na 23			Na 11		
K 39			K 19		
Ca 40	}	$\rightarrow \frac{40+137}{2} = 88.5$	Ca 20	}	$\rightarrow \frac{20+56}{2} = 38$
Sr 87			Sr 38		
Ba 137			Ba 56		
P 31	}	$\rightarrow \frac{31+122}{2} = 76.5$	P 15	}	$\rightarrow \frac{15+51}{2} = 33$
As 75			As 33		
Sb 122			Sb 51		
S 32	}	$\rightarrow \frac{32+128}{2} = 80$	S 16	}	$\rightarrow \frac{16+52}{2} = 34$
Se 78			Se 34		
Te 128			Te 52		
Cl 35.5	}	$\rightarrow \frac{35.5+127}{2} = 81.25$	Cl 17	}	$\rightarrow \frac{17+53}{2} = 35$
Br 80			Br 35		
I 127			I 53		

Слика 30 Приказ Деберајнерових тријада

Научник чијим теоријским радом почиње нова епоха у хемији је руски хемичар Дмитри Менделјејев³³. Прави периодну таблицу хемијских елемената, тј. графички приказ периодног закона, узевши у обзир до тада познате хемијске особине елемената и њихових једињења.

Открива правилност, коју је дефинисао на следећи начин:

„Особине елемената су периодична зависност њихових атомских тежина“

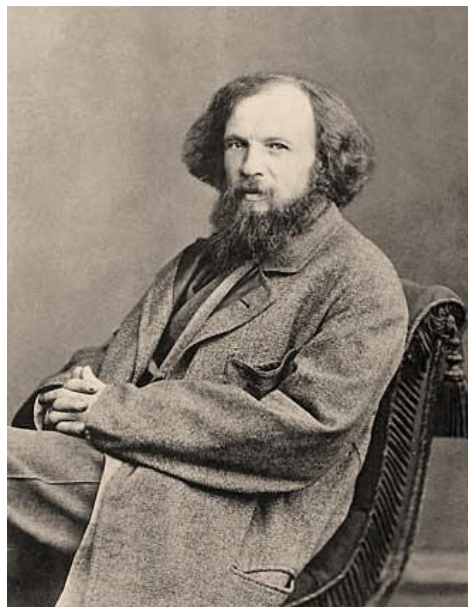
Елементе је поређао у хоризонталне редове, назване периодама, и вертикалне редове, назване групама. У периодама су елементи чије се особине периодично мењају, а атомски број расте са лева на десно, док су у групама елементи сличних физичких и хемијских особина.

³³Дмитриј Иванович Менделјејев (рус. *Дми́трий Ива́нович Менделе́ев*, 08.02.1834.—02.02.1907.) био је руски хемичар. Познат је као један од двојице научника који су створили Периодни систем елемената; који је био важна карика науке у Другој индустријској револуцији. Само неколико месеци након Менделјејевог система, Мајер је издао виртуелно идентичан систем. Уз то, Мајер никад није дошао на идеју да предвиди откриће нових елемената, и да исправи атомске масе. Неки људи сматрају Менделјејева и Мајера ко-створитеље периодног система, но Менделјејев је тачно предвидио квалитете елемената које је он звао ека-силицијум (германијум, ека-алуминијум (галијум) и ека-бор (скандијум) и то му је дало већи део славе. У то време Менделјејева предвиђања импресионисала су све и на крају су доказана. При покушају хемијског добијања етера 1902 године изнио је лошу хипотезу о постојању два елемента који имају мању масу од водоника, па да је лакши од њих хемијски инертан елемент, изузетно покретљив, свепродирући и свепрожимајући гас. Менделјејев је посветио време и анализи раствора, које је проматрао као хомогене текуће саставе нестабилних дисоцирајућих компонената - растварача и растворене материје, држећи да су то примери једноставних или чистих материја, подложних Далтоновим законима. У погледу физичке хемије проучавао је реакције течности са топлотом и изразио формулу сличну Геј-Лисковом закону о униформности и ширењу гасова. Од 1861. је интерпретирао Т.Андревову концепцију критичне температуре гасова тако што је одредио апсолутну тачку топљења супстанце чији елементи дају температуру једнаку нули, и тада вода прелази у пару, независно од температуре и запремине. Менделјејев је пуно писао о хемији, а његова најпознатија књига засигурно је *Принципи хемије* коју је писао од 1868. До 1870. Она је потом преведена на многе светске језике. Менделјејев је заслужан за откриће оптималне количине алкохола, 38% (80 доказа), у руској вотки. Али пошто се тада вотка, као и друга алкохолна пића опорезовала на основу процента алкохола у њима ради лакшег прорачуна у стандарде је уведен удео од 40%. Извор те атрибуције била је теза његовог доктората *О композицији алкохола и воде*. Та теза темељила се углавном на физичким својствима смесе алкохола и воде, као дестилација. Добио је заслуге и за увођење метричког система у Руском царству. Изумео је пироколидијум врсту гасовитог праха базираног на нитроцелулози, а 1892 организовао је и његову производњу.

Хемијски елемент одређују атомски, редни број, Z , и масени број, A . Атомски или редни број је једнак броју протона у језгру, тј. броју електрона у електронском омотачу, а масени је једнак збиру протона и неутрона у језгру. (A_ZE)

Изотопи су атоми хемијског елемента чије језгро има исти атомски број, Z , али различиту атомску масу, A . Реч *изотоп*, значи *на истом месту*, и долази од чињенице да се изотопи налазе на истом месту у периодном систему елемената.

Држећи се принципа да су хемијске особине елемената важније од њихове атомске тежине, тачно је одредио положај сваког елемента у табlici, чиме ја настао Периодни систем елемената.



Слика 31 Дмитриј Иванович Менделјејев

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.
ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.
			Ni = Co = 59	Pd = 106,5	Os = 199.
			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.
H = 1	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,5	Th = 118?		

Д. Менделѣевъ

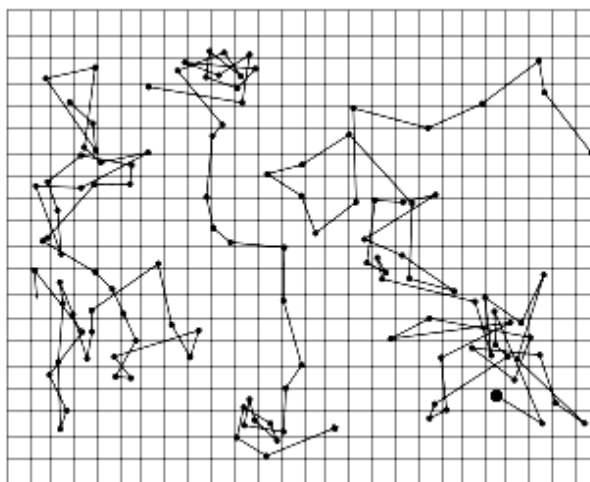
Слика 32 Периодни систем Д.Менделјејева објављен 06.03.1869. године

При састављању периодне таблице оставио је празна места за елементе који ће тек бити откривени и који ће по својим особинама стајати баш на тим местима, што иде у прилог великом значају његовог открића, и тези, да је храбро следио своју идеју, коју су модерне теорије о структури атома потврдиле.

Познавајући данашњу структуру атома, може се рећи да је хемијско понашање елемента, периодична функција, њихових електронских конфигурација.

Знања о грађи супстанце научницима нису била довољна, јер нису били у могућности да виде атом голим оком, нити да донесу суд о његовој величини.

