

Новосибирский государственный аграрный университет  
Институт заочного образования и повышения квалификации

## **ОРГАНИЧЕСКАЯ И ФИЗКОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**

**методическое пособие по изучению дисциплины и задания  
для контрольных работ студентам факультета заочного  
образования  
по направлению подготовки  
36.05.01 Ветеринария  
36.03.01 Ветеринарно- санитарная экспертиза**

Новосибирск 2020

УДК 54 (075)  
ББК 24 я 73

**Органическая и физколлоидная химия:**  
методическое пособие по изучению дисциплины и задания  
для контрольных работ/ сост.: И.В. Васильцова, Т.И. Бокова;  
Новосиб. гос. аграр. ун-т. ИЗОП. – Новосибирск, 2020. 91 с.

Рецензент: канд. биол. наук, доц. НГАУ Ю.И. Коваль

Методическое пособие по изучению дисциплины и выполнению контрольных работ по органической и физколлоидной химии предназначено для студентов факультета заочного образования, обучающихся по направлению подготовки 36.05.01 Ветеринария, 36.03.01 Ветеринарно-санитарная экспертиза.

© Новосибирский государственный аграрный университет 2020

## **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение органической химии должно обеспечить формирование у будущего специалиста научного методологического подхода к изучению явлений и процессов органического мира; понимание основных фундаментальных теоретических положений и закономерностей, лежащих в основе поведения химических соединений, их практической значимости. Органическая химия – большой самостоятельный раздел химии, предметом которого является химия углеводов и их производных; их строение, свойства, методы получения, возможности практического использования. Органическая химия играет большую роль в жизни и практической деятельности человека, в народном хозяйстве и медицине.

Физическая химия – наука, которая, основываясь на законах физики, изучает химические превращения, происходящие в сложных физико-химических системах, какими в большинстве своем являются различные биологические объекты.

Коллоидная химия изучает дисперсные системы, способы их получения и свойства. Поскольку сам человек является дисперсной системой, знание законов коллоидной химии – необходимое условие профессиональной подготовки специалиста.

## **ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Данное методическое пособие составлено в соответствии с программой курса «Органическая и физколлоидная химия», на основании требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 36.05.01 – Ветеринария, 36.03.01 – Ветеринарно-санитарная экспертиза.

### **Подготовка к лабораторно-экзаменационной сессии.**

Согласно принципу заочного обучения, студент обязан до сессии проработать рекомендуемую литературу, приобрести необходимые навыки и знания, выполнить самостоятельно контрольную работу.

Советуем:

1. Ознакомиться с требованиями программы, которая включает следующие разделы:
  - теоретические основы органической химии;
  - основные классы органических соединений;
  - учение о растворах;
  - коллоидная химия
2. Изучить материал, относящийся к каждой теме по одному или нескольким из рекомендованных учебников.
3. Изучая текст учебника, следует выписать новые для Вас понятия, определения, термины. Необходимо законспектировать уравнения реакций, формулировки законов и т.д.
4. Решить задания контрольной работы, относящиеся к изучаемой теме. Если при решении задач возникают трудности, снова обратитесь к учебнику.

## **Порядок прохождения лабораторно-экзаменационной сессии**

В период сессии учебный процесс включает цикл лекций обзорного характера и лабораторно-практические занятия. Студент получает возможность углубить, закрепить полученные самостоятельно знания, выяснить все вопросы. Эта задача выполнима только при определенном уровне знаний и ориентировке в предмете, который достигается студентами при самостоятельной работе дома.

В химической лаборатории студент приобретает навыки экспериментальной работы, умение обращаться с реактивами, химической посудой, оборудованием и инструментальными приборами. На семинарских занятиях разбирается решение задач и упражнений.

Для студентов существуют следующие виды контроля:

- защита контрольной работы;
- защита лабораторных работ;
- экзамен

### **Выполнение контрольной работы**

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Органическая и физколлоидная химия», студентам следует выполнить контрольную работу. К написанию контрольной работы надо приступить после полного изучения курса по учебнику в соответствии с программой и методическими указаниями.

Задания для контрольных работ расположены сразу после теоретического материала и имеют сквозную нумерацию. Вариант задания определяется по последним двум цифрам шифра в таблице 1. Шифр определяется по последним цифрам номера зачетной книжки.

При оформлении контрольной работы необходимо придерживаться следующих правил:

– контрольная работа должна быть выполнена в тетради, на обложке которой необходимо указать ФИО, номер группы, номер варианта.

– работа должна быть написана ручкой разборчиво, без сокращений. На каждой странице следует оставлять поля для замечаний преподавателя.

– к каждой задаче необходимо списать ее условие, а затем дать краткий, но исчерпывающий ответ. Каждое задание необходимо начинать с новой страницы. При решении задач нужно приводить весь ход решения и математические преобразования.

В конце работы следует указать список использованной литературы, поставить подпись и дату выполнения работы.

Если контрольная работа возвращается с надписью: «На доработку», то ее необходимо доработать в соответствии с замечаниями преподавателя и вернуть на повторную проверку. Только после получения работы с рецензией преподавателя «К собеседованию», студент допускается к ее защите. Студенты, получившие зачет по контрольной работе, посетившие все лекции и лабораторно-практические занятия, допускаются к экзамену.

Таблица 1

**ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ**

| Пред<br>последняя<br>цифра<br>шифра | Последняя цифра шифра                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                                     | <b>0</b>   | <b>1</b>  | <b>2</b>  | <b>3</b>  | <b>4</b>  | <b>5</b>  | <b>6</b>  | <b>7</b>  | <b>8</b>  | <b>9</b>  |
| <b>0</b>                            | 1<br>2<br>51<br>79<br>96<br>139<br>147<br>167<br>186   | 2<br>23<br>52<br>78<br>115<br>138<br>148<br>167<br>187  | 3<br>24<br>53<br>77<br>116<br>137<br>149<br>168<br>188  | 4<br>25<br>54<br>76<br>101<br>136<br>150<br>185<br>189  | 5<br>26<br>55<br>75<br>102<br>135<br>151<br>184<br>190  | 6<br>27<br>56<br>74<br>121<br>134<br>152<br>175<br>191  | 7<br>28<br>57<br>73<br>122<br>133<br>153<br>170<br>192  | 8<br>29<br>58<br>95<br>107<br>132<br>154<br>171<br>193  | 9<br>30<br>59<br>94<br>108<br>131<br>155<br>166<br>194  | 10<br>31<br>60<br>93<br>127<br>130<br>156<br>182<br>195 |
| <b>1</b>                            | 11<br>32<br>61<br>92<br>97<br>140<br>146<br>168<br>205 | 12<br>41<br>62<br>91<br>114<br>141<br>145<br>185<br>204 | 13<br>50<br>63<br>90<br>117<br>142<br>166<br>167<br>203 | 14<br>30<br>64<br>89<br>100<br>143<br>165<br>167<br>202 | 15<br>39<br>65<br>88<br>103<br>144<br>164<br>183<br>201 | 16<br>48<br>66<br>87<br>120<br>130<br>163<br>185<br>200 | 17<br>28<br>67<br>86<br>123<br>131<br>162<br>171<br>199 | 18<br>37<br>68<br>85<br>106<br>132<br>161<br>172<br>198 | 19<br>46<br>69<br>84<br>109<br>133<br>160<br>168<br>197 | 20<br>26<br>70<br>83<br>126<br>134<br>159<br>181<br>196 |
| <b>2</b>                            | 21<br>33<br>71<br>82<br>98<br>143<br>149<br>169<br>206 | 8<br>42<br>72<br>81<br>113<br>142<br>150<br>184<br>207  | 16<br>22<br>51<br>80<br>118<br>144<br>151<br>170<br>186 | 3<br>31<br>52<br>79<br>99<br>141<br>152<br>185<br>187   | 11<br>40<br>53<br>78<br>104<br>140<br>153<br>182<br>188 | 19<br>49<br>54<br>77<br>119<br>139<br>154<br>167<br>189 | 6<br>29<br>55<br>76<br>124<br>138<br>155<br>172<br>190  | 14<br>38<br>56<br>75<br>105<br>137<br>156<br>173<br>191 | 1<br>47<br>57<br>74<br>110<br>136<br>157<br>167<br>192  | 9<br>27<br>58<br>73<br>125<br>135<br>158<br>167<br>193  |
| <b>3</b>                            | 1<br>34<br>59<br>95<br>99<br>144<br>148<br>170<br>203  | 9<br>43<br>60<br>94<br>112<br>130<br>147<br>183<br>202  | 17<br>23<br>61<br>93<br>119<br>131<br>146<br>171<br>201 | 4<br>32<br>62<br>92<br>98<br>132<br>145<br>184<br>200   | 12<br>41<br>63<br>91<br>105<br>133<br>166<br>181<br>199 | 20<br>50<br>64<br>90<br>118<br>134<br>165<br>168<br>198 | 7<br>30<br>65<br>89<br>124<br>135<br>164<br>173<br>197  | 15<br>39<br>66<br>88<br>104<br>136<br>163<br>174<br>196 | 2<br>48<br>67<br>87<br>111<br>137<br>162<br>169<br>195  | 10<br>28<br>68<br>86<br>124<br>138<br>161<br>182<br>194 |
| <b>4</b>                            | 2<br>35<br>69<br>85                                    | 10<br>44<br>70<br>84                                    | 18<br>24<br>71<br>83                                    | 5<br>33<br>72<br>82                                     | 13<br>42<br>51<br>81                                    | 21<br>22<br>52<br>80                                    | 8<br>31<br>53<br>79                                     | 16<br>40<br>54<br>78                                    | 3<br>49<br>55<br>77                                     | 11<br>29<br>56<br>76                                    |

|   |     |      |     |      |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | 100 | 111  | 120 | 97   | 106 | 117 | 126 | 103 | 112 | 123 |
|   | 133 | 132  | 131 | 130  | 144 | 143 | 142 | 141 | 140 | 139 |
|   | 151 | 152  | 153 | 154  | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 |
|   | 171 | 182  | 172 | 183  | 180 | 169 | 174 | 175 | 185 | 170 |
|   | 204 | 205  | 206 | 207  | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 |
| 5 | 3   | 11   | 19  | 6    | 14  | 1   | 9   | 17  | 4   | 12  |
|   | 36  | 45   | 25  | 34   | 43  | 23  | 32  | 41  | 50  | 30  |
|   | 57  | 58   | 59  | 60   | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  |
|   | 75  | 74   | 73  | 95   | 94  | 93  | 92  | 91  | 90  | 89  |
|   | 101 | 110  | 121 | 96   | 107 | 116 | 127 | 102 | 113 | 122 |
|   | 134 | 135, | 136 | 137  | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 |
|   | 150 | 149  | 148 | 147  | 146 | 145 | 166 | 165 | 164 | 163 |
|   | 172 | 184  | 173 | 182  | 179 | 170 | 175 | 176 | 169 | 185 |
|   | 201 | 200  | 199 | 198  | 197 | 196 | 195 | 194 | 193 | 192 |
| 6 | 4   | 12   | 20  | 7    | 15  | 2   | 10  | 18  | 5   | 13  |
|   | 37  | 46   | 26  | 35   | 44  | 24  | 33  | 42  | 22  | 31  |
|   | 67  | 68   | 69  | 70   | 71  | 72  | 51  | 52  | 53  | 54  |
|   | 88  | 87   | 86  | 85   | 84  | 84  | 83  | 82  | 81  | 80  |
|   | 102 | 109  | 122 | 129  | 108 | 115 | 128 | 101 | 114 | 121 |
|   | 138 | 137  | 136 | 135  | 134 | 133 | 132 | 131 | 130 | 144 |
|   | 153 | 153  | 155 | 156  | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 |
|   | 173 | 180  | 174 | 181  | 178 | 171 | 176 | 177 | 170 | 169 |
|   | 202 | 203  | 204 | 205  | 206 | 207 | 186 | 187 | 188 | 189 |
| 7 | 5   | 13   | 21  | 8    | 16  | 3   | 11  | 19  | 6   | 14  |
|   | 38  | 47   | 27  | 36   | 45  | 25  | 34  | 43  | 23  | 32  |
|   | 55  | 56   | 57  | 58   | 59  | 60  | 61  | 62  | 63  | 64  |
|   | 79  | 78   | 77  | 76   | 75  | 74  | 73  | 95  | 94  | 93  |
|   | 103 | 10   | 123 | 128  | 109 | 114 | 129 | 100 | 115 | 120 |
|   | 139 | 140  | 141 | 1421 | 143 | 144 | 130 | 131 | 132 | 133 |
|   | 152 | 151  | 150 | 49   | 148 | 147 | 146 | 145 | 166 | 165 |
|   | 174 | 179  | 175 | 180  | 177 | 172 | 184 | 178 | 171 | 168 |
|   | 199 | 198  | 197 | 196  | 195 | 194 | 193 | 192 | 194 | 190 |
| 8 | 6   | 14   | 1   | 9    | 17  | 4   | 12  | 20  | 7   | 15  |
|   | 39  | 48   | 28  | 37   | 46  | 26  | 35  | 44  | 24  | 33  |
|   | 65  | 66   | 67  | 68   | 69  | 70  | 71  | 72  | 51  | 52  |
|   | 92  | 91   | 90  | 89   | 88  | 87  | 86  | 85  | 84  | 83  |
|   | 104 | 107  | 124 | 127  | 110 | 113 | 96  | 99  | 116 | 119 |
|   | 143 | 142  | 141 | 140  | 139 | 138 | 137 | 136 | 135 | 134 |
|   | 155 | 156  | 157 | 158  | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 |
|   | 175 | 178  | 176 | 179  | 176 | 173 | 183 | 179 | 172 | 167 |
|   | 200 | 201  | 202 | 203  | 204 | 205 | 206 | 207 | 186 | 187 |
| 9 | 7   | 15   | 2   | 1    | 18  | 5   | 13  | 21  | 8   | 16  |
|   | 40  | 49   | 29  | 3    | 47  | 27  | 36  | 45  | 25  | 50  |
|   | 53  | 54   | 55  | 56   | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  |
|   | 82  | 81   | 80  | 79   | 78  | 77  | 76  | 75  | 74  | 73  |
|   | 105 | 106  | 125 | 126  | 111 | 112 | 97  | 98  | 117 | 118 |
|   | 144 | 130  | 131 | 132  | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 |
|   | 154 | 153  | 152 | 151  | 150 | 149 | 148 | 147 | 146 | 145 |
|   | 176 | 177  | 177 | 178  | 175 | 174 | 182 | 181 | 173 | 166 |
|   | 197 | 196  | 195 | 194  | 193 | 192 | 191 | 190 | 189 | 188 |

## Раздел 1. Теоретические основы органической химии

В основу научной классификации и номенклатуры органических соединений положены принципы теории химического строения органических соединений А.М. Бутлерова: *физические и химические свойства органических соединений определяются качественным, количественным составом, а также пространственным и электронным строением молекулы.*

Все органические соединения подразделяют в зависимости от характера углеродного скелета на следующие основные ряды (рис.1):

I. Ациклические – их называют также алифатическими, или соединениями жирного ряда. Эти соединения имеют открытую цепь углеродных атомов.

К ним относятся:

- предельные (насыщенные) углеводороды;
- непредельные (ненасыщенные) углеводороды.

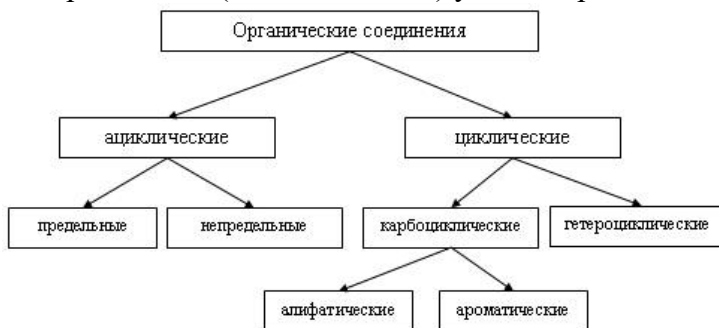


Рис. 1. Классификация органических соединений

II. Циклические – соединения с замкнутой в кольцо цепью атомов. К ним относятся:

1. Карбоциклические (изоциклические) – соединения, в кольцевую систему которых входят только углеродные атомы. Это:

а) алициклические (алифатические, циклические):  
 предельные и непредельные углеводороды;

б) ароматические соединения.

2. Гетероциклические – соединения, в кольцевую систему которых, кроме атома углерода, входят атомы других элементов – гетероатомы (кислород, азот, сера и др.)

Атом или группа атомов, обладающие реакционной способностью и определяющие свойства соединений, называется функциональной группой. В зависимости от функциональной группы органические соединения делят на классы (табл. 2).

Таблица 2. Основные классы органических соединений

| Название функциональных групп | Функциональная группа       | Класс соединений    | Общая формула  |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|--|
| Галоген                       | -F, -Cl, -Br, -I, (-Hal)    | Галогенопроизводные | R-Hal  |
| Гидроксильная                 | -OH                         | Спирты              | R-OH   |
|                               |                             | фенолы              | Ar-OH  |
| Алкоксильная                  | -OR                         | Простые эфиры       | R-OR   |
| Амино                         | -NH <sub>2</sub> , >NH, >N- | Амины               | RNH <sub>2</sub> , R <sub>2</sub> NH, R <sub>3</sub> N |
| Нитро                         | -NO <sub>2</sub>            | Нитросоединения     | R-NO <sub>2</sub>                                      |
| Карбонильная                  | >C=O                        | Альдегиды           | R-C=O<br> <br>H  |
|                               |                             | Кетоны              | R-C-R<br>  <br>O                                       |
| Карбоксильная                 | -C=O<br> <br>OH             | Карбоновые кислоты  | R-C=O<br> <br>OH                                       |
| Тиольная                      | -SH                         | Тиолы               | R-SH   |
| Сульфо                        | -SO <sub>3</sub> H          | Сульфокислоты       | R-SO <sub>3</sub> H                                    |

Углеводороды различных классов образуют так называемые гомологические ряды – соединения, имеющие одинаковый качественный состав, сходное строение, но

различающиеся на одну или несколько групп  $-\text{CH}_2-$ , которая называется гомологической разностью.

