

Ања Јокић, Бојана Лабан

ОПШТА ХЕМИЈА

Природно-математички факултет, Косовска Митровица
Академска мисао, Београд, 2019.

Ања Јокић, Бојана Лабан

ОПШТА ХЕМИЈА

Рецензенти:

Др Љиљана Николић-Бујановић

Др Дејан Гурешић

Издавачи:

Природно-математички факултет, Косовска Митровица

Академска мисао, Београд

На седници Наставно-научног већа Природно-математичког факултета у Косовској Митровици одржаној 29.01.2019. ова књига је одобрена за издавање одлуком бр. 660/1.

Штампа:

Академска мисао, Београд

Тираж: 200 примерака

ISBN 978-86-7466-788-0

ISBN 978-86-80795-39-3

НАПОМЕНА: Фотокопирање или умножавање на било који начин или поновно објављивање ове књиге –у целини или у деловима - није дозвољено без претходне изричите сагласности и писменог одобрења издавача.

ОПШТА ХЕМИЈА

*...једино тврдо верујем у невероватну
религију наука,
у богове научне васионе,
електроне, протоне, неутроне..*

Десанка Максимовић

Предговор

Ова књига је намењена студентима прве године Основних студија хемије на Природно-математичком факултету Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици. Конципирана је према наставном плану и програму предмета Општа хемија за припрему испита, вежби и друге облике наставе. Садржај књиге обухвата основне теоријске принципе хемије који ће студентима послужити за савлађивање градива из многих предмета на наредним годинама студија. Уџбеник је намењен и студентима других студијских Програма на којима се изводи настава из предмета Општа хемија.

Захваљујемо рецензентима на корисним примедбама и сугестијама.

Косовска Митровица, октобар 2018.

Аутори

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
1.1. КРАТКА ИСТОРИЈА ХЕМИЈЕ.....	1
1.2. ПРИРОДНЕ НАУКЕ И ХЕМИЈА	5
2. МАТЕРИЈА	6
2.1. МАТЕРИЈА И ЕНЕРГИЈА	6
2.2. МЕЂУНАРОДНИ СИСТЕМ ЈЕДИНИЦА	7
2.3. ВРСТЕ МАТЕРИЈЕ	9
2.4. РАСТАВЉАЊЕ (ОДВАЈАЊЕ) ХОМОГЕНИХ И ХЕТЕРОГЕНИХ СМЕША. 10	
2.4.1. Поступци за фракционисање чврстих супстанци	10
2.5. ОСОБИНЕ И ВРСТЕ ЧИСТИХ СУПСТАНЦИ	12
2.6. СИМБОЛИ ХЕМИЈСКИХ ЕЛЕМЕНАТА.....	13
2.7. ХЕМИЈСКЕ ФОРМУЛЕ И ФОРМУЛСКЕ ЈЕДИНИЦЕ.....	14
2.8. ХЕМИЈСКЕ ЈЕДНАЧИНЕ	14
3. ОСНОВНИ ХЕМИЈСКИ ЗАКони	16
3.1. ЗАКони ХЕМИЈСКОГ СПАЈАЊА ПО МАСИ	16
3.1.1. Закон о одржању масе	16
3.1.2. Закон сталних односа маса.....	17
3.1.3. Закон умножених односа маса	18
3.1.4. Закон еквивалентних маса.....	18
3.2. ДАЛТОНОВА АТОМСКА ТЕОРИЈА	19
3.3. ЗАКОН ХЕМИЈСКОГ СПАЈАЊА ПО ЗАПРЕМИНИ	20
3.3.1. Геј – Лисаков закон сталних запреминских односа	20
3.3.2. Авогадрова хипотеза о молекулима	21
3.4. СТРУКТУРА ЧИСТИХ СУПСТАНЦИ	22
3.4.1. Природа гаса	22
3.4.2. Природа течности	24
3.4.3. Структура и особине чврстих супстанци.....	26
4. СТРУКТУРА АТОМА	31
4.1. ОТКРИЋЕ ЕЛЕКТРОНА	31
4.2. ОТКРИЋЕ РЕНДГЕНСКИХ ЗРАКА И РАДИОАКТИВНИХ ПОЈАВА	36
4.2.1. Рендгенски зраци	36
4.2.2. Радиоактивне појаве.....	37
4.3. ОТКРИЋЕ АТОМСКОГ ЈЕЗГРА.....	38
4.4. ОТКРИЋЕ ПРОТОНА.....	39
4.5. МОЗЛИЈЕВИ РЕНДГЕНСКИ СПЕКТРИ ЕЛЕМЕНТАРНИХ СУПСТАНЦИ ...	40
4.6. ПОЈАМ ИЗОТОПА.....	41
5. РЕЛАТИВНА АТОМСКА И МОЛЕКУЛСКА МАСА	42
5.1. РЕЛАТИВНА АТОМСКА МАСА	42