До првих сазнања о томе је дошао шкотски биолог Роберт Браун³⁴, који је посматрао микроскопом поленов прах у капљици воде. Приметио је да се честице полена крећу у свим правцима, као да су живе, а такав начин кретања, њему у част зовемо Брауновим кретањем. Објашњење овог непрекидног и неуређеног кретања је било важно за откривање структуре супстанце, чиме је доказано да се вода састоји од појединих честица, молекула, које се налазе у сталном кретању.



Илустрација 8 Брауново кретање молекула

Проширена знања о изгледу атома се добијају применом оптичке спектроскопије, открићем x -зрака и појавом радиоактивности. Прихватањем чињенице да гасови емитују линијске спектре, помоћу дифракционих метода могле су се одредити таласне дужине линија у спектру. Зачеци спектроскопије потичу још из доба када је Исак Њутн пропустио зрак сунчеве светлости кроз стаклену призму, разлажући га на боје видљивог спектра. 1814. г. Јозеф фон Фраунхофер је открио да спектар сунчеве светлости садржи извесан број црних линија, за које је касније утврђено да се поклапају са обојеним линијама у спектру који настаје при електричном пражњењу у гасу водоника.

Појаву радиоактивности први уочава Бекерел³⁵, код атома уранијума(U), који спонтано емитује зрачење.

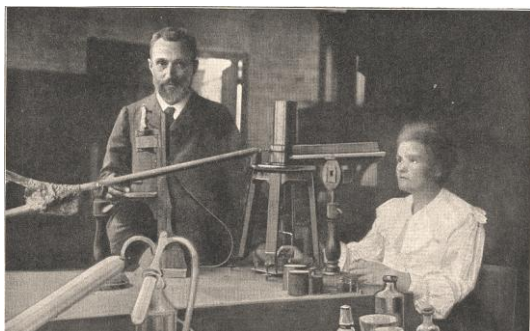


Слика 33 Антоан Анри Бекерел

³⁴ Роберт Браун, (Robert Brown 21.12 1773. - 10. 06 1858.) је био шкотски ботаничар који је дао значајан допринос ботаници. Његови доприноси укључују откриће хелије језгра и цитоплазматски ретикулум

³⁵ Антоан Анри Бекерел (фр. Antoine Henri Becquerel; 15.12.1852.–25.08.1908.) био је француски физичар, нобеловац.

Истраживања на пољу радиоактивности вршили су и Марија³⁶ и Пјер³⁷ Кири. Заједно су открили радиоактивни радијум (Ra), а сама Марија Кири радиоактивни полонијум (Po).

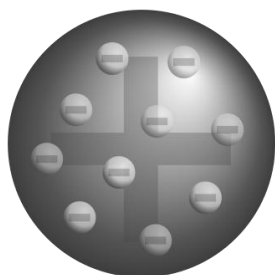


Слика 34 Марија и Пјер Кири 1906 године

Једноставну далтоновску представу о атому обара 1897. г., Џ. Џ. Томсон³⁸, проучавајући катодне зраке, при чему је открио да атоми могу да испуштају још мање, негативно наелектрисане честице, касније назване електронима. Он је предложио модел по коме су електрони расути у позитивно наелектрисаној лопти, атому, „усађени као шљиве у пудингу“.



Слика 35 Џозеф Џон Томсон



Илустрација 9 Томсонов модел атома

³⁶ Марија Склодовска Кири (пољ. *Maria Skłodowska-Curie*; 07.11.1867.-4.07.1934.) је физичарка и хемичарка пољског порекла. Имала је француско и пољско држављанство. Већи део живота је провела у Француској, а тамо је и започела научну каријеру. Вршила је истраживања из хемије и физике. Жена је Пјера Кирија, а мајка Еве Кири и Ирене Жолио Кири. У њена највећа достигнућа спадају: рад на теорији радиоактивности, техникама раздвајања радиоактивних изотопа као и откриће два нова хемијска елемента-радона и полонијума. Под њеним личним надзором вршена су, прва у свету, испитивања о могућности излечења рака помоћу радиоактивности. Један је од оснивача нове гране хемије - радиохемије. Двострука је добитница Нобелове награде, први пут 1903. године, из физике, заједно са мужем и Анријем Бекерелом за научна достигнућа у испитивању радиоактивности, а други пут 1911. године из хемије, за издвајање елементарног радона. Она је до данас остала једина жена која је Нобелову награду добила два пута

³⁷ Пјер Кири (фр. *Pierre Curie* 15.05.1859. -19.04.1906.), француски физичар и хемичар. Са братом Жаком 1880 године, открио пиезоелектрицитет, проучавао магнетске појаве, а 1898. године са супругом 1903. године доказао да соли радијума спонтано ослобађају топлоту. Радови Пјера и Марије Кири доказали су да радиоактивност углавном не зависи од спољашњих услова.

³⁸ Џозеф Џон Томсон (енгл. *Sir Joseph John Thomson* 18.12.1856.-30.08.1940.). Томсон је открио електрон и тиме постао први истраживач који се бавио физиком елементарних честица. Нобелову награду за физику добио је 1906. године за теоријска и експериментална истраживања провођења електрицитета кроз гасове. Главне истраживачке заслуге су му откриће електрона, изотопа и масеног спектрометра.

2.6 XX и XXI BEK

Јаснија слику о грађи атома и молекула и настајању хемијске везе, проистекла је открићима овога века.

Да се енергија емитује и апсорбује само у дискретним пакетима енергије, које је назвао квантима, покушао је да објасни почетком века, Макс Планк³⁹ на основу емисије топлоте и светлости од стране неког усијаног тела.

Слика 36 Макс Планк



Слика 37 Ернест Радерфорд

Томсонов модел оповргава Ернест Радерфорд⁴⁰, вршећи оглед бомбардовања танких листића од злата, α - честицама. Први је уочио да се зрачење радијума састоји од три врсте:

α - честица (позитивно наелектрисана језгра хелијума, која се састоје од два протона и два неутрона)
 β - зрака (негативно наелектрисани електрони) и
 γ - зрака (краткоталасно електромагнетно зрачење)

Нови модел се заснивао на његовим и резултатима Ханса Гајгера⁴¹, да позитивно наелектрисање чини већи део масе атома смештено у централном делу, језгру, нуклеусу, око кога круже електрони. По том моделу атома, електрони круже око језгра као планете око Сунца. Касније открива да позитивно наелектрисање језгра носе честице које су 1836 пута веће масе од масе електрона, а назива их протонима.

³⁹ Макс Планк, (нем *Max Planck* 23.04.1858. –4.10.1947.), немачки физичар, добитник Нобелове награде за физику. Оснивач је квантне теорије. Извео је закон зрачења – *Планкова формула* Његову идеју о дисконтинуираности енергије, која је данас темељ тумачења свих атомских појава, применили су после Анштајн и Бор на темељу тумачења фотоелектричног ефекта и спектра водиковог атома. 1918. добио је Нобелову награду за физику.