Продолжить гомологический ряд можно, последовательно добавляя группу  $-\text{CH}_2-$  в углеводородную цепь алкана.

Таблица 3. Гомологический ряд алканов

| Название алкана | Количество углеродов | Формула алкана               |
|-----------------|----------------------|------------------------------|
| Метан           | 1                    | $\text{CH}_4$                |
| Этан            | 2                    | $\text{C}_2\text{H}_6$       |
| Пропан          | 3                    | $\text{C}_3\text{H}_8$       |
| Бутан           | 4                    | $\text{C}_4\text{H}_{10}$    |
| Пентан          | 5                    | $\text{C}_5\text{H}_{12}$    |
| Гексан          | 6                    | $\text{C}_6\text{H}_{14}$    |
| Гептан          | 7                    | $\text{C}_7\text{H}_{16}$    |
| Октан           | 8                    | $\text{C}_8\text{H}_{18}$    |
| Нонан           | 9                    | $\text{C}_9\text{H}_{20}$    |
| декан           | 10                   | $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ |

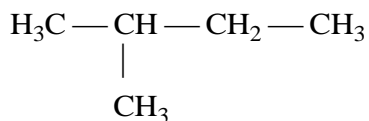
Состав любого члена гомологического ряда выражается общей для данного ряда эмпирической формулой. Например, состав ациклических предельных углеводородов представлен формулой  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ , непредельных с одной двойной связью (=)  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ , с одной тройной или с двумя двойными связями  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$  и т.д.

В настоящее время для наименования органических соединений применяют три типа номенклатуры: тривиальная, рациональная и систематическая – номенклатура IUPAC (ИЮПАК) – International Union of Pure and Applied Chemistry (Международного союза теоретической и прикладной химии).

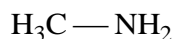
Тривиальная (историческая) – первая номенклатура, возникшая в начале развития органической химии, когда не существовало классификации и теории строения органических соединений. Органическим соединениям давали случайные названия по источнику получения

(щавелевая кислота, яблочная кислота, ванилин), цвету или запаху (ароматические соединения), реже – по химическим свойствам (парафины). Многие такие названия часто применяются до сих пор. Например: мочеви́на, толуо́л, ксило́л, индиго́, уксу́сная кислота, масля́ная кислота, валериана́вая кислота, глико́ль, алани́н и многие другие.

Рациональная – по этой номенклатуре за основу наименования органического соединения обычно принимают название наиболее простого (чаще всего первого) члена данного гомологического ряда. Все остальные соединения рассматриваются как производные этого соединения, образованные замещением в нем атомов водорода углеводородными или иными радикалами. Например:



диметилэтилметан



метиламин

Такая номенклатура применяется только в тех случаях, когда она дает особенно наглядное представление о соединении.

Систематическая – номенклатура IUPAC – международная единая химическая номенклатура. Систематическая номенклатура основывается на современной теории строения и классификации органических соединений.

Названия первых четырех предельных углеводородов тривиальные (исторические названия) – метан, этан, пропан, бутан. Начиная с пятого названия образованы греческими числительными, соответствующими количеству атомов углерода в молекуле, с добавлением суффикса *-ан*, за исключением числа «девять», когда корнем служит латинское числительное «нона».

Одновалентные радикалы, образованные из насыщенных неразветвленных предельных углеводородов



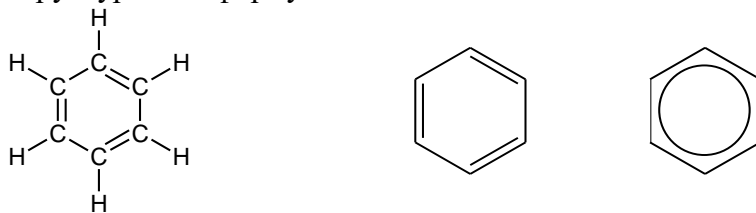


Таблица 5. Классы органических соединений и названия характеристических групп

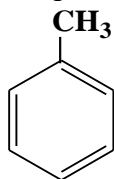
| Класс органического соединения | Общая формула                                   | Префикс (приставка)             | Суффикс            |
|--------------------------------|---|---------------------------------|--------------------|
| Галогенпроизводные             | $R-NaI$   | Фтор-,<br>хлор-,<br>бром-, иод- |                    |
| Нитросоединения                | $R-NO_2$  | Нитро-                          |                    |
| Спирты                         | $R-OH$  | Окси-                           | ол                 |
| Альдегиды                      | $R-CH=O$  | Оксо-                           | аль                |
| Кетоны                         | $\begin{array}{c} R-C-R \\    \\ O \end{array}$ | Оксо-                           | он                 |
| Карбоновые кислоты             | $\begin{array}{c} R-C=O \\   \\ OH \end{array}$ |                                 | карбоновая кислота |
| Амины                          | $R-NH_2$  | Амино-                          |                    |

### Номенклатура ароматических углеводородов.

Общая формула гомологического ряда ароматических углеводородов  $C_nH_{2n-2}$ . Простейший ароматический углеводород  $C_6H_6$  имеет тривиальное название бензол. Для изображения молекулы бензола пользуются следующими структурными формулами:



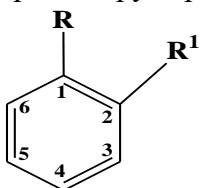
Ближайшим гомологом бензола является метилбензол. Чаще употребляют его тривиальное название – толуол:



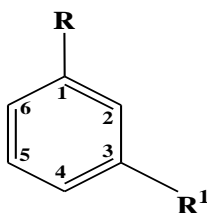
метилбензол, толуол

Начиная с аренов с восемью атомами углерода появляется возможность изомерии, связанной с составом и взаимным расположением углеводородных радикалов. Если с бензольным кольцом связаны два заместителя, то они могут находиться в трех различных положениях относительно друг друга:

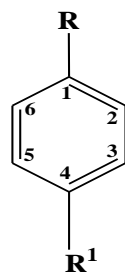
- рядом (такое положение обозначают приставкой *орто*-);
- через один атом углерода (*мета*-);
- напротив друг друга (*пара*-).



орто – (о)  
или 1, 2 –

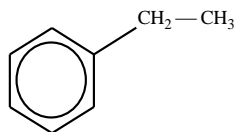


мета – (м)  
или 1, 3 –

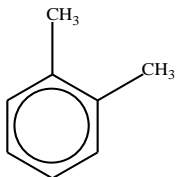


пара – (п)  
или 1, 4 –

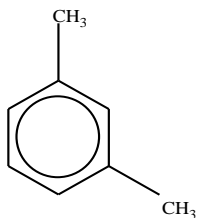
Диметилбензол, структурные формулы изомеров которого приведены ниже, имеет тривиальное название ксилол. Таким образом, молекулярной формуле  $C_8H_{10}$  отвечают четыре ароматических углеводорода:



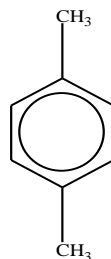
ЭТИЛБЕНЗОЛ



1,2- диметил-  
бензол;  
*орто*-  
диметилбензол;  
*орто*-ксилол

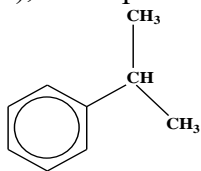


1,3- диметил-  
бензол;  
*мета*-  
диметилбензол;  
*мета*-ксилол



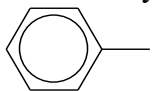
1,4- диметил-  
бензол;  
*пара*-  
диметилбензол;  
*пара*-ксилол

Многие гомологи бензола имеют не только систематические (когда их рассматривают как производные бензола), но и тривиальные названия, например:

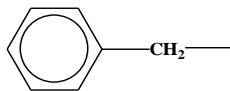


изопропилбензол, кумол

Следует запомнить названия радикалов, образованных ароматическими углеводородами:

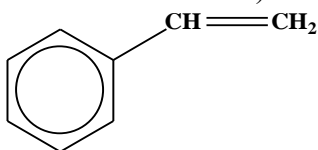


фенил

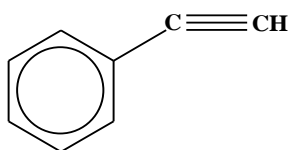


бензил

Существуют и производные бензола с ненасыщенными боковыми цепями (разумеется, они не являются его гомологами):



винилбензол,  
стирол



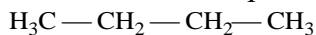
этинилбензол  
фенилацетилен

**Изомеры** – вещества, имеющие одинаковую молекулярную формулу, но различное химическое строение, поэтому обладающие разными свойствами.

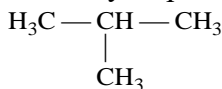
1. Структурные изомеры – изомеры с разным порядком соединения атомов.

Можно выделить три группы структурных изомеров:

1.1. Изомерия углеродного скелета: вещества, отличающиеся порядком соединения атомов углерода:

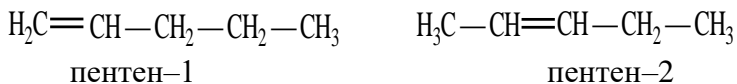


бутан

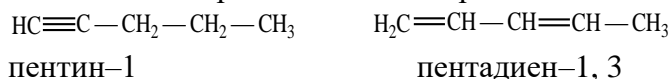


метилпропан

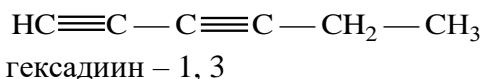
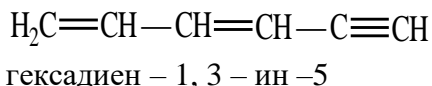
1.2. Изомерия положения кратной связи или функциональной группы: углеродный скелет остается прежним, но отдельные группы занимают различное положение:



1.3. Межклассовая изомерия: вещества с одинаковой молекулярной формулой, но различным строением молекулы, относящиеся к разным классам органических соединений:

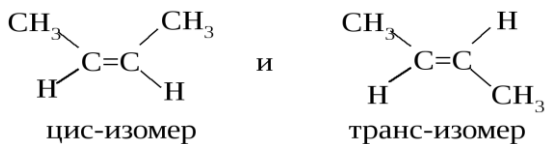


Межклассовая изомерия характерна для ароматических изомеров. Так, бензолу  $\text{C}_6\text{H}_6$ , изомерны непредельные нециклические углеводороды, содержащие две тройных или две двойные и одну тройную связи в молекуле, например:



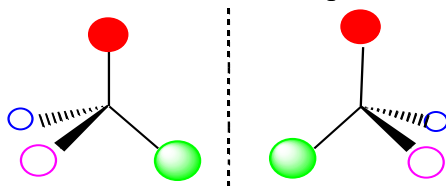
2. Пространственные изомеры – вещества с одинаковым порядком соединения атомов в молекуле, но различным взаимным расположением их в пространстве.

2.1. Геометрическая или *цис-транс*-изомерия: вещества отличаются различным положением одинаковых групп относительно плоскости, проходящей через кратную связь. Цис-изомеры: одинаковые группы расположены по одну сторону от двойной связи; транс-изомеры – группы расположены по разные стороны от двойной связи. Цис-транс-изомеры обладают различными химическими и физическими свойствами.

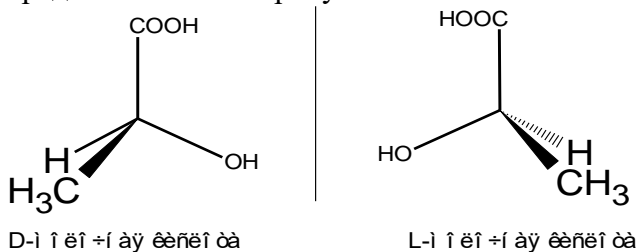


2.2. Оптические изомеры – это пространственные изомеры, имеющие одинаковый количественный и качественный состав, одинаковое строение, одинаковые физические и химические свойства, но отличающиеся способностью вращать плоскополяризованный свет в противоположных направлениях.

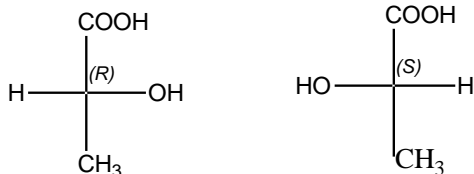
Оптические изомеры – молекулы, в которых имеется хотя бы один асимметрический центр – атом углерода, связанный с четырьмя различными заместителями. Асимметричность (хиральность – от слова «хиро» – рука) – свойство объекта быть несовместимым со своим изображением в пространстве, зеркальное отображение. Соединения, которые содержат асимметрический углеродный атом, называются антиподами, энантиомерами.



Рассмотрим строение молочной кислоты. В этой молекуле присутствует асимметрический атом углерода. Следовательно, эта молекула может существовать в виде двух изомеров, представленных на рисунке.



На плоскости зеркальные изомеры удобно изображать в виде проекционных формул Фишера.



D -молочная кислота

L - молочная кислота

Многие биологически важные вещества (оксикислоты, углеводы, аминокислоты) содержат в молекуле несколько асимметрических атомов. Количество стереоизомеров подсчитывают по формуле  $N=2^n$ , где n-количество асимметрических атомов углерода. Каждая пара энантиомеров образует рацемат.

### *✍ Задачи для выполнения контрольной работы*

1. Написать структурные формулы следующих соединений:  
 а) 5-метил-3,4-диэтилоктан; б) 2,2-диметилбутаналь.  
 Изобразить графическое строение электронной оболочки атома углерода в нормальном и возбужденном состояниях и гибридизацию электронного облака атома углерода в алканах.
2. Написать структурные формулы следующих соединений:  
 а) 2,4,6-триметил-3,5-диэтилгептан; б) 2,3-диметилбутантриол-1,2,3; в) п-этилфенол.
3. Написать структурные формулы следующих соединений:  
 а) 2,3-диметилпентен-2; б) 1,4-дихлорбутандиол-1,4; в) о-, п-динитротолуол; г) 2-аминопропановая кислота.
4. Написать структурные формулы следующих соединений:  
 а) 2,5-диметил-гексин-3; б) 2,4-диметилгептановая кислота; в) 4-метил-пентен-3он-2; г) о-,п-хлортолуол.
5. Написать структурные формулы следующих соединений:  
 а) 2,2,4-триметилпентан (изооктан); б) 1,3,3-трихлорбутановая кислота. Строение электронной оболочки

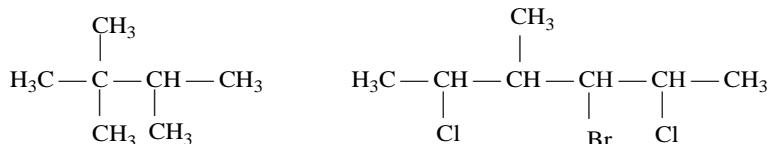
атома углерода. Тип гибридизации электронного облака атома углерода в алкинах.

6. Написать структурные формулы следующих соединений:  
а) 3,4-диметил-4-этилгептан; б) 3-метил-4-хлор-пентин-1; в) изопропилциклопентан; г) 2-изопропил-5-метилфенол

8. Написать структурные формулы следующих соединений:  
а) 2-метилпентанол-3; б) 2-нитробутан; в) 2,4-дибром-3-метилпентандиовая кислота; г) м-нитроксилол.

9. Теория химического строения органических соединений А.М. Бутлерова. Виды изомерии на примере бутена-2.

10. Дать название каждому из этих веществ в соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК:

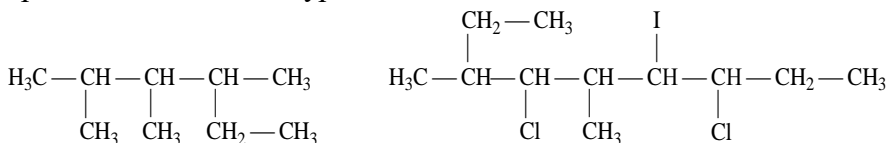


Изобразить изомеры гексана.

11. Написать структурные формулы следующих соединений:  
а) 2,4-диметил-5-нитрогексан; б) 2,4-дибром-3-метилпентановая кислота. Строение электронной оболочки атома углерода. Тип гибридизации электронного облака атома углерода в алкенах.

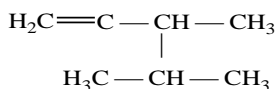
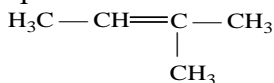
12. Теория химического строения органических соединений А.М. Бутлерова. Изобразить все возможные изомеры пентена-1.

13. Дать название каждому из этих веществ в соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК:



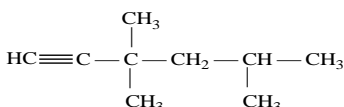
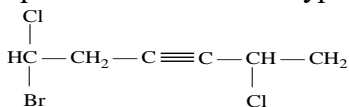
Изобразить структурные формулы изомеров бутанала.

14. Дать название каждому из этих веществ в соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК:



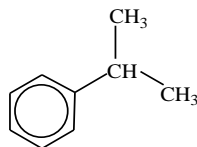
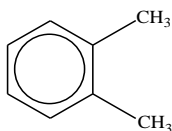
Изобразить структурные формулы изомеров пентанала.

15. Дать название каждому из этих веществ в соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК:



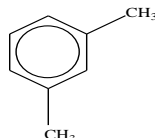
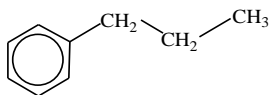
Изобразить структурные формулы изомеров бутанола-1.