5.2. РЕЛАТИВНА МОЛЕКУЛСКА МАСА	44
5.3. МОЛ, МАСА АТОМА И МОЛЕКУЛА	44
5.4. МАСЕНИ ОДНОСИ У ХЕМИЈСКИМ РЕАКЦИЈАМА	49
5.5. ГАСНИ ЗАКОНИ	51
5.5.1. Бојл-Мариотов закон	51
5.5.2. Шарл-Геј-Лисаков закон	52
5.5.3. Једначина идеалног гасног стања	53
5.5.4. Ван дер Валсове једначине стања	54
5.5.5. Далтонов закон парцијалних притисака	56
5.5.6. Понашање реалних гасова	57
5.5.7. Прерачунавање запремине гаса на нормалне услове	59
5.6. ОДРЕЂИВАЊЕ РЕЛАТИВНИХ МОЛЕКУЛСКИХ МАСА	62
5.6.1. Метода одређивања молекулске масе гаса	62
5.6.2. Одређивање молекулске масе паре	63
5.7. ОДРЕЂИВАЊЕ ЕКВИВАЛЕНТНИХ МАСА	63
5.7.1. Одређивање еквивалента реакцијом хлорида (или бромида)	65
5.7.2. Измена са водоником	65
5.7.3. Одређивање еквивалента помоћу реакције са кисеоником	65
5.8. ОДРЕЂИВАЊЕ РЕЛАТИВНИХ АТОМСКИХ МАСА	66
5.8.1. Одређивање атомске масе на основу изоморфије	66
5.8.2. Каницарова метода	66
5.8.3. Дилон-Птиово правило за одређивање атомске масе	67
5.8.4. Одређивање атомске масе помоћу дифракције рендгенских зрака	67
5.8.5. Одређивање релативне атомске масе помоћу масеног спектрографа	68
5.9. ПЕРИОДНИ СИСТЕМ ЕЛЕМЕНАТА	72
5.9.1. Историјски преглед	72
5.9.2. Периодни систем кратких периода	74
5.9.3. Периодни систем дугих периода	75
6. ЕЛЕКТРОНСКА СТРУКТУРА АТОМА	79
6.1. ЕМИСИЈА И АПСОРПЦИЈА СВЕТЛОСТИ	79
6.2. КВАНТНА ТЕОРИЈА	81
6.3. БОРОВ МОДЕЛ АТОМА ВОДНИКА	82
6.4. ТАЛАСНО-МЕХАНИЧКИ МОДЕЛ АТОМА	89
6.4.1. Главни квантни број n	90
6.4.2. Азимутски, споредни квантни број l	92
6.4.3. Магнетни квантни број m	94
6.4.4. Квантни број спина s	95
6.5. ДУАЛИСТИЧКА ПРИРОДА МАТЕРИЈЕ. ДЕ БРОЉЕВА ХИПОТЕЗА	96
6.6. ШРЕДИНГЕРОВА ЈЕДНАЧИНА	98
6.7. РАСПОДЕЛА ЕЛЕКТРОНА У КВАНТНИМ НИВОИМА	99
6.8. СТРУКТУРА АТОМА И ПЕРИОДНИ СИСТЕМ ЕЛЕМЕНАТА	102