⁴⁰ Ернест Радерфорд, (енг. *Ernest Rutherford* 30.08.1871. – 19.10.1937.), физичар Нобелову награду за хемију добио је 1908. године. У почетку се бавио проучавањем радиоактивних распада. Заједно са F. Soddyem увео је појам времена полураспада и формулисао законе радиоактивног распада. Радерфорд је утврдио да је нуклеарно међуделовање много важније од електричног. Године 1919. Радерфорд је, бомбардујући азот алфа-честицама извео прву (трансмутацију) једног елемента у други јер је из азота успео да добије кисеоник. Тако је извршена прва нуклеарна реакција. Вештачки хемијски елемент радерфордијум од 1997. године по њему носи име

⁴¹ Јоханес (Ханс) Вилхелм Гајгер (нем *Johannes (Hans) Wilhelm Geiger*; 30.09.1882.–24.09.1945.) био је немачки физичар. Вероватно је најпознатији као један од изумитеља Гајгер-Милеровог бројача, као и по Гајгер-Марсденовом огледу помоћу ког је откривено атомско језгро

Квантна теорија и метода спектроскопије су помогле да Нилс Бор⁴² постави модел атома, по којем електрон кружи око атома водоника само по кружним одређеним орбитама, што значи да ове спектралне линије одговарају апсорпцији (црне линије) или емисији (обојене линије) једног кванта енергије, до које долази при скоку електрона са једне утврђене орбите на другу. Његова теорија није могла да објасни грађу и положај спектралних линија атома са више електрона, па долази до њеног проширења од стране Зомерфелда⁴³. Он претпоставља да електрони не круже око језгра само по кружним, већ и по елипсастим орбитама.



Слика 38 Нилс Хенрик Дејвид Бор

Развој квантне теорије захтева да утврђене орбите у Боровом моделу треба схватити више мање условно, а положај електрона у атому као вероватноћу да се електрон нађе на одређеном месту у одређено време. Овај приступ, познат као квантна механика, су резултат радова Луја де Бројија⁴⁴ и Ервина Шредингера⁴⁵. Увођење појма вероватноће уместо утврђених орбита последица је примене принципа неодређености Вернера Хајзенберга⁴⁶, који каже да ако је енергија неке честице позната, онда њен положај мора бити неодређен. Таласно - механички модел атома не даје прецизне полупречнике путања, ни кружне, ни елипсасте, већ говори о вероватноћи налажења електрона у посматраном делу простора око језгра. Помоћу овог модела, понашање и особине електрона се данас описују помоћу четири квантна броја:

Главни квантни број – n

Одређује величину посматраног дела простора око језгра у коме се могу наћи електрони одређене енергије и описује енергетски ниво електрона у атому $n = 1 \div 7$.

⁴²Нилс Хенрик Дејвид Бор (дан. *Niels Henrik David Bohr* 07.10.1885. – 18.11.1962.) је дански физичар. Један је од најистакнутијих научника XX века. Творац је савремене атомистике. Када су 1943. године Немци окупирали Данску, Бор је избегао у САД где је учествовао у истраживањима која су касније омогућила израду прве нуклеарне бомбе. По завршетку Другог светског рата, Бор се вратио у Копенхаген где је изабран за председника *Данске академије наука*. Заузимао се за ограничење нуклеарног наоружања и забрану коришћења атомских бомби.

⁴³ Арнолд Јоханес Вилхелм Зомерфелд (нем. *Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld* 5.12.1868-26.04.1951) је био немачки теоријски физичар који је пионир развоја квантне физике али је заслужан и за образовање великог броја студента за нову еру теоријске физике. У квантну механику увео појам *дискретне структуре*.

⁴⁴ Луј де Број или Луј- Виктор-Пјер-Ремон, 7. војвода де Број (фра. *Louis Victor de Broglie, prince, puis duc de Broglie* 15.08.1892.-19.03.1987.) био је француски физичар. Добио је Нобелову награду за физику 1929. за откриће дуалистичке природе електрона. Био је члан и повремено секретар Француске академије наука.

⁴⁵ Ервин Шредингер, (нем. *Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger* 12.08.1887.-04.01.1961.), је био аустријски физичар. Шредингерова једначина кретања електрона је основна једначина у модерној квантној физици. Потпуно одбацује покушаје да се кретање електрона одвија по одређеним путањама у атому и настоји да опише њихово кретање искључиво таласним својствима. У неком тренутку та вероватноћа да се електрон нађе у некој тачки простора сразмерна је квадрату апсолутне вредности таласне функције. Таласна функција се мења зависно од квантизације електрона. Помоћу те једначине добија се квантофизикални модел сваког појединог атома. Ипак, ту једначину је изразито тешко решити и очекује се да ће своју пуну употребну вредност достићи даљим развојем рачунара.

⁴⁶ Вернер Карл Хајзенберг (енгл. *Werner Karl Heisenberg* 05.12.1901.-01.02.1976.) био је физичар и добитник Нобелове награде за физику 1932. године, један од оснивача квантне механике. 1925. године је открио матричну механику, прву формулацију квантне механике. Његова Релација неодређености, откривена 1927, тврди да одређивање позиције и импулса честице нужно садржи грешке, а производ ове две грешке је већи од, или једнак одређеној Планковој константи. Заједно са Бором, он ће формулисати Копенхагенску интерпретацију квантне механике. Добио је Нобелову награду за физику 1932. године "за стварање квантне механике, њену примену која је, *inter alia*, довела до открића алотропских форми водоника".

Споредни квантни број – l

Дефинише облик дела простора у коме је вероватноћа налажења електрона највећа и број енергетских поднивоа у одређеном енергетском нивоу

$$l = 0, 1, 2, \dots, (n - 1) \text{ за свако } n$$

Вредности споредног квантног броја се обележавају словима s, p, d, f и означавају тип облика простора у енергетском поднивоу. Њихов однос се може представити:

Споредни квантни број	Тип облика простора у енергетском поднивоу
0	s
1	p
2	d
3	f

Табела 3 Зависног облика орбитала од споредног квантног броја

Број који описује орбитале одређеног енергетског поднивоа и број њихових могућих оријентација је :

Магнетни квантни број – m

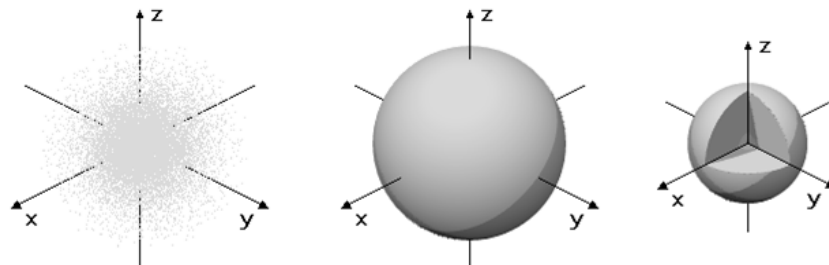
$$m = -(n - 1) \text{ до } +(n - 1) \text{ за свако } l \text{ односно } n$$

Орбитала је део простора око језгра у коме је вероватноћа налажења електрона највећа, свака има одређену величину и облик, и просторну оријентацију. У сваком енергетском поднивоу број орбитала је $2l + 1$.

