



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Кафедра биологии растений и химии

ХИМИЯ

**Теоретический раздел
Лекция
Углеводороды. Алканы.**



2. УГЛЕВОДОРОДЫ. АЛКАНЫ.

2.1. Классификация углеводов

Углеводороды – органические соединения, в состав которых входят только два элемента: углерод и водород. Например: CH_4 , C_2H_6 , C_3H_6 , C_6H_6 , C_8H_{10} и т.п. В общем виде – C_xH_y .

Углеводороды имеют важное научное и практическое значение. Во-первых, представления о строении и свойствах этих веществ служат основой для изучения органических соединений других классов, так как молекулы любых органических веществ содержат углеводородные фрагменты. Во-вторых, знание свойств углеводородов позволяет понять исключительную ценность этих соединений как исходного сырья для синтеза самых разнообразных органических веществ, широко используемых человеком. Углеводороды содержатся в земной коре в составе нефти, каменного угля, природного и попутного газов, сланцев и торфа. Запасы этих полезных ископаемых на Земле не безграничны. Однако до настоящего времени они расходуются главным образом в качестве топлива (двигатели внутреннего сгорания, тепловые электростанции, котельные) и лишь незначительная часть используется как сырье в химической промышленности. Так, до 85 % всей добываемой нефти идет на получение горюче-смазочных материалов и лишь около 15 % применяется как химическое сырье. Поэтому важнейшей задачей является поиск и разработка альтернативных источников энергии, которые позволят более рационально использовать углеводородное сырье.

Классификацию углеводородов проводят по следующим структурным признакам, определяющим свойства этих соединений:

- 1) строение углеродной цепи (углеродного скелета);
- 2) наличие в цепи кратных связей $\text{C}=\text{C}$ и $\text{C}\equiv\text{C}$ (степень насыщенности).

1. В зависимости от строения углеродной цепи углеводороды подразделяются на две группы:

ациклические или алифатические, т. е. «жирные» (от греческого слова «алеифар» – «жир», так как впервые структуры с длинными углеродными цепями были обнаружены в составе жиров);

циклические.

Открытая (незамкнутая) цепь алифатических углеводородов может быть неразветвленной или разветвленной. Углеводороды с неразветвленной углеродной цепью называют нормальными (н-) углеводородами.

Среди циклических углеводородов выделяют:

- алициклические (т.е. алифатические циклические);
- ароматические (арены).

В этом случае классификационным признаком служит строение цикла.



К ароматическим углеводородам относят соединения, содержащие один или несколько бензольных циклов (формула бензола C_6H_6).

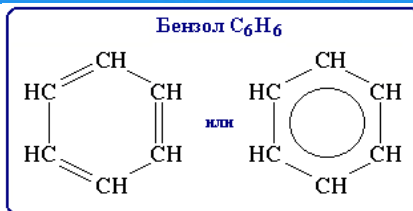
2. По степени насыщенности различают:

насыщенные (предельные) углеводороды (алканы и циклоалканы), в которых имеются только простые связи $C-C$ и отсутствуют кратные связи;

ненасыщенные (непредельные), содержащие наряду с одинарными связями $C-C$ двойные и (или) тройные связи (алкены, алкадиены, алкины, циклоалкены, циклоалкины).



Следует заметить, что хотя по составу бензол C_6H_6 формально соответствует ненасыщенным циклическим углеводородам (его молекулу часто изображают как шестичленный цикл с тремя двойными связями). По свойствам это соединение резко отличается от ненасыщенных веществ из-за делокализации кратных связей. Поэтому соединения ряда бензола относят к самостоятельной группе ароматических углеводородов (аренов).



2.2. Алканы: способы получения и химические свойства

Алканы (парафины) – это предельные углеводороды, которые имеют все одинарные связи при атоме углерода в sp^3 – гибридизации. Общая формула C_nH_{2n+2} .

Гомологический ряд – это группа органических соединений с однотипной структурой, в котором каждый последующий член отличается от предыдущего на постоянную группу атомов ($-CH_2-$). Отдельные члены этого ряда называются гомологами, а группа атомов, на которую различаются соседние гомологи, – гомологической разностью. Гомологи отличаются молекулярной массой, и следовательно, физическими характеристиками.