16. Дать название каждому из этих веществ в соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК:



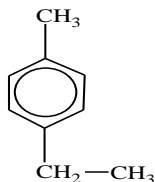
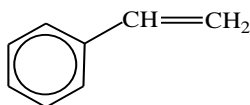
Изобразить структурные формулы изомеров пропанола.

17. Дать название каждому из этих веществ в соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК:



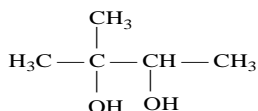
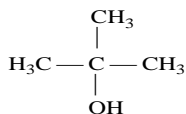
Изобразить структурные формулы изомеров бутина-1.

18. Дать название каждому из этих веществ в соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК:



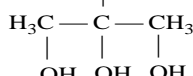
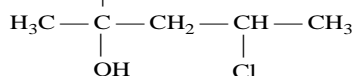
Изобразить структурные формулы изомеров пентана.

19. Дать название каждому из этих веществ в соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК:



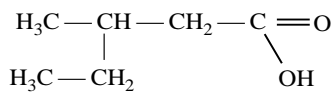
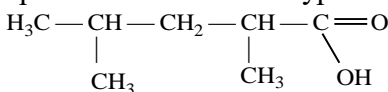
Изобразить структурные формулы изомеров пентина-1.

20. Дать название каждому из этих веществ в соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК:



Изобразить структурные формулы любых пяти ароматических веществ состава  $\text{C}_9\text{H}_{12}$ .

21. Дать название каждому из этих веществ в соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК:



Изобразить формулы изомерных спиртов, отвечающих формуле  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ .

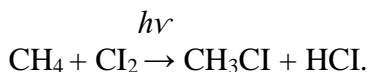
## Раздел 2. Основные классы органических соединений

### Тема 1. Углеводороды

*Углеводороды* – простейшие органические соединения, в состав молекул которых входят только атомы углерода и водорода.

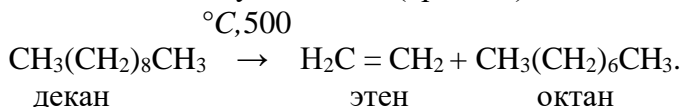
Углеводороды, в молекулах которых атомы углерода связаны между собой простой  $\sigma$ -связью, а все остальные валентности насыщены атомами водорода, называются **предельными**, или **насыщенными (алканами)**.

Алканы в обычных условиях малоактивные соединения, так как  $\sigma$ -связь достаточно прочная. Однако при повышении температуры, облучении, действии активных реагентов они вступают в реакции замещения:



метан                      хлорметан

При высоких температурах происходит расщепление углеродной цепи молекулы алкана (крекинг):

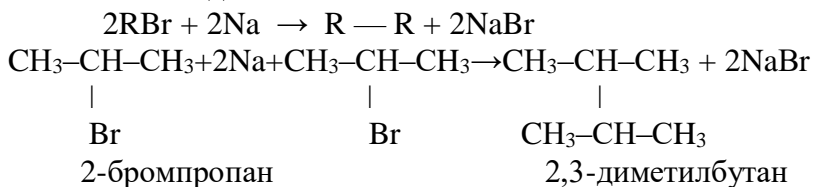


При низких температурах алканы устойчивы к действию таких сильных окислителей, как  $\text{KMnO}_4$  или  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$  (хромовая смесь). В настоящее время из алканов путем каталитического окисления получают кислородсодержащие соединения (спирты, альдегиды, кислоты), которые используются для получения мыла, СМС и др.

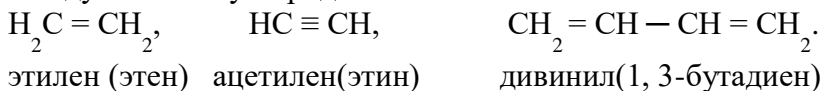
При высоких температурах углеводороды легко воспламеняются и сгорают с образованием  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , выделяя большое количество тепла. На этом основано применение углеводородов в качестве топлива.

*Методы синтеза алканов:*

1. Гидрирование алкенов, алкинов.
2. Реакция Вюрца – действие металлического натрия на алкилгалогениды:



**Ненасыщенные углеводороды** (алкены, алкины, алкадиены) имеют в молекулах двойные и тройные связи между атомами углерода:



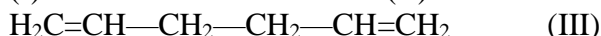
Двойная и тройная связи представляют собой сочетание  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей. На разрыв  $\pi$ -связи требуется



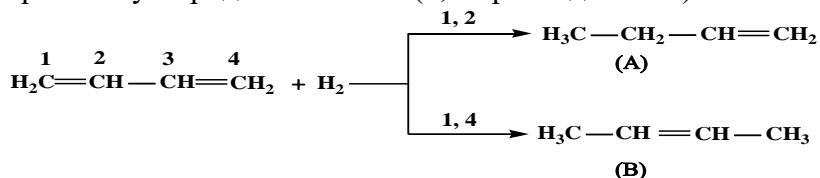
5. Две двойные связи в алкадиенах могут находиться в различных положениях относительно друг друга. Если они расположены рядом, то такие связи называются *кумулярованными* (I), если же разделены одной простой связью (II) — *сопряженными*, или конъюгированными. Двойные связи, разделенные двумя или несколькими простыми, называются *изолированными*, или несопряженными (III):



(I) (II)



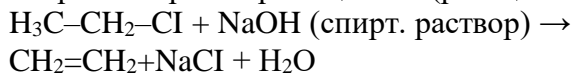
Присоединение водорода (гидрирование), галогенов (галогенирование), галогенводородов (гидрогалогенирование) может протекать не только по месту одной или двух отдельных двойных связей (1,2-присоединение), но и к крайним углеродным атомам (1,4-присоединение):



А) бутен -1; В) бутен -2

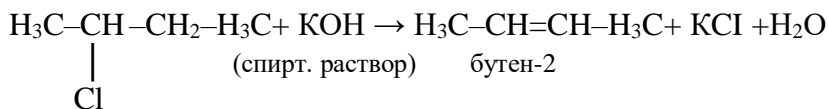
*Способы получения непредельных углеводородов:*

1. Дегидрирование алканов, алкенов;
2. Взаимодействие галогенпроизводных углеводородов со спиртовым раствором щелочи (реакция элиминирования):

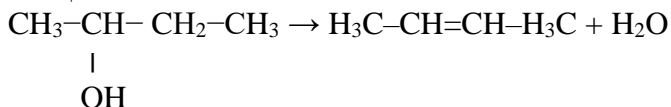


этилен

Реакция элиминирования подчиняется **правилу Зайцева**: отщепление атома водорода происходит преимущественно от наименее гидрогенизированного атома углерода:



3. Дегидратация спиртов, реакция подчиняется правилу Зайцева:



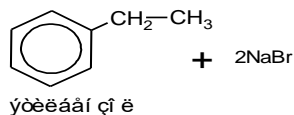
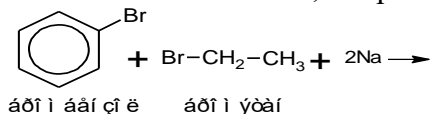
Ненасыщенные углеводороды используются в синтезах, для получения полимеров, спиртов, ацетона и др.

*Ароматическими* называются углеводороды, в молекулах которых содержится особая циклическая группировка из шести атомов углерода, называемая бензольным кольцом. Простейшим представителем ароматических углеводородов является бензол – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>. Необычное строение молекулы бензола обуславливает его *своеобразные (ароматические) свойства*.

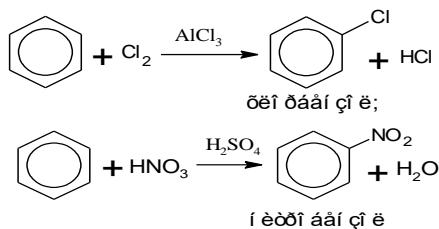
Следует обратить внимание на то, что в молекуле бензола нет простых и двойных связей, все связи С–С равноценны по длине и по энергии образования.

*Химические свойства ароматических углеводородов:*

1. Реакция Вюрца–Фиттига. При взаимодействии ароматических галогенпроизводных с галогеналканами образуются гомологи бензола, например:

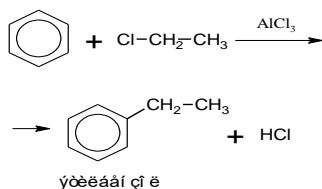


2. Наиболее характерными реакциями для бензола и его гомологов являются реакции электрофильного замещения: галогенирования, сульфирования, нитрования:

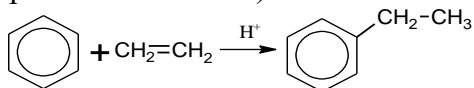


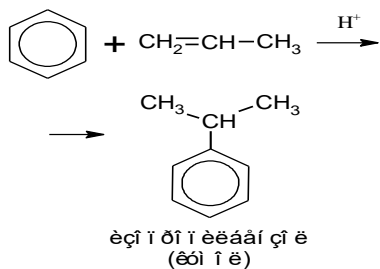
3. Алкилирование – это введение в молекулу алкильного радикала (-CH<sub>3</sub>, -C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, -C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> и др.), в результате чего образуются гомологи бензола.

Алкилирование бензола можно осуществить двумя путями. Во-первых, действием на бензол галогензамещенными алканами в присутствии катализаторов – галогенидов алюминия (алкилирование по Фриделю-Крафтсу):

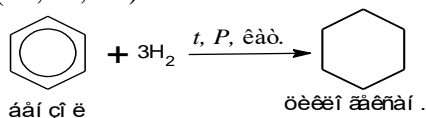


Во-вторых, взаимодействием бензола с этиленовыми углеводородами в присутствии кислотных катализаторов (алкилирование алкенами):

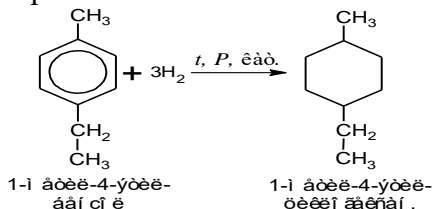




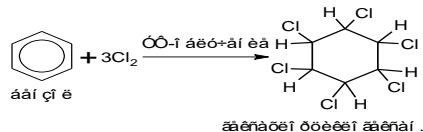
4. Гидрирование бензола протекает при нагревании и высоком давлении в присутствии металлических катализаторов (Ni, Pt, Pd):



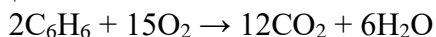
Аналогично протекает гидрирование и гомологов бензола, например:



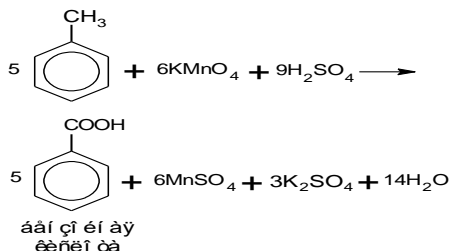
5. Присоединение хлора происходит при действии солнечного света или ультрафиолетового излучения на раствор хлора в бензоле. Одновременно присоединяются сразу три молекулы хлора и образуется твердый продукт – гексахлорциклогексан:



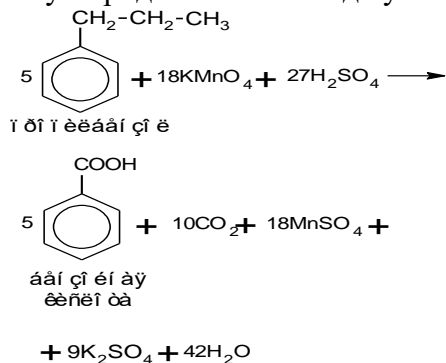
6. Бензол устойчив к окислению: он, в отличие от непредельных углеводородов, не обесцвечивает раствор перманганата калия. При поджигании бензол горит ярким коптящим пламенем:



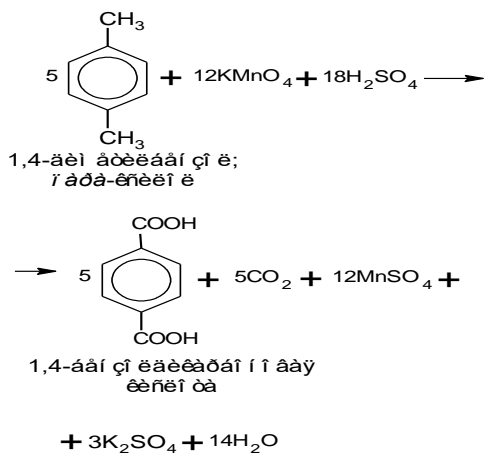
При действии перманганата калия на гомологи бензола окислению подвергаются боковые углеводородные цепи. При проведении реакции в кислой среде продуктом окисления толуола является бензойная кислота:



Более сложные боковые цепи под действием окислителей «сгорают»: ближайший к бензольному кольцу атом углерода остается в составе карбоксильной группы, а остальные атомы углерода окисляются до углекислого газа:



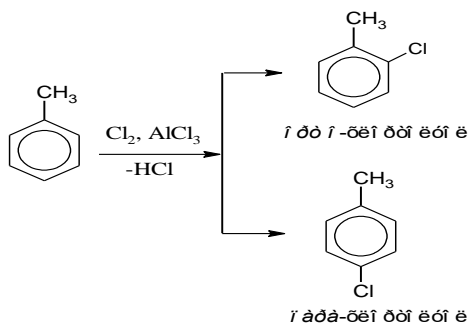
Гомологи бензола, содержащие две боковые цепи, дают при окислении двухосновные кислоты или их соли:



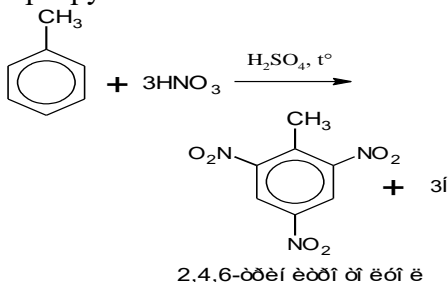
7. Гомологи бензола вступают в реакции замещения с теми же реагентами, что и бензол. Присутствующие уже в бензольном кольце заместители направляют вновь входящий заместитель в определенное положение. По своему ориентирующему действию заместители разделяют:

1. Заместители первого рода ( $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{C}_2\text{H}_5$ ,  $-\text{C}_3\text{H}_7$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ) – оказывают *орто*- и *пара*-ориентирующее действие на электрофильные реагенты.

Например, при **хлорировании** толуола образуется смесь *орто*- и *пара*- хлортолуолов:



Нитрование толуола нитрующей смесью при нагревании может привести к замещению трех атомов водорода на нитрогруппы:



2. Заместители второго рода ( $-\text{NO}_2$ ,  $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{CN}$  и др.) – оказывают *мета-ориентирующее действие*.

### *Задачи для выполнения контрольной работы*

22. Написать реакции для схемы следующих превращений:



23. Написать схемы нитрования следующих соединений: а) изопропилбензола; б) хлорбензола; в) бензолсульфо кислоты.

Назвать полученные соединения

24. Написать реакции внутримолекулярной дегидратации бутанола-2 и взаимодействие продукта реакции с водой и соляной кислотой. Назвать продукты реакции.

25. Написать реакции гидрирования и гидратации углеводов: 3-метилпентина-1, 2,4-диметилгексена-2. Назвать полученные соединения.

26. Написать реакции гидрирования и гидратации углеводов: 2-метилпентена-1, 3-метилбутина-1. Назвать продукты реакции.

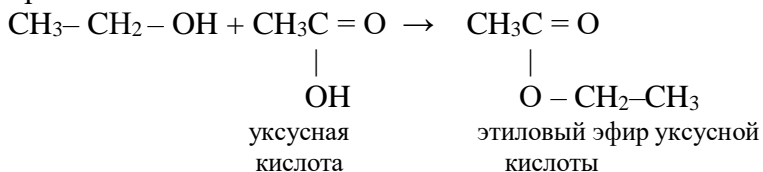
27. Написать реакции получения 2-метилпропана из других соединений по реакции Вюрца и взаимодействия его с азотной кислотой. Назвать все образующиеся соединения.

28. Написать реакции гидратации следующих углеводов:  
а) этина; б) бутена-1; в) 2-метилпентена-2. Назвать полученные соединения
29. Написать реакцию гидратации 2-метилпентадиена-1,3, используя различные механизмы реакции. Назвать полученные соединения.
30. Какой из углеводов будет легче хлорироваться: бутан или изобутан? Почему? Написать уравнения реакции, назовите полученные соединения.
31. Строение молекулы бензола. Написать реакции сульфирования: а) нитробензола; б) толуола; в) бензойной кислоты.
32. Какие углеводороды получатся при действии металлического натрия на смесь: 1-иодпропана и 2-иодпропана. Назвать полученные соединения
33. Строение молекулы бензола. Правило Хюккеля. Написать реакции взаимодействия нитробензола с: а) бромом, б) азотной кислотой. Назвать полученные соединения.
34. Какие углеводороды получатся при действии металлического натрия на смесь хлорэтана и 2-хлорпропана? Назвать продукты реакции.
35. Получить пентин-2. Написать с ним реакции гидрирования, гидратации. Назвать полученные соединения.
36. Классификация органических соединений. Написать реакции гидратации следующих углеводов: а) 3-метилпентина-1; б) 2-метилпентадиена-1,4; в) бутена-1. Назвать полученные соединения.
37. Написать уравнение реакций присоединения к изопрену брома, бромистого водорода, используя различные механизмы реакции. Назвать полученные соединения.
38. Какие углеводороды образуются при действии металлического натрия на смесь хлорбензола и хлористого изопропила? Назвать полученные соединения.
39. Написать реакции взаимодействия гексина-1 с: а) Na; б)  $H_2$ ; в)  $H_2O$ . Назвать полученные соединения.