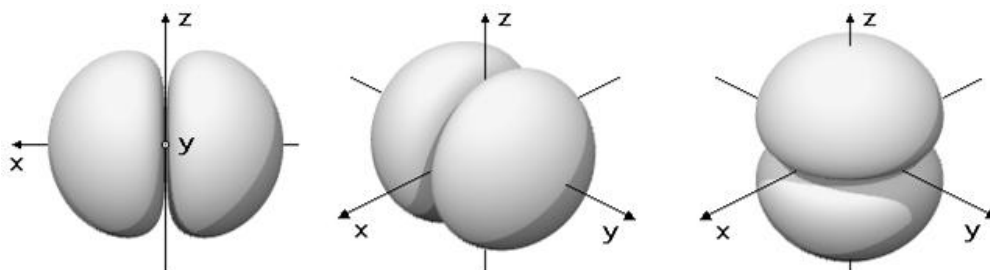
Спински квантни број s описује специјално обртање електрона око сопствене осе, што даје за последицу да се он понаша као мали магнет, и оријентише у магнетном пољу атома паралелно и антипаралелно.

$$s = \pm 1/2$$

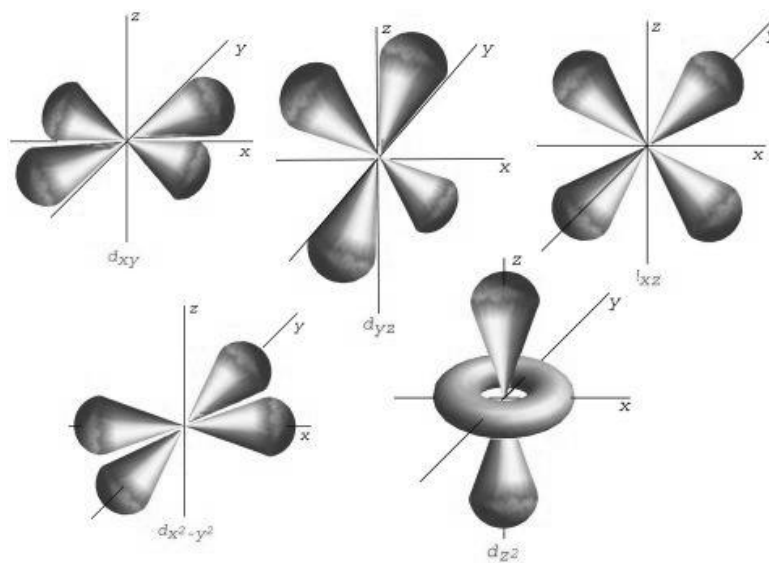
За сликовито приказивање орјентација s , p , и d орбитала користи се правоугаони координатни систем, где се језгро атома налази у координатном почетку, а електрони распоређују дуж оса x , y , z :



Илустрација 10 Графички приказ s орбитала



Илустрација 11 Графички приказ p орбитала



Илустрација 12 Графички приказ d орбитала

У атомима који имају више електрона, попуњавање енергетских нивоа иде од нижег ка нивоу више енергије. Распооређивање електрона у енергетске нивое и поднивоје, тј. орбитале, подлеже Паулијевом принципу забране и Хундовим правилом.

ПАУЛИЈЕВ⁴⁷ ПРИНЦИП ЗАБРАНЕ⁴⁸:

Два електрона у атому не могу се описати са четири квантна броја, односно, у истој орбитали се могу налазити највише два електрона супротних спинова.

ХУНДОВО⁴⁹ ПРАВИЛО⁵⁰:

Орбитале са истим енергијама електрони попуњавају појединачно једну за другом, док не заузму све могуће оријентације у простору.

Испитивањем интеракције α -честица са језгрима атома лакших хемијских елемената, Чедвик⁵¹ и Ирена⁵² и Фредерик Жолио Кири⁵³ откривају честице које нису трпеле утицај и електричног и магнетног поља, а назвали су их неутронима.



Слика 39 Џејмс Чедвик

⁴⁷ Волфганг Паули (нем Wolfgang Pauli, 25.04.1900. - 15.12.1958.), је био аустријски физичар и нобеловац. Као студент А. Зомерфелда у петом семестру написао је за *Математичку енциклопедију* преглед о теорији релативности. Године 1924. формулисао је принцип искључења Паулијев принцип за који је 1945. године добио Нобелову награду за физику. Исте 1924. године постулирао је постојање нуклеарног спина да би објаснио хиперфину структуру спектралних линија. Године 1930. постулирао је постојање неутрина да би објаснио спектар β -зрачења

⁴⁸ Нестор Кобиларов и др. „Хемија за I разред заједничког средњег васпитања и образовања“ ; Завод за издавање уџбеника ; Нови Сад 1981 године стр 21

⁴⁹ Фридрих Хунд (нем Friedrich Hund 04.02.1896 - 31.03.1997.) немачки физичар

⁵⁰ Нестор Кобиларов и др. „Хемија за I разред заједничког средњег васпитања и образовања“ ; Завод за издавање уџбеника ; Нови Сад 1981 године стр 21

⁵¹ Џејмс Чедвик (енг. Sir James Chadwick 20.10.1891. – 24.07.1974.) је био енглески физичар. Добио је Нобелову награду за физику 1935. за откриће неутрона. Чедвик је постао 1935 професор у Ливерпулу. Постао је током рата члан комитета за истраживање могућности прављења атомске бомбе. Као члан Тизардове мисије 1940 одлази у САД и Канаду да би се остварила сарадња на нуклеарним истраживањима. Када се у новембру 1940. вратио у Енглеску закључио је да неће бити ништа од тих истраживања све до краја рата. Међутим у децембру 1940. Франц Симон је написао извештај о могућности да се издвоји изотоп уранијума битан за атомску бомбу уранијум 235. Симон је написао не само о тој могућности, него и колико би то коштало и техничке карактеристике како би се то урадило у великом постројењу обогаћивања уранијума. Од тога тренутка Чедвик је започео рад на атомској бомби. Убрзо се прикључује пројекту Менхетн у САД, у оквиру кога су развијене атомске бомбе бачене на Хирошиму и Нагасаки.

⁵² Ирена Жолио-Кири, рођена Кири (фр. Irène Joliot-Curie) била је француска хемичарка научница, добитница Нобелове награде за хемију.

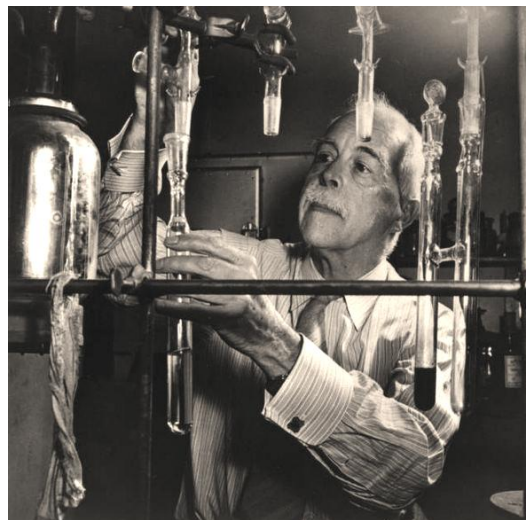
⁵³ Жан Фредрик Жолио тј Фредрик Жолио – Кири (фр. Jean Frédéric Joliot, dit Frédéric Joliot-Curie 19.03.1900.- 14.08.1958.) француски физичар и хемичар. Добио Нобелову награду за хемију 1935 године са супругом Иреном Жолио-Кири

Истовремено у хемији, амерички научник Гилберт Луис⁵⁴ почиње да користи тачке да би представио електроне око атома а за елементе са одређеним бројем електрона наводи да су посебне стабилности. Луис предлаже правило октета, које гласи: „*Јони или атоми који имају попуњен слој са по осам електрона показују посебну стабилност*”⁵⁵“

Луис је замишљао да се осам електрона у атому, распоређују на осам страна у простору, као да се налазе у рогљевима коцке. Веза између два атома може настати када се коцке додирују ивицом и тада су им заједничка два електрона, или када се додирују рогљем, при чему електрон прелази са коцке на коцку, тј. са атома на атом. Двоструку везу чине четири електрона.