6.9. ПЕРИОДНИ СИСТЕМ Д. И. МЕНДЕЉЕЈЕВА	110
6.10. ПСЕ И ЕЛЕКТРОНСКА КОНФИГУРАЦИЈА АТОМА	113
7. СТРУКТУРА МОЛЕКУЛА И ХЕМИЈСКА ВЕЗА	116
7.1. СТРУКТУРА МОЛЕКУЛА	116
7.2. ЈОНСКА ВЕЗА	117
7.2.1. Хесов закон	121
7.3. КОВАЛЕНТНА ВЕЗА	123
7.3.1. Квантно-механичка теорија валенце	124
7.3.2. Теорија молекулских орбитала	125
7.3.3. Одступање од правила октета	139
7.3.4. Вишевалентна веза	141
7.3.5. Резонанција и делокализација орбитала	143
7.3.6. Делокализоване орбитале	145
7.3.7. Парцијални јонски карактер ковалентне везе	145
8. МЕЃУМОЛЕКУЛСКЕ ВЕЗЕ	147
8.1. ВАН ДЕР ВАЛСОВЕ СИЛЕ	147
8.2. ЛОНДОНОВЕ ПРИВЛАЧНЕ СИЛЕ	148
8.3. ВОДНИЧНА ВЕЗА	149
8.4. ФОРМАЛНО НАЕЛЕКТРИСАЊЕ АТОМА У МОЛЕКУЛИМА	151
8.5. КООРДИНАЦИОНА ВЕЗА	154
8.6. МЕТАЛНА ВЕЗА	155
8.6.1. Теорија електронске траке	157
8.7. ВЕЛИЧИНА АТОМА И ЈОНА	160
8.8. ЕНЕРГИЈА КОВАЛЕНТНЕ ВЕЗЕ	163
8.8.1. Алотропија	166
8.8.2. Изоморфија	167
9. ТЕРМОХЕМИЈА ХЕМИЈСКИХ ПРОЦЕСА	169
9.1. ТОПЛОТА ХЕМИЈСКЕ РЕАКЦИЈЕ. ХЕСОВ ЗАКОН	169
9.2. УНУТРАШЊА ЕНЕРГИЈА И ЕНТАЛПИЈА	171
9.3. ТЕРМОХЕМИЈСКЕ ЈЕДНАЧИНЕ	172
9.4. ГИБСОВА ЕНЕРГИЈА	173
9.5. ЕНТРОПИЈА. СПОНТАНОСТ ХЕМИЈСКЕ РЕАКЦИЈЕ	174
9.6. ГИБСОВА ЕНЕРГИЈА И КОНСТАНТА РАВНОТЕЖЕ	176
10. КЛАСИФИКАЦИЈА НЕОРГАНСКИХ СУПСТАНЦИ	177
10.1. ОКСИДИ	178
10.2. ХИДРИДИ	179
10.3. КИСЕЛИНЕ	180
10.4. БАЗЕ	180
10.5. СОЛИ	181
10.6. НАЗИВИ НЕОРГАНСКИХ ХЕМИЈСКИХ ЈЕДИЊЕЊА	182
10.6.1. Називи једињења са јонском везом	183