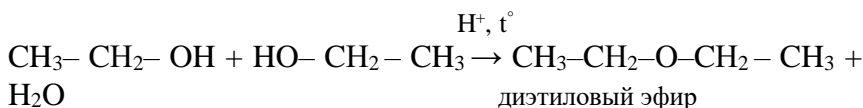
40. Получить углеводород 2-метилбутен-1. Написать уравнения реакций взаимодействия этого углеводорода с: а) хлороводородом; б) водой; в) бромом; г) водородом. Назвать продукты реакций.
41. Написать реакции взаимодействия бугена-1 с  $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $HCN$ . Назвать полученные соединения.
42. Как можно получить 2-хлорпропан? Написать уравнения реакций взаимодействия его с: а) металлическим натрием (реакция Вюрца); б) спиртовым раствором  $KOH$ . Назвать продукты реакций.
43. Написать реакции получения 2-метилпентана из других соединений по реакции Вюрца и взаимодействия его с двумя молекулами хлора.
44. Составить уравнения реакций дивинила с: а)  $Cl_2$ ; б)  $HBr$ ; в) полимеризации. Назвать полученные соединения
45. Получить углеводород 3-метилбутин-1. Написать уравнения реакций взаимодействия этого углеводорода с: а) хлороводородом; б) водой; в) бромом; г) водородом.
46. Классификация органических соединений.  
Написать уравнения следующих реакций:
- а) взаимодействия толуола с хлором в присутствии хлорида алюминия.
- б) взаимодействия толуола с хлором на свету в отсутствие катализатора
47. Написать реакции полимеризации 2-метилбутадиена-1,3, стирола. Какое практическое значение имеют эти полимеры?
48. Строение электронной оболочки атома углерода. Тип гибридизации электронного облака атома углерода в алкенах. Приведите пример реакции, характерной для алкенов.
49. Стирол, строение. Написать для него реакции с: а) хлором; б) гидрирования; в) полимеризации.
50. Природный и синтетический каучук. Состав, строение.



б) образуют сложные эфиры с неорганическими и органическими кислотами:

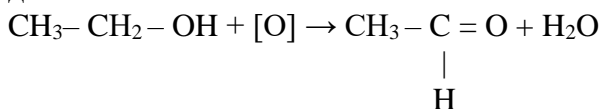


в) вступают в реакции межмолекулярной и внутримолекулярной дегидратации:

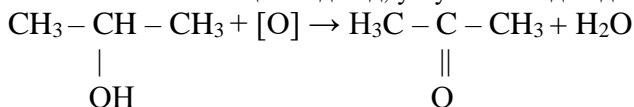


г) спирты окисляются только сильными окислителями (KMnO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и др.).

*Первичные спирты* окисляются до альдегидов, *вторичные* – до кетонов:



ацетальдегид, уксусный альдегид



пропанол-2

пропанон (ацетон)

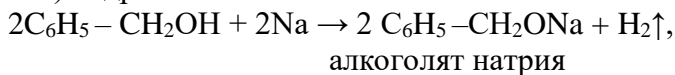
*Третичные спирты* окисляются значительно труднее первичных и вторичных. В более жестких условиях третичные спирты могут быть окислены, при этом происходит разрыв углерод-углеродной связи и распад молекулы. Продукты окисления: кетоны, кислоты.

*Ароматические спирты* – это производные ароматических углеводородов, у которых гидроксил связан с бензольным кольцом через группу атомов углерода.

C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>–CH<sub>2</sub>OH – бензиловый спирт,

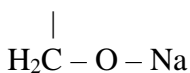
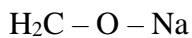
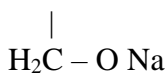
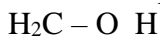
$C_6H_5 - CH_2CH_2OH$  –  $\beta$ -фенилэтиловый спирт.

Для ароматических спиртов характерны реакции спиртового ( $-OH$ ) гидроксила:



а также реакции замещения в бензольном кольце (группа  $-CH_2OH$  является заместителем первого рода).

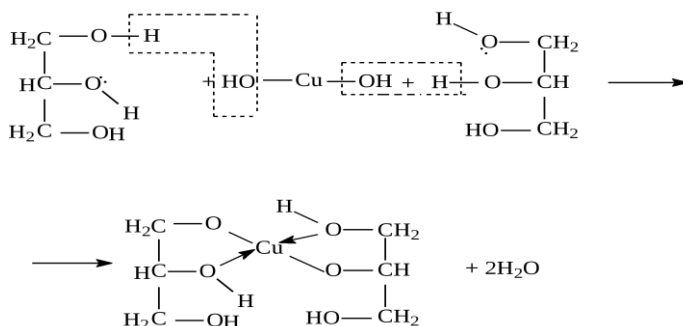
**Многоатомные спирты** – производные углеводов, имеющие несколько гидроксильных групп  $-OH$  (например этиленгликоль, глицерин). Они проявляют все свойства одноатомных спиртов, с тем лишь различием, что в реакции могут участвовать один, два и более гидроксильных групп ( $-OH$ ). Поэтому многоатомные спирты могут давать неполные и полные производные (алкоголяты, простые и сложные эфиры и др.).



неполный алкоголят натрия      полный алкоголят натрия

В многоатомных спиртах водород гидроксильных групп замещается легче на другие группы атомов, чем в одноатомных спиртах (кислотные свойства проявляются сильнее). Особенно легко идет замещение атомов водорода в гидроксильных группах на ионы тяжелых металлов. В результате образуются внутрикислотные соединения.

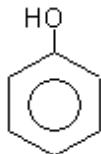
Реакция взаимодействия многоатомных спиртов с гидроксидом меди  $Cu(OH)_2$  используется при качественном определении многоатомных спиртов:



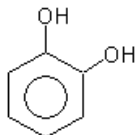
Спирты используются для синтеза различных классов органических соединений: простых и сложных эфиров, альдегидов, кетонов, карбоновых кислот и др.

**Фенолы** – производные ароматических углеводородов, содержащие в бензольном кольце одну или несколько гидроксильных групп. Они могут быть одноатомными и многоатомными.

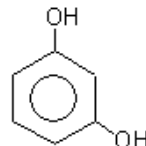
Некоторые представители:



фенол  
(карболовая кислота)

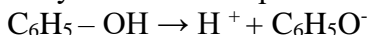


пирокатехин

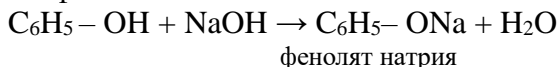


резорцин

В отличие от спиртов, фенолы проявляют более выраженные кислотные свойства. Под действием бензольного кольца происходит смещение электронной плотности от кислорода гидроксильной группы к бензольному кольцу и ослабление связи O–H. Поэтому в растворах фенолы диссоциируют по типу слабых электролитов:



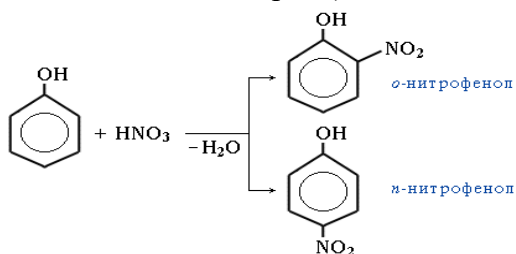
Фенолы способны растворяться в щелочах с образованием фенолятов.



Фенолы, как и спирты, за счет группы  $-\text{OH}$  образуют простые и сложные эфиры, легко окисляются, образуя сложную смесь продуктов окисления.

Качественной реакцией на фенольный гидроксил является реакция с  $\text{FeCl}_3$ , при этом образуются окрашенные соединения.

Фенолы легко вступают в реакции электрофильного замещения: бромирования, сульфирования, нитрования ( $-\text{OH}$ -группа является заместителем I рода):



Фенолы используют в медицине, для получения фенолоформальдегидных смол, красителей и др.

### *✍ Задачи для выполнения контрольной работы*

51. Спирты. Классификация. Как осуществить следующие превращения:

пропен  $\rightarrow$  2-хлорпропан  $\rightarrow$  2-пропанол? Написать все промежуточные схемы реакций.

52. Спирты. Изомерия. Написать уравнения реакций взаимодействия 2-йодпропана: а) с водным раствором  $\text{KOH}$ ; б) этилатом натрия; в) щелочным раствором  $\text{KOH}$ . Назвать полученные соединения.

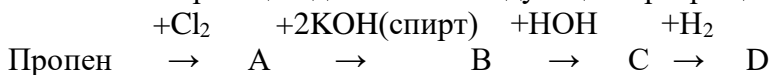
53. Написать реакции внутримолекулярной и межмолекулярной дегидратации спиртов: а) пропанол-2; б) пентанол-2; в) 2-метилбутанол-2.

54. Написать уравнения реакции окисления и взаимодействия с водным и спиртовым раствором щелочи: а) пропанол-1; б) 3-метилбутанол-2. Назвать образующиеся соединения.

55. Написать реакции взаимодействия: а) этанола с натрием; б) этандиола-1,2 с  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ; в) фенола с  $\text{CH}_3\text{OH}$ ; г) толуола с  $\text{Br}_2$ . Назвать полученные соединения.
56. Гидратацией каких алкенов можно получить следующие спирты: а) 3-метилбутанол-2; б) 2-метилпентанол-3. Какое соединение образуется при действии на фенолят натрия иодметаном? Написать уравнение реакции.
57. Написать уравнения реакций взаимодействия изобутилового спирта с: а) пропионовой кислотой; б) хлоридом фосфора(V); в) бромэтаном. Назвать продукты реакций.
58. Классификация спиртов. Написать реакции получения спиртов из этиленовых углеводов: а) 2-метилбутена-1; б) 2-метилпентена-2. Назвать полученные спирты.
59. Написать структурные формулы всех изомеров двухатомного фенола. Дать названия изомерам. Написать реакции взаимодействия: а) гидроксibenзола с бромом; б) нитробензола с серной кислотой. Дать названия образующимся соединениям.
60. Написать уравнения реакций взаимодействия фенола с: а) едким натром (водный раствор); б) бромной водой; в) азотной кислотой. Дать названия образующимся соединениям.
61. Как можно осуществить указанные превращения:  $\text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5 - \text{O} - \text{CH}_3$ ? Написать соответствующие уравнения реакций. Назвать образующиеся соединения.
62. С помощью каких химических реакций можно отличить: а) этанол от этиленгликоля; б) бензиловый спирт от фенола? Напишите соответствующие уравнения реакций. Назовите продукты реакций.
63. Написать структурные формулы всех изомеров трехатомного фенола, дать название изомерам. Написать реакции внутримолекулярной и межмолекулярной дегидратации бутанола-2. Назвать полученные соединения.

64. Написать реакции взаимодействия: а) пропанола-1 с этанолом; б) глицерина с  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .

65. Написать реакции для схемы следующих превращений:



66. Написать реакции взаимодействия орто-гидроксифенола с: а) 2  $\text{NaOH}$ ; б) 2  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

67. Какие соединения можно получить окислением спирта: а) гексадиола-2,5; б) пропанола-1. Назвать полученные соединения. Написать реакции внутримолекулярной и межмолекулярной дегидратации 2-метилпентанола-2

68. Написать реакции взаимодействия фенола с: а)  $\text{Ca}$  (метал.); б)  $\text{Br}_2$ ; в) этанолом; г) азотной кислотой. Назвать полученные соединения.

69. Написать реакции взаимодействия пропанола-2 с: а) уксусной кислотой; б) натрием; в) бутанолом-1. Назвать полученные соединения

70. Какие из соединений:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-OH}$  или  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  – проявляют свойства спиртов? Дать пояснение и подтвердить уравнениями реакций. Как эти соединения влияют на организм человека?

71. Написать уравнения реакции 3-метилбутанола-1 с: а) уксусной кислотой; б)  $\text{PCl}_5$ ; в) бромистым водородом. Назвать полученные соединения.

72. Описать промышленные способы получения этанола. Написать уравнения реакций взаимодействия этого соединения с: а) пропионовой кислотой; б) хлоридом фосфора (V); Назвать продукты реакций

### Тема 3. Альдегиды и кетоны

Альдегиды, кетоны или оксосоединения – это органические вещества, содержащие карбонильную группу (C = O).

В молекуле альдегида карбонил связан с углеводородным радикалом и водородом, а в молекуле кетона – с двумя углеводородными радикалами.

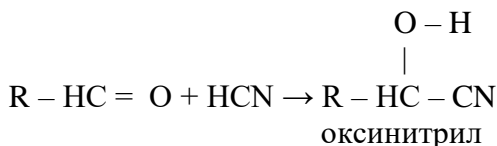
Общая формула альдегидов: R – CH = O, кетонов: R – C – R

O

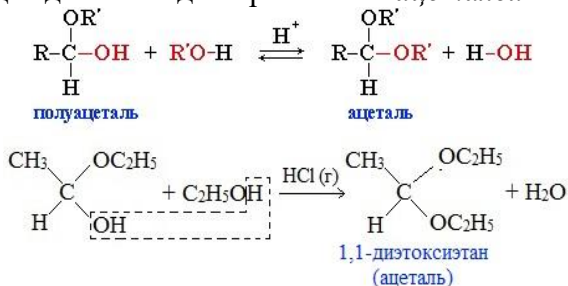
Наличие одинаковой функциональной группы C=O у альдегидов и кетонов обуславливает сходство в свойствах этих соединений. Так как связь C<sup>δ+</sup> = O<sup>δ-</sup> поляризована, карбонильная группа обладает большой активностью.

Наиболее характерными для альдегидов и кетонов являются реакции нуклеофильного присоединения по двойной связи (с H<sub>2</sub>, HCN, H<sub>2</sub>O, R–OH и др.):

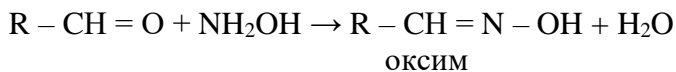
а) с синильной кислотой с образованием оксинитрилов



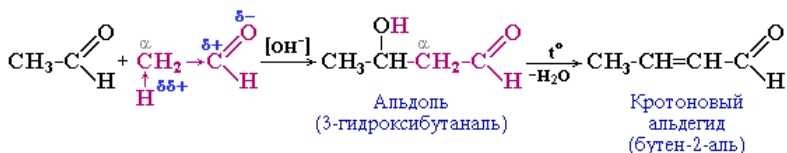
б) со спиртами с образованием *полуацеталей*. При избытке спирта и в присутствии кислотного катализатора реакция идет дальше – до образования *ацеталей*



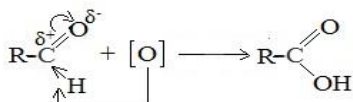
Возможны реакции замещения кислорода карбонила (с  $\text{NH}_2\text{OH}$ ,  $\text{NH}_2\text{-NH}_2$ ):



Для альдегидов и кетонов характерна реакция конденсации. Реакция конденсации, тип химической реакции, который заключается в образовании сложной молекулы из двух меньших с выделением простого вещества (обычно это аммиак или вода). В молекуле альдегида или кетона на  $\alpha$ -атоме углерода (соседнем с карбонильной группой) под влиянием (-)I-эффекта карбонила понижена электронная плотность. Это вызывает поляризацию связи C-H и способствует отщеплению атома водорода в форме протона ( $\text{H}^+$ ). В частности, происходящий под действием оснований отрыв протона от  $\alpha$ -углеродного атома, приводит к образованию соответствующего карбаниона. Например, уксусный альдегид на холоду при действии разбавленных растворов щелочей превращается в альдоль; при проведении реакции в более жестких условиях (при нагревании) альдоль дегидратируется с образованием кротонового альдегида:

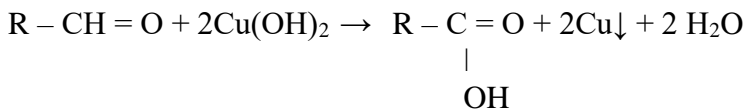


Следует обратить внимание на различие в окисляемости альдегидов и кетонов. Альдегиды окисляются легче, чем кетоны:



Реакция «серебряного зеркала» - окисление аммиачным раствором оксида серебра (реактив Толленса) - качественная реакция на альдегидную группу.

Окисление гидроксидом меди (II) – реакция «медного зеркала», также является качественной реакцией на альдегидную группу:



альдегид

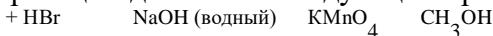
карбоновая кислота

*Способы получения карбонильных соединений:*

1. Окисление спиртов;
2. Гидратация алкинов;
3. Гидролиз дигалогенпроизводных. Атомы галогена должны находиться у одного атома углерода.

### *✍ Задачи для выполнения контрольной работы*

73. Написать реакции для схемы следующих превращений:



Пропанол-1  $\rightarrow$  А  $\rightarrow$  В  $\rightarrow$  С  $\rightarrow$  D

Назвать полученные соединения.

74. Написать схему альдольной конденсации трех молекул пропанового альдегида. Назвать полученное соединение.

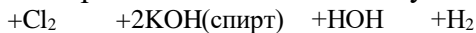
75. Получить пентанон-2, бутаналь и написать реакции их окисления. Назвать полученные соединения.

76. Вещество  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  взаимодействует с синильной кислотой, гидразином, но не дает реакции серебряного зеркала. Каково его строение? Написать соответствующие реакции.

77. Написать реакции бутанона-2 с: а) синильной кислотой; б) гидроксиламином; в) этанолом. Назвать полученные соединения.

78. Написать реакции взаимодействия пропанала с: а)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ; б)  $\text{Cl}_2$ ; в)  $\text{HCN}$ . Назвать полученные соединения.