У свом чланку „*Атоми и молекули*”⁵⁶ 1916 уводи Луисове структуре за представљање атома и молекула где тачке представљају електроне, а цртице ковалентну везу. Развија концепт везе преко електронског пара по коме два атома могу да деле шест електрона, формирајући на тај начин једноструку, двоструку или троструку везу. По Луису електронски пар је заједнички за оба атома, тј. електрони не прелазе са атома на атом. Јони настају губљењем или примањем електрона при чему се поштује правило октета. За приказивање структура сваки атом се означава хемијским симболом, веза се приказују у виду црта или пара тачака, а вишак електрона као усамљени електронски пар поред атома на коме се налази.

У зависности од јачине међумолекулских сила и унутрашње енергије молекула, као и спољашњих услова температуре и притиска агрегатна стања супстанце могу бити гасовито, течно, чврсто и плазма.



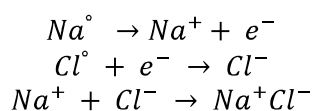
Слика 40 Гилберт Њутн Луис

⁵⁴ Гилберт Њутн Луис, (енг. *Gilbert Newton Lewis* 23.10.1875. 23.03.1946.) познати амерички физикохемичар Године 1908 објавио је први рад из серије о релативности, где је извео везу између масе и енергије друкчије од Ајнштајна. Такође је увео термодинамички концепт фугасности у раду, "*The osmotic pressure of concentrated solutions, and the laws of the perfect solution*," *J. Am. Chem. Soc.* 30, 668-683 (1908). Његове идеје о хемијској вези проширио је Ирвинг Лангмир што је инспирисало Паулинга да започне испитивање природе хемијске везе. Те године је објавио оно што данас називамо Луисовим структурама и модел кубичног атома. Године 1919., испитивањем магнетних особина раствора кисеоника у течном азоту, нашао је да долази до образовања молекула O_4 што је био први доказ о постојању четвороатомског кисеоника. Године 1923., формулисао је електронску теорију кисело-базних реакција што данас знамо као Луисову теорију. Луисова база је акцептор (прималац) електрона а Луисова киселина "донор (давалац) електрона. Из радова Виларда Гибса, било је познато да се хемијске реакције одвијају до достизања равнотеже одређене слободном енергијом реактаната. Луис је провео 25 година одређујући слободне енергије различитих супстанци. Године 1923. Објављивањем тих резултата са Рандамом Луис је хемијску термодинамику увео као модерну научну дисциплину. Године 1926., смислио је термин "фотон" за најмању јединицу енергије зрачења. Луис је први направио деутеријум оксид (тешку воду) 1933. године.

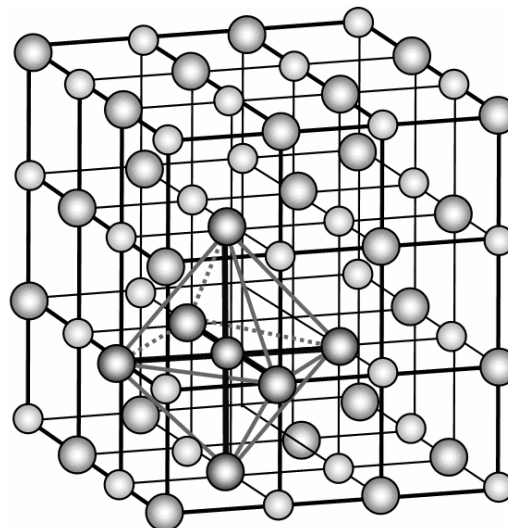
⁵⁵ Станимир Р. Арсенијевић „*Општа и неорганска хемија*“ 10 прерађено и допуњено издање; Научна књига Београд; 1983 год. Стр 132

⁵⁶ Lewis G.N. „*The Atom and the Molecule*“ *J. Amer. Chem. Soc.* vol.38, no.4(1916)

Јонска веза настаје електростатичким привлачењем супротно наелектрисаних јона, при чему јонски молекул представља читав кристал. Позитивно наелектрисан јон, катјон, настаје када неутрални атом метала отпусти свој електрон, а негативни јон, анјон, када неутрални атом неметала прими тај електрон. Значи да су реакције у којима настају јонска једињења праћене преносом електрона.



Слика 41 Кристална решетка NaCl



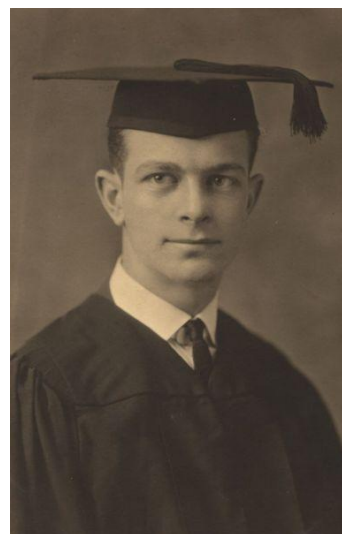
Ковалентна веза се образује преко заједничког електронског пара, где је сваки атом дао по један валентни електрон. Веза настаје између атома неметала.



Сем просте, једноструке везе, атоми могу бити везани и вишеструким везама, двоструким и троструким.

У годинама које следе, Паулинг⁵⁷, у свом чланку „Природа хемијске везе“ користи квантну механику да би објаснио особине и структуру молекула, углове и ротацију око веза. На датом концепту развија теорију хибридизације, на молекулу метана, путем преклапања атомских орбитала и изградње σ (сигма везе), чиме је дефинисао геометрију молекула.

Слика 42 Линус Карл Паулинг



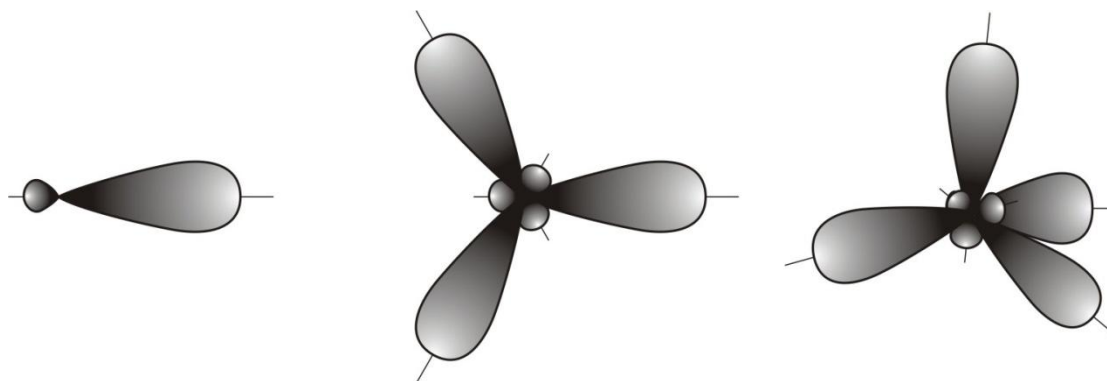
⁵⁷ Линус Карл Паулинг (енг. *Linus Carl Pauling* 28.02.1901.-19.08.1994.) је био амерички хемичар и биохемичар. Бавио се и кристалографијом, молекуларном биологијом и медицином. Први је истраживао коришћење квантне механике у хемији а 1954 године је награђен Нобеловом наградом за хемију за свој рад о природи хемијских веза. 1962 године добио и Нобелову награду за мир, због своје кампање против нуклеарних тестова, те је једина особа која је самостално добила две Нобелове награде.