10.6.2. Називи једињења са ковалентном везом	184
10.6.3. Називи киселина	184
10.6.4. Називи комплексних једињења	186
11. КООРДИНАЦИОНА ЈЕДИЊЕЊА	186
11.1. ПОЈАМ КОМПЛЕКСНОГ ЈЕДИЊЕЊА	186
11.2. КООРДИНАЦИОНИ БРОЈ	187
11.3. ЛИГАНДИ	187
11.4. ТИПОВИ КОМПЛЕКСНИХ ЈЕДИЊЕЊА	189
11.4.1. Атомски комплекси	189
11.4.2. Геометрија комплексних јона	190
11.5. ИЗОМЕРИЈА КОМПЛЕКСНИХ ЈЕДИЊЕЊА	191
11.6. ЕЛЕКТРОНСКА СТРУКТУРА И ВЕЗА У КОМПЛЕКСНИМ ЈЕД.	193
11.6.1. Модел валентне везе	193
11.6.2. Теорија лигандног поља	194
11.7. МАГНЕТНЕ ОСОБИНЕ КОМПЛЕКСНИХ ЈЕДИЊЕЊА	199
11.8. РАВНОТЕЖЕ У РАСТВОРИМА КОМПЛЕКСНИХ ЈЕДИЊЕЊА	199
11.9. ЗНАЧАЈ И ПРИМЕНА КОМПЛЕКСНИХ ЈЕДИЊЕЊА	200
12. РАСТВОРИ	200
12.1. КВАНТИТАТИВНО ИЗРАЖАВАЊЕ САСТАВА РАСТВОРА	201
12.2. ПРИТИСАК ПАРЕ РАСТВОРАЧА НАД РАСТВОРОМ	208
12.3. КОЛОИДНИ РАСТВОРИ	213
12.3.1. Особине колоидних раствора	215
12.3.2. Адсорпционе особине колоида	217
12.3.3. Коагулација колоидних раствора	218
13. ХЕМИЈСКА КИНЕТИКА	221
13.1. БРЗИНА ХЕМИЈСКЕ РЕАКЦИЈЕ	221
13.1.1. Утицај природе реагујућих супстанци	222
13.1.2. Утицај концентрације реактаната	222
13.1.3. Утицај температуре	225
13.1.4. Утицај површине	227
13.1.5. Утицај катализатора	227
13.1.6. Утицај зрачења	227
14. ХЕМИЈСКА РАВНОТЕЖА	232
14.1. ХЕМИЈСКА РАВНОТЕЖА У ХОМОГЕНИМ СИСТЕМИМА	233
14.2. РАВНОТЕЖЕ У РАСТВОРИМА	235
14.3. ХЕМИЈСКА РАВНОТЕЖА У ХЕТЕРОГЕНИМ СИСТЕМИМА	235
14.3.1. Равнотежа у систему чврсто-гасовито	235
14.3.2. Равнотежа у систему чврсто-течно	235
14.3.3. Равнотежа у систему течно-гасовито	236
14.3.4. Равнотежа у систему течно-течно	236
15. РАВНОТЕЖЕ У ВОДЕНИМ РАСТВОРИМА	237

15.1. ЕЛЕКТРОЛИТИЧКА ДИСОЦИЈАЦИЈА	237
15.2. ПОТЕНЦИЈАЛНИ (СЛАБИ) ЕЛЕКТРОЛИТИ	240
15.3. БРЕНШТЕД– ЛОРИЈЕВА ТЕОРИЈА КИСЕЛИНА И БАЗА	244
15.4. ЛУИСОВА ТЕОРИЈА КИСЕЛИНА И БАЗА	245
15.5. ЈОНСКИ ПРОИЗВОД ВОДЕ	246
15.6. КОНСТАНТА ДИСОЦИЈАЦИЈЕ –ЈОНИЗАЦИЈЕ	247
15.7. ЈОНСКЕ РЕАКЦИЈЕ	249
15.8. ХИДРОЛИЗА СОЛИ	250
15.9. ПУФЕРИ РЕГУЛАТОРИ	252
15.10. ИНДИКАТОРИ	255
15.11. ПРОИЗВОД РАСТВОРЉИВОСТИ	256
15.12. РАВНОТЕЖЕ У РАСТВОРИМА КОМПЛЕКСА	257
16. ОКСИДО-РЕДУКЦИОНИ ПРОЦЕСИ.....	259
16.1. ПОЈАМ ОСИДАЦИЈСКОГ БРОЈА И СТЕХИОМЕТРИЈСКЕ ВАЛЕНЦЕ ...	259
16.2. ПОЈАМ ОКСИДАЦИЈЕ И РЕДУКЦИЈЕ.....	261
16.2.1. Утицај средине на карактер оксидо –редукционе реакције	262
16.3. ЕЛЕКТРОХЕМИЈСКИ ПРОЦЕСИ.....	264
16.4. ЕЛЕКТРОЛИЗА	268
16.4.1. Фарадејеви закони електролизе	270
ЛИТЕРАТУРА	271