Имея одинаковый качественный состав и однотипные химические связи, гомологи обладают сходными химическими свойствами. Поэтому, зная химические свойства одного из членов гомологического ряда, можно предсказать химическое поведение и других членов этого ряда.

С увеличением числа углеродных атомов в молекуле алкана (с ростом молекулярной массы) в гомологическом ряду наблюдается закономерное изменение физических свойств гомологов (переход количества в качество): повышаются температуры кипения и плавления, увеличивается плотность.

Гомологический ряд алканов легко составить, прибавляя каждый раз к предыдущей цепочке новый атом углерода и дополняя его оставшиеся валентности до 4-х атомами водорода. Другой вариант – добавление в цепь группы $-CH_2-$:

CH_4 или $H-CH_2-H$ – первый член гомологического ряда – метан (содержит 1 атом C);

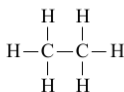
CH_3-CH_3 или $H-CH_2-CH_2-H$ – 2-й гомолог – этан (2 атома C);

$CH_3-CH_2-CH_3$ – 3-й гомолог – пропан (3 атома C);

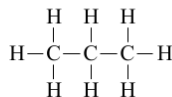
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ или $H-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-H$ – бутан (4 атома C).



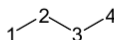
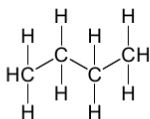
метан



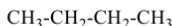
этан



пропан



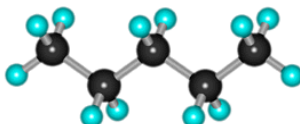
н-бутан



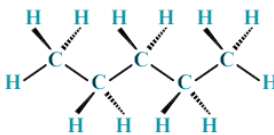
Суффикс **-ан** является характерным для названия всех алканов. Начиная с пятого гомолога, название алкана образуется из греческого числительного, указывающего число атомов углерода в молекуле, и суффикса -ан: пентан C_5H_{12} , гексан C_6H_{14} , гептан C_7H_{16} , октан C_8H_{18} , нонан C_9H_{20} , декан $C_{10}H_{22}$ и т.д.

Алканы от CH_4 до C_4H_{10} – газы, от C_5H_{12} до $C_{17}H_{36}$ – жидкости, далее – твердые вещества.

Пентан C_5H_{12}

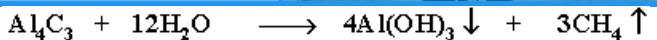


Модель молекулы



Стереохимическая формула

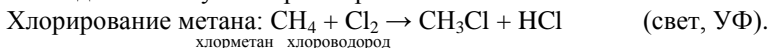
Насыщенный атом углерода в алканах связан с четырьмя другими атомами. Следовательно, его состояние соответствует sp^3 -гибридизации. В этом случае каждая из четырех sp^3 -гибридных АО углерода участвует в осевом (σ -) перекрывании с s -АО водорода или с sp^3 -АО другого атома углерода, образуя σ -связи C–H или C–C. Четыре σ -связи углерода направлены в пространстве под углом $109^\circ 28'$, что соответствует наименьшему отталкиванию электронов. Поэтому молекула простейшего представителя алканов – метана CH_4 имеет



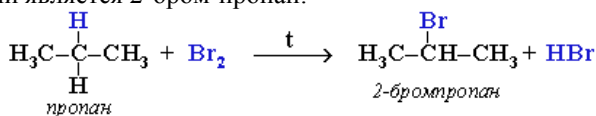
Химические свойства алканов

Реакции замещения. В молекулах алканов связи С–Н пространственно более доступны для атаки другими частицами, чем менее прочные связи С–С. В определенных условиях происходит разрыв именно С–Н-связей и осуществляется замена атомов водорода на другие атомы или группы атомов.