Геометријски распоред се може извести на основу претпоставке о минималном одбијању електронских парова. Помоћу квантне механике може да се објасни грађење хемијских веза и прекривање атомских орбитала при чему се граде σ (сигма) и π (пи) везе. Геометријски распоред атома у молекулима одређен је обликом орбитала и њиховим прекривањем.

Хибридизацијом атомских орбитала настају молекулске, које имају већу стабилност и заузимају већи део простора од обе атомске орбитале. Хибридизација може бити

- sp настаје преклапањем s и p орбитала, при чему је угао између орбитала 180° , што даје молекулу линеаран облик
- sp^2 настаје преклапањем једне s и две p орбитале, при чему је угао између орбитала 120° , што даје молекулу тригоналан распоред
- sp^3 настаје преклапањем једне s и три p орбитале, при чему је угао између орбитала $109,5^\circ$, што даје молекулу тетраедарски облик

Те је на основу овога закључено да код ковалентне везе постоји просторна усмереност.

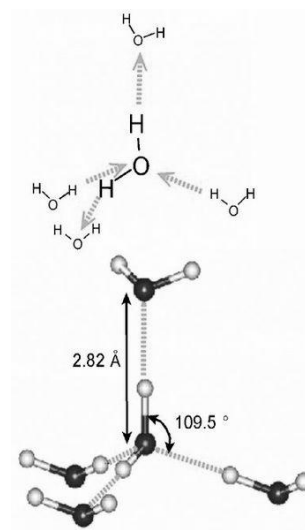


Илустрација 13 хибридизација

Координативно ковалентна веза настаје између два атома, тако да један атом даје електронски пар за грађење везе.

Водонична веза је веза у којој атом водоника служи као мост између два електронегативна атома, (F , O и N) где је са једним атомом везан ковалентном везом а са другим атомом електростатичким силама. Водоничне везе имају одлучујућу улогу код одређивања облика великих молекула (протеини, нуклеинских киселина ...).

Слика 43 Водонична веза у молекулу воде



Атоми метала не граде молекуле, већ граде агрегате у којима су повезани на посебан начин. Кристалне облике метала можемо представити тако што место атома замислимо лоптице, распоређене у кристалу. Оне су тако распоређене у простору да је свака лоптица окружена највећим могућим бројем суседних лоптица. По теоријском моделу Лоренца и Паулија, сваку лоптицу можемо заменити позитивно наелектрисаним јоном, при чему модел метала представља катјоне метала уграђене у правилну кристалну решетку. Валентни електрони, електрони последњег енергетског нивоа, се слободно крећу између ових сферних катјона, а електростатичке силе привлачења спречавају да се кристална решетка распадне због међусобног одбијања катјона. Ови електрони не припадају ниједном катјону посебно, већ читавом металном кристалу, тј. позитивни метални јони „пливају у мору електрона“.

Групе катјона стварају енергетске нивое за читав кристал, док електрони нису везани ни за који одређени јон, нити су везани за простор између два атома. Распоређени су у заједничким енергетским нивоима читавог металног кристала, лако прелазе са нивоа на ниво, што не захтева много енергије, јер су нивои близу један другом, тј. кажемо да су то проводни појасеви

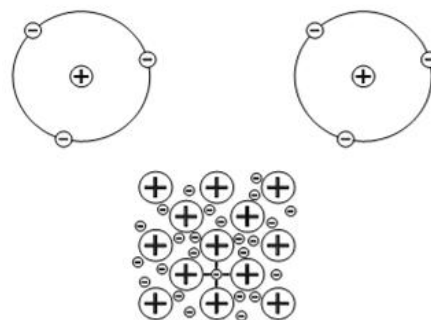
Са планетарним моделом атома, развијају се засебне науке, атомска и нуклеарна физика. Атомска физика се бави структуром атомског омотача и процесима у њему, а нуклеарна проучава структуру својства, узајамна деловања и трансформације језгара и њихових саставних делова. Средином века долази и до развоја физике елементарних честица.

На основу истраживања високоенергетских судара између одређених честица, када настају нове, долазимо до открића великог броја елементарних честица. То су честице између којих се јављају јаке и слабе интеракције, при којима оне остају недељиве, а у посебним условима се претварају једна у другу. Трансформације које настају условљене су постојањем античестица.

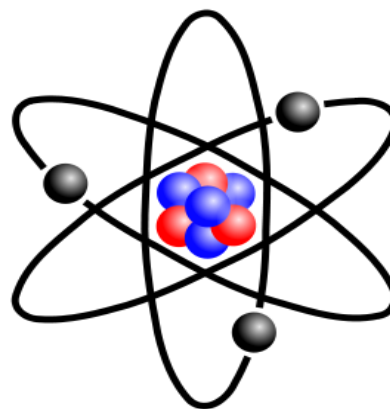
1928. г. Дирак⁵⁸ је предвидео постојање античестице електрона- позитрон, а даља истраживања су показала да свака елементарна честица има своју античестицу.

Каснији резултати доводе до хипотезе о настанку кваркова, честица које имају улогу као нуклеони у језгру, наелектрисање мање од елементарног, а нема их регистрованих у слободном стању.

Истраживања на пољу елементарних честица врше се у савременим акцелераторима, а најновија у области доказивања античестица се врше у ЦЕРН-у.⁵⁹



Илустрација 14 приказ образовања металне везе код III валентног елемента



Слика 44 Графички приказ атома литијума

⁵⁸ Пол Дирак (eng Paul Dirac 08.08.1902.- 20.10.1984) физичар, добитник Нобелове награде за физику 1933.

⁵⁹ Европска организација за нуклеарно истраживање (енгл. *European Organization for Nuclear Research*), (фр. *Organisation européenne pour la recherche nucléaire*) познатији као ЦЕРН је највећи центар за истраживање елементарних честица. Налази се у околини Женева

3. ПРИМЕР ПРИПРЕМЕ ЧАСА СА КОРИШЋЕЊЕМ ИСТОРИЈСКИХ ЕЛЕМЕНТА

РАЗРЕД : Седми

НАСТАВНИ ПРЕДМЕТ : Хемија

НАСТАВНА ТЕМА : Структура супстанце

НАСТАВНА ЈЕДИНИЦА : Хемијски симболи

ТИП ЧАСА : Обрада новог градива

ОБЛИК РАДА : Индивидуални, фронтални

НАСТАВНА МЕТОДА : Дијалогска, монолошка

НАСТАВНА СРЕДСТВА : Уџбеник, табла, компјутер са пројектором

ЦИЉ : Формирање флексибилне структуре знања о симболичном приказивању хемијских структура

ЛИТЕРАТУРА :

За наставника :

1. Арсенијевић, Станимир Р. *Општа и неорганска хемија*. Београд: Научна књига, 1983
2. Млађеновић, Милорад. *О атому од Талеса до Бора*. Градина: Градина, 1989.

За ученике :

Мандић, Љуба, Јасминка Королија, и Дејан Даниловић. *Хемија за седми разред основне школе*. Београд: Завод за издавање уџбеника, 2009.

ИСХОДИ:

Очекује се да ће ученици знати да се симболи хемијских елемената пишу латиничним словима.

Очекује се да ће ученици знати да се симболи елемента пишу великим словом, а када симбол има два слова, друго се пише малим.