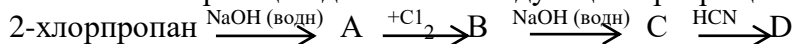
79. Написать реакции для схемы следующих превращений:



Пропен  $\rightarrow$  А  $\rightarrow$  В  $\rightarrow$  С  $\rightarrow$  D

80. Вещество  $C_4H_8O$  взаимодействует с синильной кислотой, гидроксиламином, дает реакцию серебряного зеркала, превращаясь в изомаляную кислоту. Определить его строение и написать уравнения всех перечисленных реакций.

81. Написать реакции для схемы следующих превращений:



82. Написать реакцию получения пентанала и взаимодействия его с: а)  $\text{HCN}$ ; б)  $\text{NH}_2\text{OH}$ ; в)  $\text{H}_2$ . Назвать полученные соединения.

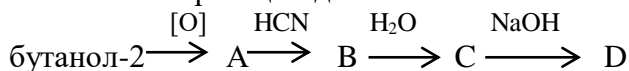
83. Получить 2-метилгексаналь окислением соответствующего спирта. Написать для него уравнение реакции с хлором, пятихлористым фосфором, гидроксиламином, синильной кислотой.

84. Написать реакции взаимодействия бутанона-2 с: а) синильной кислотой; б)  $\text{Cl}_2$ ; в)  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

85. При окислении какого спирта можно получить: а) масляный альдегид; б) ацетон; в) пропионовый альдегид? С помощью каких реакций можно отличить альдегид от кетона? Написать соответствующие уравнения реакций.

86. Вещество  $C_4H_8O$  взаимодействует с синильной кислотой, гидразином, но не дает реакции серебряного зеркала. Каково его строение? Написать соответствующие реакции, назовите продукты.

87. Написать реакции для схемы:



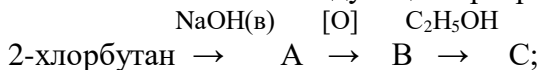
88. Написать реакции получения 2-метилбутанала и взаимодействия его с: а)  $\text{HCN}$ ; б)  $\text{NH}_2\text{OH}$ ; в)  $\text{H}_2$ . Назвать полученные соединения.

89. Написать реакции пентанона-2 с: а)  $\text{HCN}$ ; б) гидразином; в) пропанолом-2; г) водородом. Назвать полученные соединения.

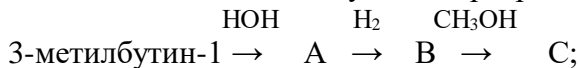
90. Написать реакции взаимодействия бутанона-2 с: а)  $\text{HCN}$ ; б)  $\text{NH}_2\text{OH}$ ; в)  $\text{PCl}_5$ ; г)  $\text{Cl}_2$ .

91. Получить из толуола бензальдегид и написать для него реакции с: а) HCN; б) PCl<sub>5</sub>; в) CH<sub>3</sub>OH; г) NH<sub>2</sub>OH.

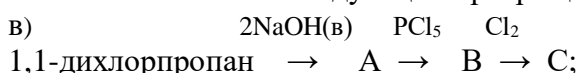
92. Написать схемы следующих превращений:



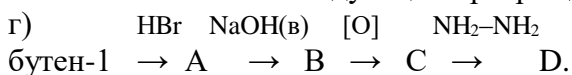
93. Написать схемы следующих превращений:



94. Написать схемы следующих превращений:



95. Написать схемы следующих превращений:



#### Тема 4. Карбоновые кислоты и их производные

*Карбоновые кислоты* – это производные углеводов, содержащие одну или несколько карбоксильных групп –COOH.

Число карбоксильных групп определяет основность кислот (одноосновные, двухосновные и т. д.).

По характеру углеводородного радикала они делятся на предельные, непредельные, ароматические. Предельные одноосновные кислоты имеют общую формулу C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>COOH. Основные представители:

H–COOH – муравьиная кислота, H<sub>3</sub>C–COOH – уксусная, CH<sub>3</sub>–CH<sub>2</sub>–COOH – пропионовая, CH<sub>3</sub>–CH<sub>2</sub>–CH<sub>2</sub>–COOH – масляная, CH<sub>3</sub>–CH<sub>2</sub>–CH<sub>2</sub>–CH<sub>2</sub>–COOH – валериановая, C<sub>15</sub>H<sub>31</sub>COOH – пальмитиновая, C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>COOH – стеариновая и др.

*Способы получения карбоновых кислот:*

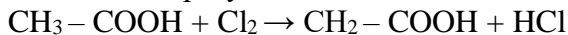
1. Окисление спиртов, альдегидов, кетонов.
2. Гидролиз нитрилов:







3. Реакции углеводородного радикала кислот: при действии галогенов образуются  $\alpha$ -галогензамещённые кислоты:



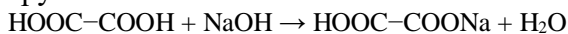
хлоруксусная кислота

*Непредельные одноосновные кислоты* отличаются от предельных тем, что в углеводородном радикале имеют одну или несколько кратных связей. Представители:  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$  – акриловая кислота,  $\text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{COOH}$  – олеиновая кислота,  $\text{C}_{17}\text{H}_{31} - \text{COOH}$  – линолевая,  $\text{C}_{17}\text{H}_{29} - \text{COOH}$  – линоленовая и др.

*Химические свойства непредельных кислот* обуславливаются свойствами карбоксильной группы и свойствами углеводородного радикала. Они вступают во все реакции присоединения, свойственные непредельным углеводородам: галогенирования, гидрирования, гидрогалогенирования, гидратации, а также в реакции полимеризации. Непредельные кислоты и их эфиры используются для получения полимеров (полиакрилата, полиметилметакрилата и др.).

*Двухосновные кислоты* содержат в своем составе две карбоксильные группы. Представители:  $\text{HOOC} - \text{COOH}$  – щавелевая,  $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  – малоновая кислота и др.

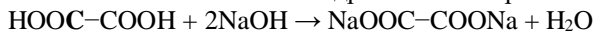
Им соответствуют все свойства карбоновых кислот, реакции протекают последовательно по обоим карбоксильным группам.



щавелевая кислота

кислая соль

гидрооксалат натрия



средняя соль

оксалат натрия

*Ароматические кислоты* – производные ароматических углеводородов, у которых карбоксильная группа  $-\text{COOH}$  либо непосредственно связана с бензольным

ядром, либо через группу атомов. Ароматические кислоты могут быть одноосновными и многоосновными (фталевые кислоты):

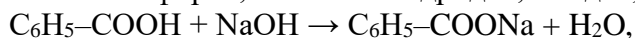


$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  – фенилуксусная кислота.

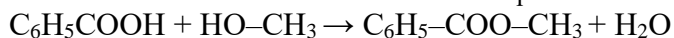
Ароматические кислоты более сильные по сравнению с алифатическими (влияние бензольного кольца).

Для ароматических кислот характерны реакции:

а) с участием карбоксильной группы (образование солей, сложных эфиров, галогенангидридов, амидов, ангидридов):



бензоат натрия



метилбензоат

б) замещения в бензольном кольце (нитрования, сульфирования, галогенирования). При этом образуются *мета*-замещенные производные, так как карбоксильная группа является заместителем второго рода.

Бензойная кислота используется в медицине, в производстве пищевых продуктов (как консервант), в синтезе красителей.

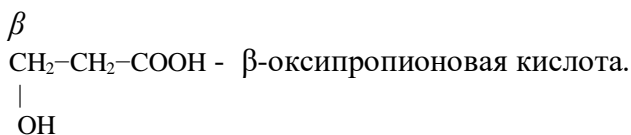
**Оксикислоты** – это карбоновые кислоты, у которых в углеводородном радикале имеется одна или несколько гидроксильных групп –ОН:

$\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  – оксиуксусная кислота (гликолевая),

$\text{HOOC} - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH}$  – диоксибутандиовая (винная)



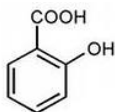
По положению группы –ОН следует различать  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\varepsilon$ -оксикислоты и другие:



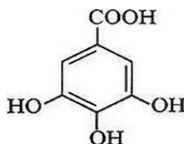
В химических реакциях оксикислоты ведут себя либо как кислоты, либо как спирты.

Оксикислоты содержатся в ягодах, овощах, фруктах.

**Фенолокислоты** – это ароматические карбоновые кислоты, содержащие в бензольном ядре одну или несколько гидроксильных групп.



салициловая кислота



галловая кислота

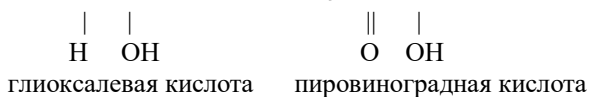
Эти соединения являются одновременно и кислотами, и фенолами.

Характеризуя химические свойства фенолокислот, следует различать три группы реакций:

- 1) реакции на карбоксильную группу –COOH;
- 2) реакции на фенольный гидроксил –OH;
- 3) реакции на бензольное кольцо.

Фенолокислоты используются в медицине (аспирин, салол и др.), для консервирования пищевых продуктов, для получения красителей.

**Оксокислоты** (альдегидо- и кетокислоты, оксокарбоновые кислоты) – соединения, содержащие карбоксильную и карбонильную (альдегидную или кетонную) группы:  $\text{O}=\text{C}-\text{C}=\text{O}$        $\text{CH}_3-\text{C}-\text{C}=\text{O}$

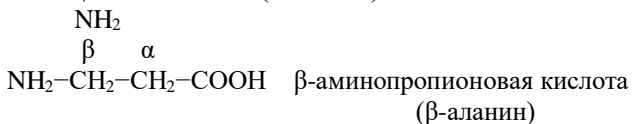
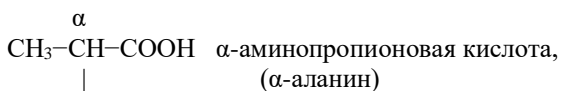


Оксокислоты обладают химическими свойствами как карбонильных соединений (альдегидов и кетонов), так и карбоновых кислот.

**Аминокислоты** – карбоновые кислоты, в углеводородном радикале которых одна или несколько аминогрупп.

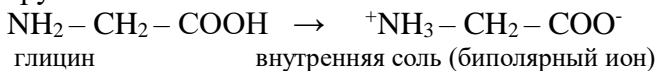
По числу карбоксильных групп аминокислоты могут быть одноосновные, двухосновные; по числу аминогрупп – моноаминокислоты, диаминокислоты.

По положению аминогруппы ( $-\text{NH}_2$ ) различают:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -аминокислоты и др. Например:



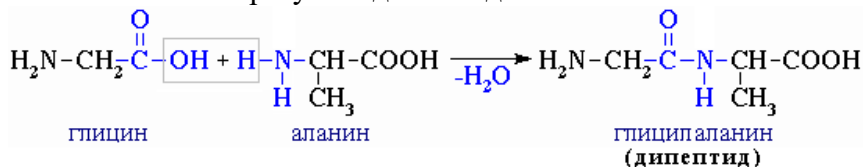
По биологическому значению следует различать заменимые и незаменимые аминокислоты (валин, лейцин, изолейцин, треонин, метионин, лизин, фенилаланин и триптофан). Незаменимые аминокислоты не синтезируются в организме человека. Природные аминокислоты являются 2 - аминокарбоновыми кислотами (или  $\alpha$ -аминокислотами). У  $\alpha$ -аминокислот при атоме С-2 ( $\text{C}\alpha$ ) имеются четыре различных заместителя: карбоксильная группа, аминогруппа, водородный атом и боковая цепь R. Таким образом, все  $\alpha$ -аминокислоты, кроме глицина, имеют асимметрический (хиральный)  $\alpha$ -углеродный атом и существуют в виде двух энантиомеров.

Аминокислоты, являясь бифункциональными производными, существуют в виде внутренних солей, так как происходит внутримолекулярная нейтрализация кислотной группы  $-\text{COOH}$  и основной  $-\text{NH}_2$ :





Межмолекулярное взаимодействие  $\alpha$ -аминокислот приводит к образованию пептидов. При взаимодействии двух  $\alpha$ -аминокислот образуется дипептид:



Межмолекулярное взаимодействие трех  $\alpha$ -аминокислот приводит к образованию трипептида и т.д. По такому принципу построены молекулы белковых веществ.

Качественные реакции на аминокислоты:

1. Все аминокислоты окисляются нингидрином с образованием продуктов сине-фиолетового цвета.

2. С ионами тяжелых металлов  $\alpha$ -аминокислоты образуют внутрикомплексные соли. Комплексы меди (II), имеющие глубокую синюю окраску, используются для обнаружения  $\alpha$ -аминокислот.

### *Задачи для выполнения контрольной работы*

96. Написать структурные формулы глицеридов: а) триолеина; б) тристеарина. Чем отличаются эти глицериды по физическим и химическим свойствам? Написать соответствующие уравнения реакций.

97. Как получают растительные масла? Чем объяснить жидкую консистенцию растительных масел? Написать реакцию получения пропановой кислоты и реакции ее взаимодействия с: а) NaOH; б) CH<sub>3</sub>OH; в) Ba(OH)<sub>2</sub>

98. Написать уравнения реакций, которые лежат в основе промышленных способов получения высших жирных кислот как сырья для получения мыла. Написать уравнения реакций взаимодействия: а) пальмитиновой кислоты с карбонатом натрия; б) олеиновой кислоты с бромом (Br<sub>2</sub>).

99. Что собой представляют воски как химические соединения? Привести формулы отдельных представителей.

Написать уравнение реакции гидролиза для одного из них. Где применяется воск?

100. Написать реакцию щелочного гидролиза жира – дипальмитостеарина. Какое агрегатное состояние имеет молекула жира. Назвать полученные соединения. К какому классу относится данное соединение?

101. Привести промышленные способы получения уксусной кислоты. Написать схемы реакций взаимодействия уксусной кислоты с: а) карбонатом кальция; б) вторичным пропиловым спиртом; в) аммиаком. Назвать образующиеся соединения.

102. Написать реакции бензойной кислоты с: а) Na; б)  $\text{CH}_3\text{OH}$ ; в)  $\text{PCl}_5$ ; г) бромом. Назвать полученные соединения.

103. Что представляют собой жиры как химические соединения? От чего зависит консистенция жиров? Какой химический процесс лежит в основе превращения жидких жиров в твердые? Привести пример такой реакции.

104. Как можно получить бензойную кислоту из углеводорода? Написать схемы реакций взаимодействия этой кислоты с: а) гидроксидом натрия; б) этанолом; в) серной кислотой (сульфирование). Где в природе встречается бензойная кислота? Назвать области ее использования.

105. Получить масляную кислоту из соответствующего спирта. Написать схемы реакций взаимодействия этой кислоты с: а) гидроксидом калия; б) карбонатом натрия; в) метанолом; г)  $\text{Cl}_2$ . Назвать продукты реакции. В каких продуктах содержится масляная кислота?

106. Получить твердое, жидкое и нерастворимое мыло из триолеина. Какие вещества получаются при гидролизе жиров: а) в присутствии кислот; б) в щелочной среде? Какие реакции называются омылением жиров?

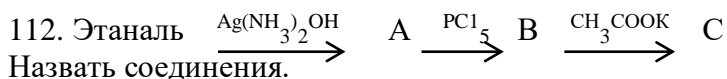
107. Написать формулы пяти кислот, которые обычно входят в состав жиров и масел. От чего зависит консистенция жиров? Привести каталитическое гидрирование стеаринодиолеата глицерина. Сравнить свойства исходного и полученного триглицерида.

108. Написать уравнения реакции: омыления триолеина, гидрогенизации триолеина. Назвать полученные соединения.

109. Написать реакции получения всех возможных эфиров из янтарной кислоты и пропанола-1. Назвать полученные соединения. Где в природе встречается янтарная кислота?

110. Написать уравнение реакции образования тристеарина из соответствующей кислоты и спирта, полученного в результате щелочного гидролиза 1,2,3-трихлорпропана. Какова биологическая роль глицеридов?

111. Написать реакции для схемы следующих превращений:



113. Написать реакции оксиэтановой кислоты со следующими веществами: а)  $\text{PCl}_5$  (избыток); б)  $\text{HBr}$ ; в) натрий (избыток). Назвать полученные соединения. Пептидная связь. Написать уравнение реакции образования дипептида из серина и цистеина.

114. Получить молочную кислоту и написать реакции со следующими соединениями: а)  $\text{HBr}$ ; б) уксусная кислота; в) натрий. Написать уравнение реакции образования трипептида из глицина, аланина и фенилаланина. Назвать полученное соединение.

115. Изобразить оптические изомеры 2,3-диаминобутановой кислоты. Написать образование дипептида глициллейцина.

116. Мочевина. Способы получения, свойства и применение.

117. Амфотерные свойства аминокислот. Написать уравнения реакций взаимодействия аланина с: а) гидроксидом натрия; б) соляной кислотой; в) изолейцином.

118. Получить пировиноградную кислоту и написать реакции ее с: а)  $\text{HCN}$ ; б)  $\text{PCl}_5$  (избыток); в)  $\text{Mg}$ ; г)  $\text{NH}_2\text{OH}$ . Написать реакцию образования трипептида лизилтреонилвалин

119. Написать реакции молочной кислоты с: а)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; б)  $\text{HCN}$ ; в)  $\text{PCl}_5$ . Назвать полученные соединения. Написать

уравнение реакции образования трипептида из серина, изолейцина и аланина.

120. Написать реакцию диссоциации аланина, реакции его взаимодействия с гидроксидом натрия, соляной кислотой, изолейцином.

121. Химические свойства оксикислот, обусловленные спиртовой группой. Написать уравнения реакции с молочной кислотой

122. Аминокислоты. Основные химические свойства на примере аланина.

123. Написать реакции взаимодействия  $\beta$ -оксивалериановой кислоты с: а) NaOH; б) HBr; в)  $C_2H_5OH$ ; г)  $HNO_2$ ; . Назвать продукты реакции.