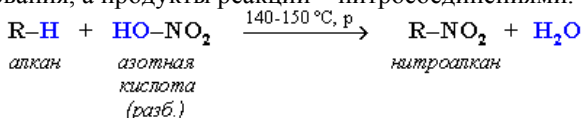
Галогенирование алканов – реакция замещения одного или более атомов водорода в молекуле алкана на галоген. Продукты реакции называют галогеналканами или галогенопроизводными алканов. Реакция алканов с хлором и бромом идет на свету или при нагревании.



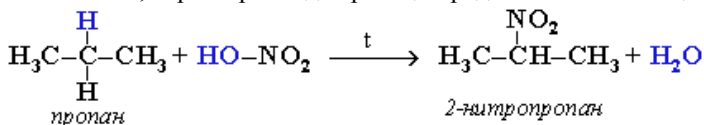
При хлорировании или бромировании алкана с вторичными или третичными атомами углерода легче всего идет замещение водорода у третичного атома, труднее – у вторичного и еще труднее – у первичного. Это объясняется большей устойчивостью третичных и вторичных углеводородных радикалов по сравнению с первичными вследствие делокализации неспаренного электрона. Поэтому, например, при бромировании пропана основным продуктом реакции является 2-бром-пропан:



Алканы обесцвечивают раствор брома при нагревании, вступая в реакцию радикального замещения. На алканы действует разбавленная азотная кислота при нагревании и давлении. В результате происходит замещение атома водорода на остаток азотной кислоты – нитрогруппу NO₂. Эту реакцию называют реакцией нитрования, а продукты реакции – нитросоединениями.

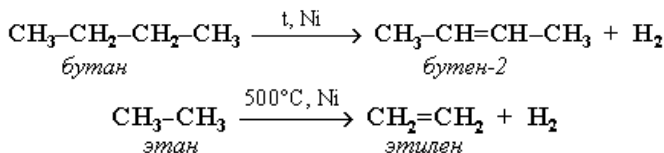


При нитровании алканов также соблюдается порядок реакционной способности С–Н-связей, характерный для реакций радикального замещения:

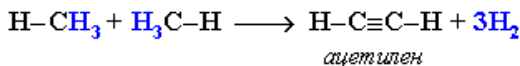




Дегидрирование алканов. При нагревании алканов в присутствии катализаторов происходит их каталитическое дегидрирование за счет разрыва связей С–Н и отщепления атомов водорода от соседних углеродных атомов. При этом алкан превращается в алкен с тем же числом углеродных атомов в молекуле:

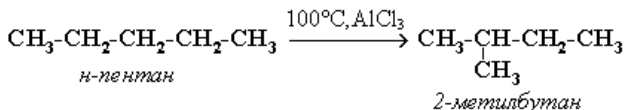


При $t = 1500^\circ\text{C}$ происходит межмолекулярное дегидрирование метана по схеме:

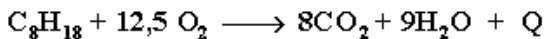
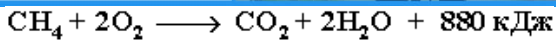


Эта реакция используется для промышленного получения ацетилена.

Изомеризация алканов. Алканы нормального строения под влиянием катализаторов и при нагревании способны превращаться в разветвленные алканы без изменения состава молекул, т.е. вступать в реакции изомеризации. В этих реакциях участвуют алканы, молекулы которых содержат не менее 4-х углеродных атомов.



Реакции окисления алканов. В органической химии реакции окисления и восстановления рассматриваются как реакции, связанные с потерей и приобретением органическим соединением атомов водорода и кислорода. Эти процессы, естественно, сопровождаются изменением степеней окисления атомов. Окисление органического вещества – введение в его состав кислорода и (или) отщепление водорода. Восстановление – обратный процесс (введение водорода и отщепление кислорода). Учитывая состав алканов ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$), можно сделать вывод о их неспособности вступать в реакции восстановления, но возможности участвовать в реакциях окисления. При обычной температуре алканы не вступают в реакции даже с сильными окислителями ($\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, KMnO_4 и т.п.). При внесении в открытое пламя алканы горят. При этом в избытке кислорода происходит их полное окисление до CO_2 , где углерод имеет высшую степень окисления +4, и воды. Горение углеводов приводит к разрыву всех связей С–С и С–Н и сопровождается выделением большого количества тепла (экзотермическая реакция).