Очекује се да ће ученици знати да се иза симбола не ставља тачка.

Очекује се да ће ученици правилно знати да читају и изговарају симболе.

ВРЕМЕНСКА АРТИКУЛАЦИЈА ЧАСА

Уводни део часа 5 минута

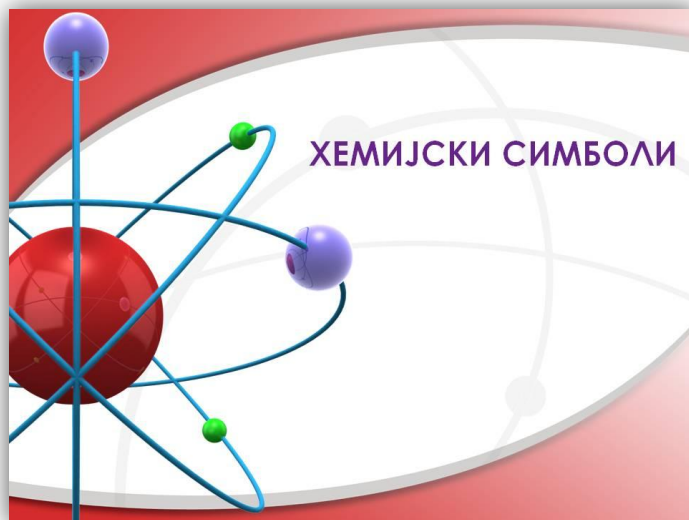
Главни део часа 35 минута

Завршни део часа 5 минута

УВОДНИ ДЕО ЧАСА:

- Како једном речју описујемо све што нас окружује?
- У којим облицима се јавља материја?
- Шта је материја, а шта супстанца?
- Шта су елементи?

ГЛАВНИ ДЕО ЧАСА:



•МАТЕРИЈА И СУПСТАНЦА

МАТЕРИЈА

- Све оно што нас окружује па и ми сами
- Материја се јавља у два облика
 - Супстанца
 - Физичко поље

СУПСТАНЦА

- Један од облика материје
- Оно од чега су изграђена сва тела
 - Дрво
 - Метал
 - Вода

•РАЗВОЈ ХЕМИЈСКИХ СИМБОЛА



• Алхемија (средњи век)



• Далтонови симболи



•Савремени симболи у хемији

- За симболе елемената узимају се скраћенице латинских имена



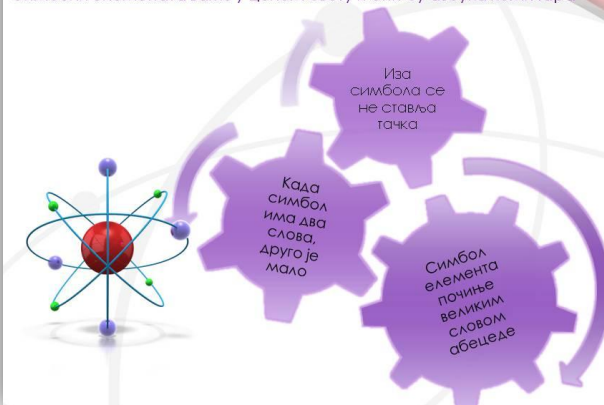
BERCELIJUS

Назив елемента	Латински назив
ЗЛАТО	Aurum
СРЕБРО	Argentum
БАКАР	Cuprum
ГВОЖЂЕ	Ferrum



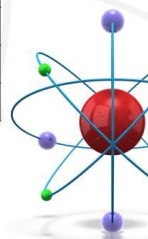
•Правила писања хемијских симбола

Симболи елемената важе у целом свету и они су азбука хемичара



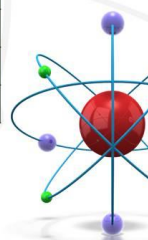
•Правила писања хемијских симбола

Назив елемента	Симбол	Изговор
Водоник	H	ха
Кисеоник	O	о
Злато	Au	а-у
Сребро	Ag	а-ге
Бакар	Cu	це-у
Гвожђе	Fe	еф-е



•Домаћи задатак

Назив елемента	Симбол	Изговор
Азот		
	Al	
		ем-ге
	Cl	
Фосфор		
		ен-а



ЗАВРШНИ ДЕО ЧАСА:

- Како се обележавају елементи?
- Навести правила за писање симбола?
- Написати на табли симболе гвожђа, бакра, злата, сребра, кисеоника

4. ЗАКЉУЧАК

Питање од чега је свет око нас изграђен, зашто и како се појаве у природи дешавају на одређен начин актуелно је и данас као што је било и у прошлости. На основу сачуваних историјских списа сазнајемо да су људи различитог образовања, култура, веровања покушавали да дају одговоре на ова универзална питања, вековима и миленијумима пре нас. Природне науке теже да што истинитије објасне природу. Не може се поставити јасна граница између њих јер им је предмет проучавања исти из различитих перспектива.

Старогрчки мислиоци, својим размишљањима поставили су темеље настанку концепта о грађи супстанце. Закључци до којих су дошли базирани су на идејама њима појмљивог света. Универзалне идеје старогрчких мислилаца више од два миленијума окупирају пажњу генерација научника и условљавају непрекидан техничко-технолошки развој откривајући структуру атома, а данас и свет елементарних честица.

Задатак наставника је да током наставног процеса, поред градива предвиђеног наставним планом и програмом, покуша да причом о научницима и њиховим делима заголица машту ученика и наведе их на размишљање.

Анализирајући историјски развој мисли о грађи супстанце, у складу са наставним плановима и програмима за физику и хемију у основној школи, сматрам да помињање научника помаже ученицима у усвајању знања и повезивању природних и друштвених наука. Визуелним приказом, ученици, неће мислиоце и научнике посматрати као апстрактне појаве, него као личности из одређених епоха.

Адекватна употреба историјских чињеница чини наставни час креативнији и динамичнији како за наставника тако и за ученике. Овакав позитиван приступ настави, код ученика оставља дубљи траг и жељу за усвајањем знања.

Негативни ефекат, прекомерне употребе историјских елемената у настави огледа се у могућем расплињавању теме и пропуштеном времену за обраду наставне јединице.

Зарад смањења негативног ефекта, за час понављања предлагам две могућности решења овог проблема.

Један од начина јесте да ученици самостално или у групама припремају реферате о биографијама и делима научника. Самосталним радом развија се креативност и истраживачки дух код ученика. Радом у групи ученици размењују своја мишљења, развијају осећај тимског духа и жеље за постизање заједничког циља.

Други начин јесте припрема квиза знања од стране наставника везаног за биографије и дела научника у складу са наставном темом. Оваквим приступом мање активни ученици се медијациом наставника укључују у дискусију и размену мишљења.

Сам предавач мора да одлучи, на основу процене претходног знања, искуства, постигнућа, склоности и узраста ученика у којој мери да користи историјске елементе у настави. Табела представља наставне јединице везане за структуру супстанце у физици и хемији где се могу користити историјски елементи. У табели је представљен део наставног плана и програма физике и хемије, за ученике основне школе, шестог, седмог и осмог разреда, везаног за структуру супстанце са предлогом коришћења историјских елемената.