1. УВОД

Подручје које обухвата хемија је веома широко и оно се преклапа са подручјима која се изучавају и у осталим природним наукама. Изучавање хемије није важно само ради стицања знања из хемије, већ је неопходно и за разумевање и изучавање и осталих природних наука. Хемија је, уз остале природне науке постигла огроман напредак, за последњих стотинак година. На основу чињеница које су у природи одавно откривене, савремени хемичари дошли су до много нових чињеница и метода у истраживању. Савремено човечанство не може без хемије и хемијске индустрије.

Значај хемије огледа се у коришћењу природних сировина за добијање корисних супстанци, затим у добијању синтетичких производа који се под обичним условима не могу добити; у преради сировина у производе потребне за индустрију, пољопривреду, занатство и најзад, за живот појединца. Производи хемијске индустрије, на пример метали и легуре који су основе технике, стакло, порцелан, боје, лакови, лекови, уље, сапун, пластичне масе, вештачке тканине, гуме и други производи толико су изменили живот савременог човека, нарочито у економски развијеним земљама, тако да се он не може замислити без хемије. Зато се каже да од степена развоја хемије и других фактора зависи стандард човека.

1.1. КРАТКА ИСТОРИЈА ХЕМИЈЕ

Хемија као наука настала је много касније него што је човек почео да користи ватру као хемијску појаву за грејање, кување и печење, за топљење бакра, за добијање бакра и бронзе из руде, за добијање разних производа: цигала, керамике, стакла, метала и друго.

Посматрањем биљног и животињског света човек је научио како да добије отрове, боје, разна пића, да штави кожу, прави тканине од биљних и животињских влакана.

Од II века п. н. е. Египћани и други народи (Феничани, Грци, Јевреји, Римљани) проналазе и бележе поступке за добијање разних производа као и хемијске апаратуре. У то време Египат је имао најбогатију хемијску технику тако да су у раду коришћена практична знања Египћана и филозофске идеје античке Грчке. Сва знања у то време била су у рукама свештенства и нису била приступачна народу а са освајањем Египта Арабљани су уништили Академију наука у Александрији и тако вратили развој хемије.

Природу су први покушали да објасне стари Грци и то са филозофског гледишта. По њима су сва тела у природи састављена из различитих облика једне основне материје.

Зачетник таквог схватања је Талес из Милета (VI в. п. н. е.) по коме је основна материја вода чијим згрушавањем настаје земља а испаравањем ваздух. По Анаксимену (VI в. п. н. е.) основна материја ваздух згушњавањем прелази у разна тела природе.

По Хераклиту (V в. п. н. е.) основна материја је ватра и пошто је примећено да су у природи сталне промене облика а ватра је нешто живо онда се те промене објашњавају сталним присуством ватре. Свет је настао из ватре и од ватре гине, па се поново ватром диже и од ватре гине. Ова представа о вечном кретању материја претеча је савременог схватања материје.

У даљем развоју филозофске мисли састав материје објашњава се са више основних материја.

По Емпедоклу (V в. п. н. е.) различити тежински облици четири елемента: ватре, воде, ваздуха и земље дају разна тела, односно квантитативне промене састава доводе до квалитативних промена тела. Ово схватање је близу савременом схватању природе материје.