Применение алканов. Предельные углеводороды находят широкое применение в самых разнообразных сферах жизни и деятельности человека.

Газообразные алканы (метан и пропан-бутановая смесь) используются в качестве ценного топлива. Жидкие углеводороды составляют значительную долю в моторных и ракетных топливах и используются в качестве растворителей. Вазелиновое масло (смесь жидких углеводородов с числом атомов углерода до 15) – прозрачная жидкость без запаха и вкуса, используется в медицине, парфюмерии и косметике. Вазелин (смесь жидких и твердых предельных углеводородов с числом углеродных атомов до 25) применяется для приготовления мазей, используемых в медицине. Парафин (смесь твердых алканов C_{19} – C_{35}) – белая твердая масса без запаха и вкуса ($t_{\text{пл.}} = 50$ – 70°C) – применяется для изготовления свечей, пропитки спичек и упаковочной бумаги, для тепловых процедур в медицине и т.д. В современной нефтехимической промышленности предельные углеводороды являются базой для получения разнообразных органических соединений, важным сырьем в процессах получения полупродуктов для производства пластмасс, каучуков, синтетических волокон, мощных средств и многих других веществ.



ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Мерой полярности связи является *электрический момент диполя* – ЭДМ- μ , представляющий собой произведение длины диполя l на абсолютный эффективный заряд g : $\mu = g \cdot l$. Электрический момент диполя обычно выражают в дебаях (D): $1D = 3,33 \cdot 10^{-30}$ Кл·м.)

Некоторые характеристики простейших связей

Связь	Энергия, кДж/моль	Длина, нм	Полярность μ		Поляризуемость $a \cdot 10^{-24}, \text{см}^3$
			$10^{30} \cdot \text{Кл} \cdot \text{м}$	D	
C–C	339	0,154	0	0	1,3
C=C	611	0,133	0	0	4,2
C≡C	833	0,120	0	0	6,2
H–C	414	0,109	1,33	0,4	1,7
C–N	305	0,147	4,00	1,2	1,5
C=N	595	0,127	4,34	1,3	3,8
C≡N	888	0,115	13,36	4,0	4,8
C–O	368	0,143	5,34	1,6	1,5
C=O	724	0,121	10,68	3,2	3,3
C–F	427	0,140	7,68	2,3	1,7
C–Cl	326	0,176	7,68	2,3	6,5
C–Br	272	0,191	7,34	2,2	9,6
C–I	238	0,212	6,68	2,0	14,6
H–O	460	0,096	5,01	1,5	1,9
H–N	389	0,101	4,34	1,3	1,8
N–N	160	0,147			
N≡N	946	0,110			
N=O	678	0,115			

Приложение 2

Номенклатура органических соединений

В настоящее время международный союз теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) рекомендовал для использования номенклатуру, получившую название *номенклатура ИЮПАК*.

Таблица 1. Названия предельных углеводородов

Формула углеводорода	Название	Формула углеводорода	Название
C ₅ H ₁₂	Пентан	C ₁₁ H ₂₄	Ундекан
C ₆ H ₁₄	Гексан	C ₁₂ H ₂₆	Додекан
C ₇ H ₁₆	Гептан	C ₁₃ H ₂₈	Тридекан
C ₈ H ₁₈	Октан	C ₁₄ H ₃₀	Тетрадекан
C ₉ H ₂₀	Нонан
C ₁₀ H ₂₂	Декан	C ₂₀ H ₄₂	Эйкозан

Таблица 2. Названия важнейших заместителей

Заместитель	Название	Заместитель	Название
-------------	----------	-------------	----------