Разред	Наставни предмет	
	ФИЗИКА	ХЕМИЈА
Шести	Увод: - природне науке - материја <i>Талес, Леукип, Демокрит</i>	
Седми	Унутрашња енергија, температура и топлота: унутрашња енергија и кретање молекула, температура <i>Демокрит, Бојл, Далтон, Авогадро, Браун</i>	Основни хемијски појмови: - материја и супстанца - физичка и хемијска својства супстанце <i>Талес, Леукип, Демокрит, Лавоазје</i>
		Атом и структура атома - атом - хемијски симболи - грађа атома - електронски омотач - периодни систем елемената <i>Талес, Демокрит, Далтон, Авогадро, Берцелијус, Менделјејев, Томсон, Радефорд, Бор, Чедвик</i>
		Структура супстанце: - молекули, хемијске формуле - ковалентна веза - валенца елемената у ковалентним једињењима - јонска веза - валенца елемената у јонским једињењима - атомске, молекулске и јонске кристалне решетке <i>Авогадро, Луис, Паулинг</i>
Осми	Електростатика узајамно деловање наелектрисаних тела, елементарна количина наелектрисања <i>Талес, Френклин</i>	Структура органских молекула: - својства С атома - многобројност и подела органских једињења - подела угљоводоника <i>Кекуле, Купер, Лошмит, Хофман, Фишер, Болцман, Луис</i>
	Елементи атомске и нуклеарне физике: - структура атома, нуклеарне силе - природна радиоактивност, радиоактивно зрачење - нуклеарне реакције - заштита од радиоактивног зрачења - примена нуклеарне енергије и радиоактивног зрачења <i>Далтон, Бекерел, Радерфорд, Марија и Пјер Кири, Томсон, Чедвик, Ирена и Фредрик Жолио Кири, Бор, Дирак, Павле Савић</i>	

Табела 4 Табела наставних јединица везаних за структуру супстанце где се могу користити историјски елементи

Интерактивни приступ настави од наставника изискује континуирану едукацију и самоусавршавање у областима науке и методике наставе. Наставник мора да користи савремена средства и помагала у настави. Овим начином долази се до унапређења наставног процеса и доприноси се позитивном односу ученика према овим предметима и науци уопште.

5. ЛИТЕРАТУРА

Арсенијевић, Станимир Р. *Општа и неорганска хемија*. Београд: Научна књига, 1983.

Капор, Дарко, и Јован Шетрајчић. *Физика за осми разред основне школе*. Београд: Завод за уџбенике, 2009.

— . *Физика за шести разред основне школе*. Београд: Завод за уџбенике, 2009.

Кобиларов, Нестор, Терезија Шурањи, Милена Шурјановић, и Иштван Жиграи. *Хемија за први разред заједничког средњег васпитања и образовања*. Нови Сад: Завод за издавање уџбеника, 1981.

Мандић, Љуба, Јасминка Королија, и Дејан Даниловић. *Хемија за седми разред основне школе*. Београд: Завод за издавање уџбеника, 2009.

Млађеновић, Милорад. *О атому од Талеса до Бора*. Градина: Градина, 1989.

Млађеновић, Милорад, и Мирко Јакшић. *Историја класичне физике : за ученике средњих школа*. Београд & Нови Сад: Завод за уџбенике и наставна средства Београд & Завод за уџбенике Нови Сад, 1993.

Распоповић, Милан, Дарко Капор, и Марио Шкрињар. *Физика за четврти разред природно математичке гимназије*. Нови Сад: Завод за издавање уџбеника Нови Сад и Научна књига Београд, 1990.

Шетрајчић, Јован, и Дарко Капор. *Физика за седми разред основне школе*. Београд: Завод за уџбенике, 2009.

Chemical Heritage Foundation. *Chemical Heritage Foundation*. <http://www.chemheritage.org> (приступљено 31.05.2010.).

Википедијини сарадници. *History of molecular theory*. http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_molecular_theory (приступљено 20.06.2010.).

— . *Wikipedia, слободна енциклопедија*. <http://sr.wikipedia.org/> (приступљено 06.01.2010.).

[illegible]

6. БИОГРАФИЈА

Драгана Давидовац, рођена у Зрењанину 30.01.1971 године. Основну школу завршила у Елемиру, а гимназију природно-математичког смера одсек хемија „Коча Коларов“ у Зрењанину. Апсолвент Природно-математичког факултета у Новом Саду, смер професор физике-хемије. Током апсолвентског стажа радила у више основних школа на одређено време, на месту наставника из предмета физика, хемија, техничко образовање и информатика.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број:

RBR

Идентификациони број:

400/90

IBR

Тип докунтације:

Монографска документација

TD

Тип записа:

Текстуални штампани материјал

TZ

Врста рада:

Дипломски рад

VR

Аутор:

Драгана Давидовац

AU

Ментор:

Проф. Др Дарко Капор

MN

Наслов рада:

ИСТОРИЈСКИ ЕЛЕМЕНТИ О ГРАЋИ СУПСТАНЦЕ
У НАСТАВИ ФИЗИКЕ И ХЕМИЈЕ У ОСНОВНОЈ
ШКОЛИ

NR

Језик публикације:

Српски (ћирилица)

JP

Језик извода:

српски/енглески

JI

Земља публиковања:

Србија

ZP

Уже географско подручје:

Војводина

UGP

Година:

2010

GO

Издавач:

Ауторски репринт

IZ

Место и адреса:

Природно-математички факултет, Трг Доситеја
Обрадовића 4, Нови Сад
6/48/7/4/53/14/1

MA

Физички опис рада:

FO

Научна област:

Физика/хемија

NO

Научна дисциплина:

Методика наставе физике и хемије

ND

Предметна одрединца / кључне речи:

Грађа супстанце, историја науке, методика наставе

PO

UDK

Чува се:

Библиотека департмана за физику, ПМФ-а у Новом
Саду

ČU

Важна напомена:

Нема

VN

Извод:

Рад садржи преглед историјског развоја и знања о
грађи супстанце, са примерима примене у настави
физике и хемије у настави у основној школи

IZ

Датум прихватања теме од НН већа:

07.06.2010.

DP

Датум одбране:

06.07.2010.

DO

Чланови комисије:

KO

Председник:

Проф. Др Мирјана Сегединач

члан:

Проф. Др Тибор Халаши

члан:

Проф. Др Дарко Капор, ментор

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS
KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

400/90

INO

Document type:

Monograph publication

DT

Type of record:

Textual printed material

TR

Content code:

Final paper

CC

Author:

Dragana Davidovac

AU

Mentor/comentor:

Prof dr Darko Kapor

MN

Title:

Historical elements about the structure of substance in physics and chemistry teaching in the elementary school

TI

Language of text:

Serbian (Cyrilic)

LT

Language of abstract:

English

LA

Country of publication:

Serbia

CP

Locality of publication:

Vojvodina

LP

Publication year:

2010

PY

Publisher:

Author's reprint

PU

Publication place:

Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4,
Novi Sad

PP

Physical description:

6/48/7/4/53/14/1

PD

Scientific field:

Physics/chemistry

SF

Scientific discipline:

Methodology in teaching physics and chemistry

SD

Subject/ Key words:

Structure of substance, history of science,

SKW

UC

Holding data:

Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD

Note:

none

N

Abstract:

The work contains a review of the historical development of knowledge on structure of substance with examples of his applications in teaching physics and chemistry in the elementary school

AB

Accepted by the Scientific Board:

07.06.2010.

ASB

Defended on:

06.07.2010

DE

Thesis defend board:

DB

President:

Prof. Dr Mirajna Segedinac

Member:

Prof Dr Tibor Halasi

Member:

Prof Dr Darko Kapor - mentor