Леукип и Демокрит (V в. п. н. е.) у свом учењу објашњавају унутрашњу грађу материје. Материја је састављена из најситнијих невидљивих честица, атома, који су разних величина и облика али су сви састављени из исте основне материје. У природи постоје само атоми, а различити облици тела долазе од броја, врсте и распореда атома. Све промене настају због сједињавања или разједињавања атома. Демокрит претпоставља да је између атома празан простор чиме објашњава скупљање тела при хлађењу и ширења тела при загревању, као и смањивање запремине при припремању раствора. И душа је по њему састављена из атома. Ово учење је било заборављено до појаве савремене атомске теорије јер није имало довољно присталица.

Аристотел (384-322. п. н. е.) као Емпедокле комбинује четири елемента – квалитета који се осећају чулима: топло, хладно, суво, влажно, и њиховом комбинацијом настају ватра, земља, вода и ваздух (влажно + суво = земља, влажно + топло = ваздух итд.). По њему постоји и пети, божански елемент.

У VII веку Арабљани су покорили Египат и донели своја хемијска знања и имена за њих. Хам на коптском значи црн, хеми-црна земља (Египат) а хемија би значила египатске вештине.

611. године Арабљани су покорили Шпанију и ту се јављају преводи хемијских књига Арабљана о хемијским знањима и могућностима претварања неплеменитих метала у племените, у злато. Тако у Шпанију, па тако и у Европу долазе хемијска знања Египћана, Грка и Арабљана.

У Европи читав средњи век пролази у покушајима претварања неплеменитих метала у племенито злато. То је доба алхемије (500. до 1500. год.) и главни представник је Гебер (Цабар Иби Гајан – Арабљанин, VIII век), проналазач сумпора и азотне киселине.

Овај период је стално под утицајем цркве, кажњаван је свако ко се противио црквеним догмама и наука је у застоју.

На основу Аристотеловог учења у претварању једног елемента у други, алхемичари су створили теорију да племенити метали садрже само живу а неплеменити живу и сумпор па треба одузети сумпор да би се добио племенити метал. То се врши „филозофским каменом“ који има особине да лечи, подмлађује и претвара неплемените метале у злато. При том бесплодном раду случајно су откривени поступци за добијање хлороводоника, фосфора и разних соли.

У XVI веку напуштају се Аристотелове идеје; уводи се експеримент, постављају теорије и утврђују законитости. У хемији се уводи појам квалитативног и квантитативног. У то време се пуно ради на примени хемијских препарата у лечењу болести, развија се практична грана хемије „јатрохемија“ (медицинска хемија) са оснивачем Парацелзусом (1493-1541.). Хемија почиње да служи развоју фармације. У то време Агрикола оснива нову грану хемије, металургију. У ово време експериментална искуства представљају прелаз ка савременој хемији и хемичари несвесно обарају алхемију. Крајем XVII века хемија се коначно ослобађа Аристотеловог схватања и хемијски закључци се доносе на основу експеримента.

Оснивач нове научне хемије је ирски хемичар и физичар Бојл (*Robert Boyle*, 1627-1691). Он методом индукције, односно уопштавањем изведених огледа и испитивањем законитости у природи долази до нових сазнања. По Бојлу, циљ хемије је упознати састав тела путем хемијске анализе која се састоји у разлагању тела на елементе а елементи су најпростија тела. Његово схватање је блиско грчким атомистима али још нема довољно експеримената за постављање атомске теорије.

Следећи период од сто година карактерише флогистонска теорија немачког хемичара Стал-а (*Georg Ernst Stahl*, 1659-1734) која је настала у доба развоја металургије, када се највише радило на процесима горења и добијања метала. По овој теорији материје које могу горети садрже гориви елемент флогистон који се одваја од тела које гори. На пример:



Бојл је приметио да тежина остатка изгорелих супстанци постаје већа док су присталице флогистонске теорије објашњавале да тела постају