CH_3-	метил	CH_3	
CH_3-CH_2-	этил	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	н-пропил	$\text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-$	неопентил
$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$	изопропил (пропил-2)	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	трет-пентил
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	н-бутил	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-$	
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-$	втор-бутил	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$			
$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-$	изобутил (2-метил-пропил-1)	$\text{CH}_2=$	метилен
$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$		$\text{CH}\equiv$	метин
$\text{CH}_3-\text{C}-$	трет-бутил	$\text{CH}_3-\text{CH}=$	этилиден
$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$		$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	этилен
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	н-пентил	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	триметилен
$\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2-$	изопентил	$\text{CH}_2=\text{CH}-$	винил
$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$		$\text{HC}\equiv\text{C}-$	этинил
C_6H_5-	фенил	$\text{CH}_2=\text{C}-$	изопропенил
$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-$	толил (п-изомер)	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$	бензил	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-$	1-бутенил
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-$	стирил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2-$	2-бутенил
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CH}-$	бензгидрил (дифенил-метил)	$\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_2-$	
$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C}-$	тритил	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$	метилаллил (металлил)
$\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2-$	винилиден	$\text{CH}_3-\text{C}=\text{O}$	ацетил
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$	аллил	$\begin{array}{c} \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	бензоил
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-$	пропенил	$-\text{O}-\text{CH}_2-\text{O}-$	метилендиокси
$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-$	ацетонил		
$\text{CH}_3-\text{O}-$	метокси		
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-$	этокси		

Простейшие спирты можно называть по соответствующему радикалу: метиловый спирт CH_3OH , изопропиловый спирт $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ (но не изопропанол), трет-бутиловый спирт $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$.

За некоторыми спиртами сохраняются тривиальные названия:

Аллиловый спирт $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$;

Бензиловый спирт $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{OH}$;



Фенилэтиловый спирт	$C_6H_5-CH_2-CH_2OH$;
Этиленгликоль	$HOCH_2-CH_2OH$;
Пропиленгликоль	$CH_3-CH(OH)-CH_2OH$;
Глицерин (глицерол)	$CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)$.

Для альдегидов допускаются тривиальные названия, если соответствующая кислота имеет тривиальное название:

Формальдегид	CH_2O ;
Ацетальдегид	CH_3-CHO ;
Пропиональдегид	CH_3-CH_2-CHO ;
Бутиральдегид	$CH_3-CH_2-CH_2-CHO$;
Изобутиральдегид	$(CH_3)_2CH-CHO$;
Валеральдегид	$CH_3-(CH_2)_3-CHO$;
Изовалеральдегид	$(CH_3)_2CH-CH_2-CHO$;
Акролеин (акриальдегид)	$CH_2=CH-CHO$;
Кроноальдегид	$CH_3-CH=CH-CHO$;
Бензальдегид	C_6H_5-CHO .

Имеются исключения, например глиоксаль $O=CH-CH=O$.

Для некоторых кетонов допускаются тривиальные названия:

ацетон	$CH_3-CO-CH_3$;
окись мезитила	$(CH_3)_2C=CH-CO-CH_3$;
диацетил	$CH_3-CO-CO-CH_3$;
бензил (или дибензоил)	$C_6H_5-CO-CO-C_6H_5$.

Сохраняются тривиальные названия заместителей:

ацетонил $CH_3-CO-CH_2-$, фенацил $C_6H_5-CO-CH_2-$.



ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб. пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб. пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.– М.:ООО «Издательство Астрель»,2004.–383с
6. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов обучающихся на агрономических специальностях/ И. И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2004. –672 с.
7. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смартыгин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
8. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
9. Химия. Курс лекций: учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – 383 с.
10. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
11. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
12. Химия: учебно-методический комплекс: Учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с. ISBN 978-985-467-359-2
13. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
14. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
15. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
16. Щербина, А.Э. Органическая химия. Задачи и упражнения: Учеб. пособие / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич, И.В. Сенько. – Минск : Новое знание, 2007. – 304 с.

Дополнительная

1. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: Учеб. пособие/ Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн.: Высш. шк., 2003. – 96 с.
3. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
5. Практикум по общей и биоорганической химии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
6. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
7. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

Справочники:

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977.
2. Кольман, Я. Наглядная биохимия: Пер. с нем/ Я.Кольман, К.Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.
3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Составители
Поддубная Ольга Владимировна
Ковалева Ирина Владимировна