124. Молочная кислота, ее строение, изомерия. Написать реакции взаимодействия молочной кислоты с калием, пятихлористым фосфором, уксусной кислотой, этиловым спиртом.

125. Получить салициловую кислоту. Написать уравнения реакций, подтверждающие ее кислотные свойства (реакции на карбоксильную группу) и свойства фенолов (реакции на –OH группу). Где используется эта кислота?

126. Химические свойства оксикислот, обусловленные карбоксильной группой. Написать уравнения реакции с молочной кислотой.

127. Написать реакции получения всех возможных эфиров яблочной кислоты с изопропиловым спиртом. Назвать полученные соединения. Написать реакцию образования фенилаланилсерилглицина.

128. Написать уравнения реакций, подтверждающие кислотные свойства (реакции на карбоксильную группу) салициловой кислоты и свойства фенолов (реакции на –OH группу). Где используется эта кислота?

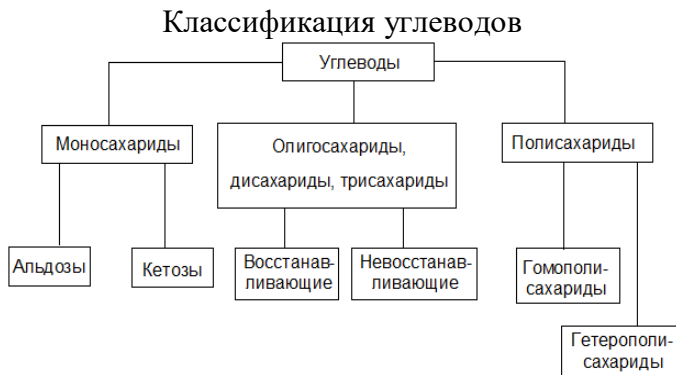
129. Написать реакцию взаимодействия этанала с синильной кислотой с последующим гидролизом полученного соединения.. Написать уравнения реакции образования

простого и сложного эфиров из  $\alpha$ -оксипропионовой кислоты и пропанола-2.

## Тема 5. Углеводы

Одну из наиболее важных функций в живых организмах выполняют углеводы. Они являются источником энергии и участвуют в метаболизме.

Углеводы или сахара – органические соединения, содержащие карбонильную группу ( $-\text{C}=\text{O}$ ) и несколько гидроксильных групп ( $-\text{OH}$ ). В углеводах водород и кислород находятся, как правило, в соотношении 2:1 (как и в молекуле воды).



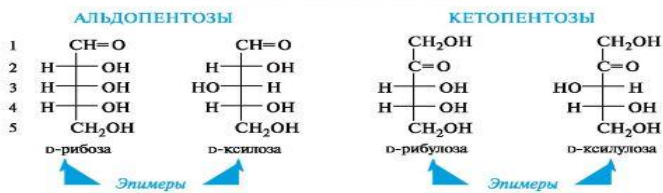
В зависимости от количества атомов углерода в одной молекуле выделяют:

- триозы;
- тетрозы;
- пентозы (рибоза, дезоксирибоза);
- гексозы (глюкоза, фруктоза, галактоза);
- гептозы.

Молекула может включать до девяти атомов углерода. Наиболее значимыми являются пентозы ( $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ ) и гексозы ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ). Пентозы являются компонентами нуклеиновых кислот. Гексозы входят в состав полисахаридов.

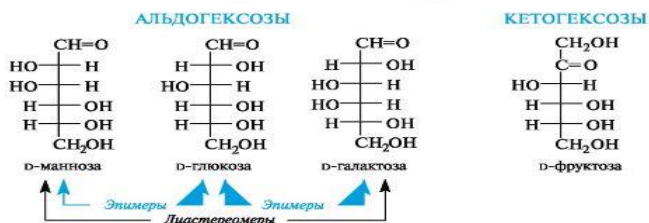
Углеводам характерна оптическая изомерия. *Энантиомеры* — стереоизомеры, молекулы которых относятся между собой как предмет и несовместимое с ним зеркальное изображение. Энантиомеры обладают одинаковыми химическими и физическими свойствами (температуры плавления и кипения, плотность, растворимость и т. д.), но проявляют различную *оптическую активность*, т. е. способность отклонять плоскость поляризованного света. При прохождении такого света через раствор одного из энантиомеров происходит отклонение плоскости поляризации влево, другого - вправо на один тот же по величине угол  $\alpha$ . Энантиомеры имеют одинаковые значения угла вращения  $\alpha$ , но противоположные направления: один — левовращающий, другой — правовращающий. Левое вращение обозначается знаком «минус» (-), правое - знаком «плюс» (+).

#### НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ ПЕНТОЗЫ



Наиболее распространены в природе альдогексозы — D-глюкоза, D-галактоза и D-манноза, а из кетогексоз — D-фруктоза.

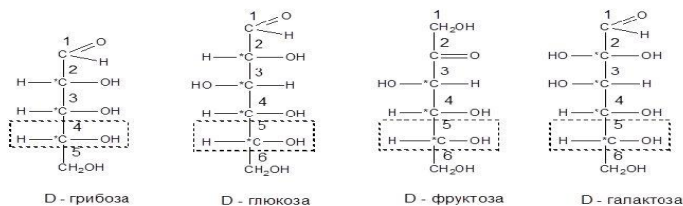
#### НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ ГЕКСОЗЫ



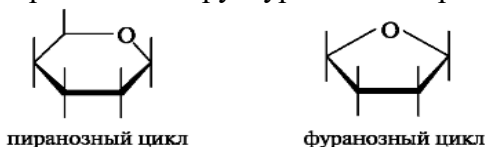
*Диастереомерами* называют стереоизомеры, не относящиеся друг к другу, как предмет и несовместимое с ним зеркальное отражение, т.е. не являющиеся энантиомерами.

Диастереомеры, различающиеся конфигурацией только одного асимметрического атома углерода, называются *эпимерами*. Эпимеры - частный случай диастереомеров.

Для обозначения стереохимии используется D,L-система. Отнесение моносахарида к D- или L-ряду проводят по конфигурации хирального центра, наиболее удаленного от оксогруппы, *независимо от конфигурации остальных центров*. Для пентоз таким «определяющим» центром является атом C-4, а для гексоз - C-5. Положение группы OH у последнего центра хиральности справа свидетельствует о принадлежности моносахарида к D-ряду, слева - к L-ряду



Открытые формы пентозы и гексозы способны замыкаться в 5- или 6-членные кольца, переходя в циклическую форму: **пиранозы** — образуют шестичленное кольцо, **фуранозы** — содержат пятичленное кольцо, происходит образование структурных изомеров (таутомеров).

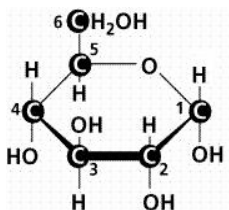
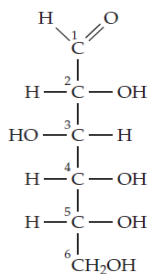


**Таутомерия** - изомерия, при которой происходит быстрое обратимое самопроизвольное взаимопревращение структурных изомеров.

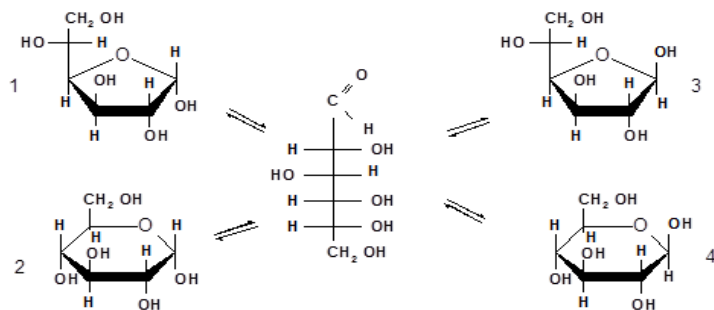
Циклические формы моносахаридов изображают с помощью *формулы Хеурса*: молекулу представляют в виде плоского цикла, перпендикулярного плоскости рисунка. Они образуются при взаимодействии альдегидной группы с

гидроксильной группой в положении 5 или 4 моносахарида соответственно с образованием новой ОН-группы (гликозидная, полуацетальная). Заместители, находившиеся в открытой форме молекулы моносахарида (формуле Фишера) слева, располагают над плоскостью цикла, справа – под плоскостью. У D-ряда моносахаридов группа  $-\text{CH}_2\text{OH}$  всегда располагается над плоскостью цикла, что служит формальным признаком D-ряда.

С образованием нового центра хиральности появляются два стереоизомера для каждой из циклической форм:  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномеры. Гликозидная гидроксильная группа у  $\alpha$ -аномеров оказывается под плоскостью цикла, у  $\beta$ -аномеров – над плоскостью.



Линейная (открытая) и циклическая формы глюкозы



1 –  $\alpha$ -D-глюкофураноза; 2 –  $\alpha$ -D-глюкопираноза;  
3 –  $\beta$ -D-глюкофураноза; 4 –  $\beta$ -D-глюкопираноза

Рис. 2. Схема таутомерных превращений D-глюкозы

Моносахариды хорошо растворимы в воде, образуют кристаллы и имеют сладкий вкус.

Большое биологическое значение имеют пентозы рибоза и дезоксирибоза, которые входят в состав РНК и ДНК соответственно.

*Химические свойства* моносахаридов определяются наличием карбонильной группы (в незамкнутой форме), полуацетального гидроксила (в циклических формах) и спиртовых ОН групп.

### *✍ Задачи для выполнения контрольной работы*

130. На примере молекулы D-глюкозы пояснить, какой атом углерода называется асимметрическим, какие изомеры называют энантиомерами, эпимерами, диастереомерами. Что называется рацематом?

131. Какие два типа дисахаридов существуют? Написать схему окисления глюкозы.

132. Целлюлоза, ее строение, биологическая роль. Эфиры на основе целлюлозы.

133. Гликоген, его строение и свойства. Написать и назвать все таутомерные формы D-дезоксирибоз.

134. Написать уравнение гидролиза мальтозы. Из каких моносахаридов состоит мальтоза? Написать все таутомерные формы D-маннозы, назвать их.

135. Где в природе встречается сахароза? Объяснить строение и свойства сахарозы (приведите ее структурную формулу). Почему сахароза не проявляет восстанавливающих свойств? Где используется сахароза?

136. Изобразить все таутомерные формы D-ксилозы, назвать их. Написать реакцию окисления и восстановления D-ксилозы.

137. Восстанавливающий тип дисахаридов. Написать формулу лактозы и для нее реакцию серебряного зеркала.

138. Определение и классификация дисахаридов. Написать уравнение реакции образования мальтозы из моносахаридов.
139. Написать уравнения реакций окисления и восстановления D-рибозы. Назвать полученные продукты. Изобразить и назвать все возможные таутомерные формы D-галактозы.
140. Изобразить и назвать все возможные таутомерные формы D-альтрозы. Написать реакцию взаимодействия альтрозы в фуранозной форме с пропанол-1.
141. Изобразить и назвать все возможные таутомерные формы D-арабинозы. Написать реакцию взаимодействия арабинозы в фуранозной форме с метиловым спиртом
142. В каких формах существует D-глюкоза в водном растворе. Изобразить в виде структурных формул
143. Составить все таутомерные формулы ликсозы. Написать реакцию взаимодействия аллозы в фуранозной форме с этиловым спиртом.
144. Дать краткую характеристику углеводам. Где они встречаются в природе, где используются? Изобразить и назвать все возможные таутомерные формы D-рибозы.

### **Раздел 3. Учение о растворах**

#### **Тема 1. Коллигативные свойства растворов**

Коллигативные свойства – это свойства растворов, зависящие от числа частиц растворенного вещества. К коллигативным свойствам растворов относят:

- 1) понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором;
- 2) понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения растворов по сравнению с температурами замерзания и кипения чистых растворителей;
- 3) осмотическое давление.

1. I закон Рауля - понижение давления пара растворителя над раствором,  $\Delta P$ . Понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором пропорционально молярной доле растворенного вещества.

Математическое выражение:  $P_0 - P = P_0 \cdot \chi$ ,

где  $P_0$  – давление насыщенного пара растворителя над чистым растворителем,

$P$  – давление насыщенного пара растворителя над раствором,  
 $\chi$  – молярная доля растворенного вещества.

$$\chi = n_2 / n_1 + n_2,$$

где  $n_1$  – количество растворителя;

$n_2$  – количество растворенного вещества, моль.

$$n = m/M$$

Если обозначить  $(P_0 - P)$  через  $\Delta P$ , получим:

$P_0 - P / P_0 = \Delta P / P_0$ . - это отношение называют относительным понижением давления насыщенного пара растворителя над раствором:  $\Delta P / P_0 = \chi$ .

2. II закон Рауля. Растворы *замерзают* при более низкой температуре, чем чистый растворитель, что является следствием понижения давления пара растворителя над раствором. Понижение температуры кристаллизации раствора:  $\Delta T_{\text{зам.}} = T_0 - T = K_{\text{кр.}} \cdot C_m(B)$ ,

где  $\Delta T_{\text{зам.}}$  – понижение температуры замерзания раствора;

$K_{\text{кр.}}$  – криоскопический коэффициент,  $K^* \text{ кг/моль}$ ;

$C_m(B)$  – моляльная концентрация вещества B, моль/кг.

Если в массе растворителя  $m_A$  находится  $m_B$  граммов вещества B, то:  $C_{m, B} = \frac{1000 \cdot m_B}{m_A \cdot M_B}$ ,

где  $m_B$  – масса растворенного вещества B, г;

$M_B$  – молярная масса растворенного вещества B, г/моль;

$m_A$  – масса растворителя, г.

Тогда уравнение можно записать в виде:

$$\Delta T_{\text{зам.}} = \frac{K_{\text{кр.}} \cdot m_B \cdot 1000}{m_A \cdot M_B}$$

и использовать его для экспериментального определения и расчета молярной массы неизвестного вещества по понижению температуры замерзания его раствора в известном растворителе:  $M = \frac{K \cdot m \cdot 1000}{\Delta T \cdot A}$ .

Жидкость *кипит* при той температуре, при которой давление насыщенного пара над ней достигает внешнего давления. С ростом в ней концентрации растворенного нелетучего вещества давление пара растворителя над раствором понижается, и раствор кипит при более высокой температуре, чем чистый растворитель. *Повышение температуры кипения* от  $T_0$  для чистого растворителя до  $T$  для разбавленных растворов рассчитывают с помощью уравнения:

$$\Delta T_{\text{кип.}} = T - T_0 = K_{\text{эб.}} \cdot C_m(B),$$

где  $\Delta T_{\text{кип.}}$  – повышение температуры кипения раствора;

$K_{\text{эб.}}$  – эбулиоскопический коэффициент,  $K^* \text{ кг/моль}$ ;

$C_m(B)$  – моляльная концентрация вещества  $B$ ,  $\text{моль/кг}$ .

$$\Delta T_{\text{кип.}} = \frac{K_{\text{эб.}} \cdot m_B \cdot 1000}{m_A \cdot M_B},$$

где  $m_B$  – масса растворенного вещества  $B$ ,  $г$ ;

$M_B$  – молярная масса растворенного вещества  $B$ ,  $г/моль$ ;

$m_A$  – масса растворителя,  $г$ .

3. Осмос обусловлен стремлением системы к термодинамическому равновесию и выравниванию концентраций растворов по обе стороны мембраны путем односторонней диффузии молекул растворителя. Осмотическое давление – давление, производимое молекулами растворенного вещества на полупроницаемые стенки сосуда. Вант-Гофф предложил эмпирическое уравнение для расчета осмотического давления разбавленных растворов неэлектролитов:

$$P_{\text{осм}} = C_m RT,$$

где  $P$  – осмотическое давление,  $\text{кПа}$

$C_m$  – молярная концентрация, моль/л;

$R$  – газовая постоянная [8,31 Дж/(моль·К)];

$T$  – температура, К.

$$P_{осм} = \frac{m \cdot R \cdot T}{M \cdot V}$$

Если растворенное вещество распадается в растворе на ионы, то увеличение числа частиц за счет диссоциации его молекул учитывается через введение изотонического коэффициента  $i$ :

$$\Delta T_{зам.} = i K_{кр.} C_m; \Delta T_{кип.} = i K_{эб.} C_m; P = i C_m R T$$

Изотонический коэффициент связан со степенью диссоциации:  $i = 1 + (n - 1) \alpha$ , где  $n$  – число ионов, на которые диссоциирует электролит.

### Ⓢ *Решение типовых задач*

*Пример 1.* В 1000 г воды растворено 100 г сахарозы. Молярная масса сахарозы  $M=342$  г/моль. Определите температуру кипения раствора.

$$\text{Решение: } \Delta T = \frac{K \cdot m \cdot 1000}{M \cdot A} = \frac{0,513 \cdot 100 \cdot 1000}{342 \cdot 1000} = 0,146 \text{ K}$$

Отсюда температура кипения раствора равна:

$$T = 373 + 0,146 = 373,146 \text{ K}$$

$$\text{или } t = 100^\circ + 0,146 = 100,146^\circ \text{C.}$$

Ответ:  $T=373,146$  К.

*Пример 2.* Раствор, содержащий 8 г некоторого вещества в 100 г диэтилового эфира, кипит при  $36,86^\circ \text{C}$ , тогда как чистый эфир кипит при  $35,6^\circ \text{C}$ . Определить молекулярную массу растворенного вещества.

*Решение.* Из условия задачи находим:

$$\Delta t_{кип} = 36,86^\circ \text{C} - 35,6^\circ \text{C} = 1,26^\circ \text{C.}$$

Из уравнения  $\Delta t_{кип} = K_{эб.} \cdot C_m$  определяем моляльность раствора:  $1,26 = 2,02 C_m$ ;

$$C_m = 1,26 / 2,02 = 0,624 \text{ моля на } 1000 \text{ г эфира.}$$

Из условия задачи следует, что в 1000 г растворителя

находится 80 г растворенного вещества. Поскольку эта масса соответствует 0,624 моль, то молярную массу вещества найдем из соотношения

$$80 \text{ г} - 0,624 \text{ моль}$$

$$X \text{ г} - 1 \text{ моль}$$

$$M = 80 / 0,624 = 128,2 \text{ г/моль.}$$

Ответ: молекулярная масса растворенного вещества равна 128,2 г/моль.

*Пример 3.* Раствор, содержащий 0,85 г хлорида цинка в 125 г воды, кристаллизуется при  $t = - 0,23 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определить кажущуюся степень диссоциации  $\text{ZnCl}_2$ .

*Решение.* Находим молярную концентрацию  $C_m$  соли в растворе. Молярная масса  $\text{ZnCl}_2$  равна 136 г/моль,

$$C_m = 0,85 \cdot 1000 / (136 \cdot 125) = 0,050 \text{ моль/кг.}$$

Из уравнения  $\Delta T_{\text{зам.}} = i K_{\text{кр.}} C_m$  находим изотонический коэффициент:

$$i = \Delta T_{\text{зам.}} / (K_{\text{кр.}} \cdot C_m) = 0,23 / (1,86 \cdot 0,05) = 2,47$$

Из уравнения  $i = 1 + (n - 1) \alpha$  находим степень диссоциации:  $\alpha = (i - 1) / (n - 1)$ .

Так как при диссоциации 1 моль  $\text{ZnCl}_2$  образуется 3 моль-ионов:  $\text{ZnCl}_2 \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$ , то  $n = 3$ .

$$\text{Тогда } \alpha = (2,47 - 1) / (3 - 1) = 0,735.$$

Ответ: степень диссоциации соли равна 0,735 или 73,5%.

### *✍ Задачи для выполнения контрольной работы*

146. Кажущаяся степень диссоциации сульфата цинка в 0,1 н. растворе равна 40%. Определить осмотическое давление раствора при  $0^{\circ}\text{C}$ .

147. В 800 г воды растворено 100 г сахарозы. Определить температуру кипения и замерзания раствора.

148. Вычислить величину осмотического давления следующих растворов при  $0^{\circ}\text{C}$ : а) 0,1 н. раствора гидроксида калия ( $\alpha=89\%$ ), б) 0,1 н. раствора сульфата натрия ( $\alpha=69\%$ ).
149. Рассчитать молярную массу мочевины, если водный раствор, содержащий 0,365 г мочевины в 200 мл воды при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ , имеет осмотическое давление 73967 Па.
150. Кажущаяся степень диссоциации раствора азотной кислоты, содержащего 31,5 г  $\text{HNO}_3$  в 500 г воды, равна 80%. Рассчитать температуру замерзания и кипения этого раствора.
151. Рассчитать, при какой температуре кипит раствор с 7 %-м содержанием сахарозы в воде.
152. Рассчитать величину осмотического давления раствора, содержащего в 1 л 3,1 г анилина ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ). Температура раствора  $21^{\circ}\text{C}$
153. При какой температуре будет кристаллизоваться 4%-й водный раствор этилового спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ?
154. Определить изотонический коэффициент и степень диссоциации для раствора сульфата калия, содержащего 43,5 г этой соли в 500 мл воды, если раствор замерзает при  $t = -1,83^{\circ}\text{C}$ .
155. Раствор, содержащий в 1 л 3,75 г формалина, обладает осмотическим давлением 283,64кПа при  $0^{\circ}\text{C}$ . Определите молярную массу формалина.
156. Вычислить температуру кипения и температуру замерзания водного раствора глицерина  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  с массовой долей 15%.
157. При какой температуре замерзает 40%-й раствор  $\text{HNO}_3$ , если  $\alpha=70\%$ ?
158. Вычислите осмотическое давление 5%-го раствора ацетона в воде при  $0^{\circ}\text{C}$ . Плотность раствора 0,90 г/мл.
159. Давление пара воды при температуре  $25^{\circ}\text{C}$  составляет 3167 Па. Вычислите для той же температуры давление пара раствора, в 450 г которого содержится 90 г глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

160. Раствор, содержащий 0,53 г карбоната натрия в 200 г воды, замерзает при  $t = -0,13^{\circ}\text{C}$ . Вычислить степень диссоциации  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в этом растворе.

161. В каком количестве воды следует растворить 0,5 кг глицерина  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  для получения раствора с температурой кристаллизации, равной  $-3^{\circ}\text{C}$ ?

162. Определить массу анилина  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ , растворенного в 1,5 л раствора, если осмотическое давление такого раствора при температуре  $17^{\circ}\text{C}$  равно 193 кПа.

163. Определить температуру кипения и замерзания водного раствора глицерина с концентрацией 6,45%.

164. Рассчитать осмотическое давление 0,2М раствора хлорида калия при температуре  $+7^{\circ}\text{C}$ , если известно, что степень диссоциации равна 75%.

165. Сколько граммов глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  должно находиться в 0,5 л раствора, чтобы его осмотическое давление (при той же температуре) было таким же, как раствора, в 1 л которого содержится 9,2 г глицерина?

166. Какой объем этилового спирта ( $c = 0,8$  г/мл) нужно добавить к 9 л воды, чтобы полученный раствор не замерзал до  $-10^{\circ}\text{C}$ ?

## **Тема 2. Теория слабых электролитов. Расчет pH сильных и слабых электролитов. Буферные растворы**

### *Расчет pH растворов сильных кислот и оснований*

Расчет pH в растворах сильных одноосновных кислот и оснований проводят по формулам:

$$\text{pH} = -\lg C_{\text{к}},$$

$$\text{pH} = 14 + \lg C_{\text{о}},$$

где  $C_{\text{к}}$ ,  $C_{\text{о}}$  –молярная концентрация кислоты или основания, моль/л.

### *Расчет pH растворов слабых кислот и оснований*

Слабые электролиты диссоциируют на ионы частично. Полнота диссоциации слабого электролита количественно

характеризуется степенью диссоциации  $\alpha$  – отношение числа молекул, распавшихся на ионы  $n$ , к общему числу молекул этого электролита, введенных в раствор  $N$ :

$$\alpha = n/N.$$

Зависимость между степенью диссоциации  $\alpha$ , концентрацией  $C_M$  и константой диссоциации  $K_D$  электролита выражается законом разведения Оствальда:  $K_D = C \cdot \alpha^2 / (1 - \alpha)$ , где  $C$  – концентрация слабого электролита до диссоциации (моль/л),  $\alpha$  – степень диссоциации слабого электролита в растворе.

Для очень слабого электролита  $\alpha \ll 1$ , и тогда величиной  $\alpha$  в знаменателе можно пренебречь:  $K_D = C \cdot \alpha^2$ .

Расчет pH в растворах слабых одноосновных кислот и оснований проводят по формулам:

$$pH = 1/2 (pK_K - \lg C_K),$$

$$pH = 14 - 1/2 (pK_O - \lg C_O),$$

где  $C_K, C_O$  – молярная концентрация кислоты или основания, моль/л.

### *Классификация буферных систем*

1. Буферные растворы I типа: слабая кислота и ее соль
  - $CH_3COOH - CH_3COONa$  – ацетатная буферная система
  - $HCOOH - HCOONa$  – формиатная
  - $H_2CO_3 - NaHCO_3$  – гидрокарбонатная

К данным буферам относят растворы, образованные солями многоосновных кислот:

- $NaHCO_3 - Na_2CO_3$  – карбонатная буферная система
- $NaH_2PO_4 - Na_2HPO_4$  – фосфатная

Расчет pH для буферного раствора I типа ведут по уравнению Гендерсона-Гессельбаха:  $pH = pK_K - \lg C_K / C_C$ , где  $pK_K = -\lg K_D$  (кислоты),

$C_K, C_C$  – молярные концентрации кислоты, соли, моль/л

2. Буферные растворы II типа: слабое основание и его соль:
  - $NH_4OH - NH_4Cl$  – аммиачная буферная система

Расчет pH в буферных системах II типа:

$$pH = 14 - pK_O + \lg C_O / C_C,$$

где  $pK_o = -\lg K_d$  (основания),

$C_o, C_c$  – молярные концентрации основания и соли, моль/л.

### 3. буферные растворы аминокислот и белков.

Способность буферного раствора сохранять рН при прибавлении сильных кислот или оснований на постоянном уровне не беспредельна и ограничена величиной буферной емкостью. Буферная емкость,  $B$  – количество электролита (кислоты или щелочи) в моль-экв ( $n_3$ ) добавление которых к 1 л буферного раствора изменяет рН на 1:

$$B = \frac{C_n \cdot V}{|pH_2 - pH_1| \cdot V_{\text{буф. р-ра}}}$$

где  $C_n$  – нормальная концентрация электролита, моль/л;

$V$  – объем электролита,

$|pH_2 - pH_1| = \Delta pH$  – изменение рН.

$V_{\text{буф.}}$  – объем буферного раствора

## Ⓟ Решение типовых задач

**Пример 1.** Вычислить рН, рОН,  $[H^+]$ ,  $[OH^-]$  в 0,01M HCl.

*Решение.* Соляная кислота относится к сильным кислотам, поэтому можно принять концентрацию ионов водорода равной концентрации кислоты  $[H^+] = 0,01$  моль/л. Значение рН вычисляют по  $pH = -\lg 0,01 = 2$ . Концентрацию гидроксид-ионов можно найти, зная величину ионного произведения воды:

$$[OH^-] = 10^{-14} / [H^+] = 10^{-14} / 0,01 = 10^{-12}$$

$$\text{Значение рОН} = -\lg 10^{-12} = 12.$$

Кроме того, величину рОН можно найти из известного равенства  $pH + pOH = 14$

**Пример 2.** Определить концентрацию  $H^+$ , рН в растворе уксусной кислоты  $CH_3COOH$  с  $C = 0,1$  моль/л;  $K_d = 2 \cdot 10^{-5}$ .

*Решение.* По закону разбавления Освальда  $K_d = C \cdot \alpha^2$ ,  
 $\alpha = \sqrt{K_d/C}$ .

$$\alpha = \sqrt{2 \cdot 10^{-5} / 0,1} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$$

$$[H^+] = C \cdot \alpha = 0,1 \cdot 1,4 \cdot 10^{-2} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

$$pH = -\lg 1,4 \cdot 10^{-3} = 2,85$$

**Пример 3.** Вычислить pH 0,03 М раствора  $NH_4OH$  после смешивания его с водой в соотношении 1:2.

*Решение.* После смешивания 0,03М раствора аммиака с водой его концентрация уменьшится в 3 раза. Подставляя в формулу  $pH = 14 - 1/2(pK_o - \lg C_o)$  значение  $pK(NH_4OH) = 4,76$  и концентрацию раствора после разбавления, получим:

$$pH = 14 - 1/2(4,76 - \lg 0,01) = 10,62$$

**Пример 4.** Сколько граммов  $NH_4Cl$  надо растворить в 200 мл 0,1М  $NH_4OH$ , чтобы получить раствор с pH 9,24 ?

*Решение.* При растворении  $NH_4Cl$  в растворе  $NH_4OH$  образуется буферная система. Расчет ведут по формуле  $pH = 14 - pK_o + \lg C_o / C_c$ . Подставляя численные значения pH,  $pK_o$ , вычисляют концентрацию соли:  $C_c = 0,1$  моль/л. Рассчитывают массу соли:  $m = C \cdot M \cdot V / 1000 = 0,1 \cdot 53,5 \cdot 200 / 1000 = 1,070$  г.

### ***Задачи для выполнения контрольной работы***

167. Определить pH формиатного буферного раствора, полученного смешением 6 мл 1М раствора  $HCOOH$  и 4 мл 1М раствора  $HCOONa$ .  $K_d(HCOOH) = 1,8 \cdot 10^{-4}$ .

168. Вычислить pH раствора соляной кислоты, в 350 мл которого содержится 0,765 г кислоты. Чему равна буферная емкость раствора, если на титрование 10 мл его израсходовано 9,5 мл 0,2 н. раствора соляной кислоты. Сдвиг pH равен 3,1

169. Вычислить pH ацетатной буферной смеси, состоящей из 2,5 мл 1М  $CH_3COOH$  и 8,5 мл 1М  $CH_3COONa$ .  $K_d$  (укс.к-ты) =  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

170. Определить pH раствора, в 500 л которого содержится 0,15 г NaOH.
171. Вычислить pH 3,12%-го раствора HCl ( $c=1,015$  г/мл).
172. Определить концентрацию ионов водорода и pH раствора циановодородной кислоты HCN, молярная концентрация которой равна 0,2 моль/л.  $K_d(\text{HCN})=7,2 \cdot 10^{-10}$ .
173. В 250 мл раствора гидроксида бария содержится 0,15 г Ba(OH)<sub>2</sub>. Вычислить pH раствора.
174. Степень диссоциации слабой одноосновной кислоты в растворе с концентрацией 0,20 М равна 0,05. Вычислить концентрацию ионов водорода, гидроксид-ионов и pH этого раствора.
175. Вычислить pH буферного раствора, состоящего из 1,5 моль уксусной кислоты и 1,9 моль ацетата натрия.  $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
176. К 0,5 л воды добавили 5 мл 72%-го раствора азотной кислоты ( $c=1,48$  г/мл). Раствор разбавили водой до 1 л. Вычислить pH полученного раствора.
177. Вычислить pH раствора NH<sub>4</sub>OH, в 500 мл которого содержится 31 г гидроксида аммония.  $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
178. Вычислить pH буферного раствора, полученного смешением 10 мл 0,1 М раствора гидроксида аммония и 25 мл 0,25 М раствора хлорида аммония.  $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
179. Определить pH раствора, в 1 л которого содержится 0,1 г гидроксида бария. Чему равна буферная емкость раствора, если на титрование 15 мл его израсходовано 11,5 мл 0,35 н раствора соляной кислоты? Сдвиг pH равен 2,5.
180. Вычислить pH раствора с концентрацией уксусной кислоты CH<sub>3</sub>COOH 0,01М, в котором степень диссоциации кислоты равна 0,04.  $K_d(\text{CH}_3\text{COOH})= 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
181. К 400 мл 10%-го раствора KOH ( $c=1,09$  г/мл) добавили 800 мл воды. Вычислить pH и pOH раствора.
182. pH уксусной кислоты равен 5. Определить молярную концентрацию кислоты в растворе.  $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

183. Вычислить рН раствора уксусной кислоты, в 250 мл которого содержится 40 г кислоты.  $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
184. рН раствора гидроксида бария равен 8. Определить молярную концентрацию эквивалентов раствора.
185. Вычислить рН и степень диссоциации раствора бромноватистой кислоты с концентрацией 0,001 н.  $K_d(\text{HBrO}) = 2,2 \cdot 10^{-9}$ .

#### Раздел 4. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Коллоидная химия – наука, изучающая физико-химические свойства гетерогенных, высокодисперсных систем, а также растворов высокомолекулярных соединений.

В коллоидной химии широко используются понятия: система, фаза, гомогенная и гетерогенная системы. Необходимо уяснить понятия: дисперсность, дисперсионная среда и дисперсная фаза. *Дисперсные систем*, содержат чаще всего две фазы. Одна фаза представляет собой высокодисперсные, мельчайшие частицы вещества или макромолекулы ВМС и она называется *дисперсной фазой*. Другая фаза, в которой распределены агрегаты дисперсных частиц или макромолекул, называется *дисперсионной средой*. Условием образования таких дисперсных систем (коллоидного состояния вещества) является нерастворимость одной фазы в другой.

Дисперсные системы классифицируют по степени дисперсности (табл. 6), по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды (табл. 7).

Таблица 6. Классификация дисперсных систем в зависимости от размеров частиц, м.

| Грубодисперсные     | Коллоидно-дисперсные | Молекулярно- и ионно-дисперсные |
|---------------------|----------------------|---------------------------------|
| $10^{-3} - 10^{-5}$ | $10^{-5} - 10^{-7}$  | $<10^{-7}$                      |

По степени дисперсности коллоидные растворы занимают промежуточное положение между истинными растворами и грубодисперсными системами. Поэтому коллоиды (золи) имеют некоторые свойства, сходные со свойствами растворов и грубодисперсных систем.

Таблица 7. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды

| Дисперсионная среда | Дисперсная фаза | Название дисперсной системы | Примеры дисперсных систем                    |
|---------------------|-----------------|-----------------------------|--|
| Жидкость            | Твердое тело    | Суспензия, золь             | Золи металлов, природные воды                |
|                     | Жидкость        | Эмульсия                    | Молоко, нефть                                |
|                     | Газ             | Пена                        | Мыльная пена                                 |
| Твердое тело        | Твердое тело    | Минералы, сплавы            | Рубин, сталь                                 |
|                     | Жидкость        | Пористое тело, минерал      | Влажный грунт, опал                          |
|                     | Газ             | Пористое тело               | Сухой грунт, активированный уголь, пенопласт |
| Газ                 | Твердое тело    | Аэрозоль                    | Пыль, дым                                    |
|                     | Жидкость        | Аэрозоль                    | Туман, облака                                |

Основными *отличительными особенностями дисперсных систем* от истинных растворов являются:

- а) способность к рассеиванию ими света;
- б) медленная диффузия частиц дисперсной фазы в дисперсионной среде;
- в) способность к диализу;
- г) агрегативная неустойчивость дисперсной фазы, проявляемая в виде выделения частиц из дисперсионной среды при добавлении к системе электролитов или под влиянием других внешних воздействий.

Изучая получение зольей, важно уяснить два метода:

1. Диспергирование – дробление более крупных по размеру частиц до коллоидной степени дисперсности.

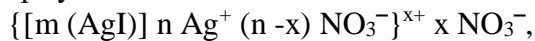
2. Конденсация – укрупнение частиц в результате объединения атомов и молекул в агрегаты коллоидной степени дисперсности.

Рассмотрим получение мелкодисперсного осадка иодида серебра из хорошо растворимых исходных компонентов по реакции:



В случае избытка в растворе  $\text{AgNO}_3$  ионы  $\text{Ag}^+$  будут адсорбироваться на поверхности осадка  $\text{AgI}$ , встраиваясь в его кристаллическую решетку (рис.3). Избыточно адсорбированные ионы ( $\text{Ag}^+$ ) носят название *потенциалопределяющих ионов*. К ним притягиваются электростатическими силами ионы противоположного знака заряда (*противоионы*) -  $\text{NO}_3^-$ . При этом часть противоионов будет находиться в растворе у самой поверхности дисперсной фазы (*адсорбционный слой*), а часть сохраняет способность к подвижному распределению в растворе вблизи поверхности гранулы, образуя «облако» из диффузных противоионов (*диффузный слой*). Такая коллоидная частица вместе с противоионами называется *мицеллой* и в целом является электронейтральной. Однако сама твердая фаза будет заряжена положительно.

Изложенное выше строение мицеллы изображают в виде формулы:



где  $m$  – количество молекул  $\text{AgI}$  в частице;

$n$  – количество потенциалопределяющих ионов, адсорбированных на поверхности твердой частицы;

$(n-x)$  – количество противоионов, притянутых электростатическими силами к потенциалопределяющим ионам в виде плотного слоя;

$x$  – количество диффузных противоионов (слой)

«рыхлой» структуры), располагающихся на некотором расстоянии от плотного слоя.

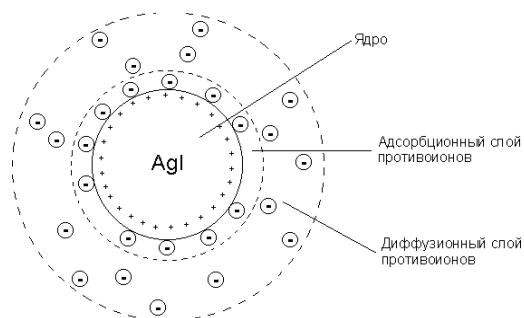


Рис 3. Строение мицеллы

В этих формулах частички AgI являются *зародышем* (или *агрегатом*) мицеллы; зародыш вместе с потенциалопределяющими ионами дают *ядро* мицеллы; ядро с плотной частью противоионов составляют заряженную *гранулу* (или *частицу*)  $[m(\text{AgI}) n \text{Ag}^+ (n-x) \text{NO}_3^-]^{x+}$ , а гранула совместно с диффузными противоионами образуют *мицеллу*.

*Устойчивость коллоидных систем. Коагуляция*

Некоторые дисперсные системы могут существовать неограниченно долго, однако большинство из них являются неустойчивыми и постепенно разрушаются. Мицеллы самопроизвольно или под влиянием каких-либо внешних воздействий могут слипаться, всплывать или оседать, разрушаться и т.д.

*Устойчивость дисперсной системы* характеризуется способностью дисперсной фазы сохранять во времени как исходные размеры частиц, так и равномерность распределения их в объеме дисперсионной среды. Наличие электрического заряда на поверхности частиц является важным условием сохранения устойчивости дисперсных систем.

*Агрегативная неустойчивость* дисперсных систем обусловлена избытком свободной поверхностной энергии на

межфазной границе, что приводит к самопроизвольному образованию агрегатов и последующему их слипанию. В итоге система разделяется на два слоя: жидкость (дисперсионная среда) и плотный осадок (дисперсная фаза).

*Кинетическая (седиментационная) неустойчивость* проявляется в оседании частичек дисперсной фазы под влиянием силы тяжести.

*Коагуляция* – процесс самопроизвольного укрупнения (слипания) дисперсных частиц, который может происходить при действии на дисперсную систему различных факторов: при интенсивном перемешивании или встряхивании, нагреве или охлаждении, облучении светом или пропускании электрического тока, при добавлении к системе электролитов или неэлектролитов и др. Во всех случаях воздействия на систему происходит уменьшение энергии связи диспергированных частиц с окружающей их дисперсионной средой.

Для коагуляции зелей электролитами установлен ряд эмпирических закономерностей:

1. Для начала коагуляции золя необходима некоторая минимальная концентрация электролита, называемая порогом коагуляции  $\gamma$ .

2. Правило Шульце – Гарди: коагулирующим действием обладает тот из ионов электролита, заряд которого противоположен заряду коллоидных частиц, причем коагулирующее действие иона тем сильнее, чем больше его заряд. Величины порогов коагуляции двухзарядных ионов примерно на порядок, а трехзарядных – на два порядка меньше, чем для однозарядных ионов.

3. Коагулирующая способность иона при одинаковом заряде тем больше, чем больше его кристаллический радиус.  $Ag^+ > Cs^+ > Rb^+ > NH_4^+ > K^+ > Na^+ > Li^+$  – лиотропный ряд

4. В осадках, получаемых при коагуляции зелей электролитами, всегда присутствуют ионы, вызвавшие коагуляцию.

Порог коагуляции – минимальная молярная концентрация электролита, при которой начинается коагуляция золя объемом 1 дм<sup>3</sup>:

$$\gamma = C_{\text{эл}} * V_{\text{эл}} / V_{\text{золя}},$$

где  $C_{\text{эл}}$  – исходная молярная концентрация эквивалента раствора электролита, моль/дм<sup>3</sup>;

$V_{\text{эл}}$  – объем раствора электролита, добавленного к коллоидному раствору;

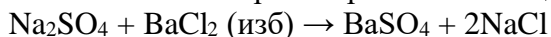
$V_{\text{золя}}$  – объем коллоидного раствора.

Величина, обратная порогу коагуляции, называется коагулирующей способностью электролита (К).

### ⊕ Решение типовых задач

**Пример 1.** Напишите образование мицеллы, полученной действием избытка хлорида бария на сульфат натрия.

*Решение.* Рассмотрим образование мицеллы:



Вначале образуется агрегат мицеллы:  $\text{BaSO}_4$ .

На поверхности кристалла  $\text{BaSO}_4$  адсорбируются ионы  $\text{Ba}^{2+}$ , т.е. ионы  $\text{Ba}^{2+}$  вследствие избирательной адсорбции достраивают кристаллическую решетку, т.к. они находятся в избытке. Они придают поверхности ядра положительный заряд и являются *потенциалопределяющими ионами*.

Ядро мицеллы:  $m \text{BaSO}_4 \cdot n \text{Ba}^{2+}$ .

Ионы  $\text{Cl}^-$ , образующиеся при диссоциации  $\text{BaCl}_2$ , имеют отрицательный заряд, противоположный заряду поверхности. Под действием электростатических сил противоионы  $\text{Cl}^-$  притягиваются к ядру, нейтрализуя его заряд.

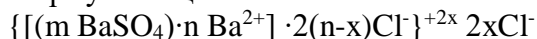
Часть противоионов  $(n-x)$ , находящихся в непосредственной близости от ядра, образуют адсорбционный слой. Агрегат вместе со слоем

потенциалопределяющих ионов и противоионов называется *коллоидной частицей*:

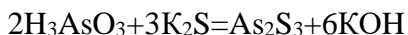
$\{(m \text{ BaSO}_4) \cdot n \text{ Ba}^{2+} \cdot 2(n-x) \text{ Cl}^-\}^{2x+}$ , которая имеет электрический заряд, совпадающий с зарядом потенциалопределяющего слоя.

Другая часть противоионов (x) образует диффузионный слой. Заряды потенциалопределяющих ионов и противоионов полностью скомпенсированы, поэтому мицелла электронейтральна.

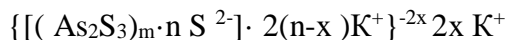
Формула мицеллы:



**Пример 2.** Определите, к какому электроду должны перемещаться частицы золя, получаемого при реакции при небольшом избытке  $\text{K}_2\text{S}$ :



*Решение.* Потенциалопределяющими ионами в данном случае могут быть ионы  $\text{S}^{2-}$ , так как в состав агрегата входят ионы серы. В состав адсорбционного слоя могут входить ионы  $\text{K}^+$ . Ионы  $\text{K}^+$  образуют диффузный слой. Таким образом, схематическое строение мицеллы золя можно выразить формулой:



Частица имеет отрицательный заряд, следовательно, движение частиц золя направлено к аноду.

**Пример 3.** Пороги коагуляции некоторого золя электролитами  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NaBr}$  равны соответственно 50,0; 0,8; 49,0 ммоль/л. Как соотносятся между собой величины коагулирующих способностей этих веществ? Укажите коагулирующие ионы. Каков знак заряда коллоидной частицы?

*Решение.* Величина, обратная порогу коагуляции, называется коагулирующей способностью (K):  $K = 1/\gamma$ ;

$$K(\text{KNO}_3) = 1/50 \text{ ммоль/л} = 0,02 \text{ л/ммоль};$$

$$K(\text{MgCl}_2) = 1/0,8 \text{ ммоль/л} = 1,25 \text{ л/ммоль};$$

$$K(\text{NaBr}) = 1/49,0 \text{ ммоль/л} = 0,0204 \text{ л/ммоль}.$$

$MgCl_2$  обладает наибольшим коагулирующим действием. Коагулирующее действие электролитов на коллоидные растворы подчиняется правилу Шульце – Гарди: коагуляцию коллоидных растворов вызывают ионы, знак заряда которых противоположен знаку заряда гранулы. Коагулирующее действие тем сильнее, чем выше заряд иона-коагулянта.

$$\gamma (Na^+) : \gamma (K^+) : \gamma (Mg^{2+}) = 0,0204 : 0,02 : 1,25 = 1 : 1 : 62,5$$

Так как анионы во всех данных электролитах однозарядны, то ионами-коагулянтами являются катионы, а следовательно, заряд коллоидной частицы отрицательный:

*Ответ:* наибольшим коагулирующим действием обладают ионы  $Mg^{2+}$ ; заряд гранулы золя – отрицательный.

### ***Задачи для выполнения контрольной работы***

186. Дать классификацию дисперсных систем в зависимости от размера частиц дисперсной фазы. Описать дисперсную систему эмульсия. Привести примеры эмульсий.

Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии сульфата меди с гидроксидом калия, взяв избыток одного, затем другого реагента. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

187. Дать классификацию дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды. Описать дисперсную систему суспензия. Привести примеры суспензий. Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии сульфида натрия с избытком хлорида кадмия. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

188. Способы получения дисперсных систем. Описать дисперсную систему пена. Привести примеры. Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии сульфата натрия с избытком хлорида бария. Указать составляющие

мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

189. Электрокинетические явления. Электрофорез и электроосмос, их использование. Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии хлорида бария с избытком серной кислоты. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

190. Коагуляция зелей. Факторы, вызывающие коагуляцию. Описать дисперсную систему туман. Привести примеры аналогичных дисперсных систем. Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии хлорида цинка с избытком гидроксида натрия. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

191. Понятие об агрегативной и кинетической устойчивости зелей. Описать дисперсную систему аэрозоль. Привести примеры аналогичных дисперсных систем. Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии бромида калия с избытком нитрата серебра. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

192. Молекулярно–кинетические свойства зелей: броуновское движение, диффузия, осмотическое давление, седиментация. Описать дисперсную систему эмульсия. Привести примеры эмульсий. Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии нитрата железа (II) с избытком сульфата калия. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

193. Оптические свойства зелей. Описать дисперсную систему дым. Привести примеры аналогичных дисперсных систем. Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии сульфата кадмия с избытком сероводородной кислоты. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

194. Свойства дисперсных систем. Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии нитрата бария с избытком сульфата цинка. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

195. Количественные характеристики процесса коагуляции. Описать дисперсную систему суспензия. Привести примеры суспензий. Золь  $\text{AgI}$  получен смешением 8 мл раствора  $\text{KI}$  с молярной концентрацией 0,05 моль/л и 10 мл раствора  $\text{AgNO}_3$  с молярной концентрацией 0,02 моль/л. Написать формулу образовавшейся мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

196. Виды устойчивости дисперсных систем. Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии нитрата меди (II) с избытком фосфата натрия. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

197. Схема и принцип работы приборов: диализатора, электродиализатора. Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии хлорида кальция с избытком карбоната натрия. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

198. Описать дисперсную систему пена. Привести примеры аналогичных дисперсных систем.

Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии нитрата свинца (II) с избытком сульфата натрия. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

198. Электрокинетические явления. Электрофорез и электроосмос, их использование. К какому типу дисперсных систем относится пыль. Привести примеры аналогичных дисперсных систем.

199. Описать дисперсную систему туман. Привести примеры аналогичных дисперсных систем. Написать формулу мицеллы, полученной при взаимодействии хлорида магния с

избытком силиката калия. Указать составляющие мицеллы. К какому электроду будет двигаться гранула в электрическом поле?

200. Способы получения дисперсных систем. Пороги коагуляции золя при действии на него электролитами оказались равными (ммоль/л):

$\text{NaNO}_3$  – 250,0;  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  – 20,0;  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  – 0,5. Определить, какие ионы электролитов являются коагулирующими и как заряжены частицы золя.

201. Описать классификацию дисперсных систем в зависимости от размера частиц. Пороги коагуляции при исследовании золя равны, ммоль/дм<sup>3</sup>:  $\gamma(\text{KCl})=189$ ,  $\gamma(\text{K}_2\text{SO}_4)=183$ ,  $\gamma(\text{CaCl}_2)=2,9$ . Определить заряд золя.

202. Что называется дисперсной системой, дисперсной фазой, дисперсионной средой? Привести примеры дисперсных систем. Какой объем 0,0002 М раствора  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  требуется для коагуляции 0,025 л золя сульфида мышьяка, если порог коагуляции  $\gamma(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0,067$  ммоль/л?

203 Описать дисперсную систему эмульсия. Привести примеры эмульсий. В три колбы налито по 0,1 л золя гидроксида железа. Для того чтобы вызвать коагуляцию золя, потребовалось добавить в первую колбу 0,01 л 1 н. раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , в другую – 0,063 л 0,01 н. раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , в третью – 0,037 л 0,001 н. раствора  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Вычислить порог коагуляции каждого электролита и определить знак заряда частиц золя.

204. Написать строение мицеллы золя, образованного в результате взаимодействия указанных веществ (избытка одного, затем другого вещества):  $\text{CdCl}_2 + \text{Na}_2\text{S}$ . Назвать составляющие компоненты мицеллы.

205. Описать дисперсную систему аэрозоль. Привести примеры аналогичных дисперсных систем. Порог коагуляции  $\text{AlCl}_3$  для золя оксида мышьяка равен 0,093 ммоль/л. Какой

концентрации нужно взять раствор хлорида алюминия, чтобы 0,0008 л его хватило для коагуляции 0,125 л золя?

206. Описать дисперсную систему дым. Привести примеры аналогичных дисперсных систем. Написать строение мицеллы золя, полученного взаимодействием сульфата цинка с избытком сульфида аммония. Определить, к какому электроду будет двигаться коллоидная частица.

207. Правило Шульце-Гарди. Написать строение мицеллы золя, полученного при взаимодействии хлорида натрия с избытком нитрата серебра. Определить, к какому электроду будет двигаться коллоидная частица.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Названия предельных углеводородов и одновалентных радикалов

| Формула углеводорода      | Название | Формула радикала   | Название   |
|---------------------------|----------|--|------------|
| $\text{CH}_4$             | Метан    | $\text{CH}_3-$   | Метил      |
| $\text{C}_2\text{H}_6$    | Этан     | $\text{C}_2\text{H}_5-$  | Этил       |
| $\text{C}_3\text{H}_8$    | Пропан   | $\text{C}_3\text{H}_7-$  | Пропил     |
|                           |          | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                                | Изопропил  |
| $\text{C}_4\text{H}_{10}$ | Бутан    | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$   | Бутил      |
|                           |          | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                    | Изобутил   |
|                           |          | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                    | Вторбутил  |
|                           |          | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$             | Третбутил  |
| $\text{C}_5\text{H}_{12}$ | Пентан   | $\text{C}_5\text{H}_{11}-$   | Пентил     |
|                           |          | $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$        | Изопентил  |
|                           |          | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | Третпентил |

|                              |        |  |           |
|------------------------------|--------|--|-----------|
|                              |        | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2- \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $ | Неопентил |
| $\text{C}_6\text{H}_{14}$    | Гексан | $\text{C}_6\text{H}_{13}-$   | Гексил    |
| $\text{C}_7\text{H}_{16}$    | Гептан | $\text{C}_7\text{H}_{15}-$   | Гептил    |
| $\text{C}_8\text{H}_{18}$    | Октан  | $\text{C}_8\text{H}_{17}-$   | Октил     |
| $\text{C}_9\text{H}_{20}$    | Нонан  | $\text{C}_9\text{H}_{19}-$   | Нонил     |
| $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ | Декан  | $\text{C}_{10}\text{H}_{21}-$  | Декил     |

## Приложение 2

Значения криоскопических и эбулиоскопических постоянных некоторых растворителей

| Растворитель | $K_k$ | $K_e$ |
|--------------|-------|-------|
| Вода         | 1,86  | 0,52  |
| Бензол       | 5,1   | 2,57  |
| Этиловый     | -     | 1,16  |
| Диэтиловый   | 1,73  | 2,02  |

*Примечание.*  $K_k$  – криоскопическая константа;  
 $K_e$  – эбулиоскопическая константа.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### *Список основной литературы*

1. Иванов В. Г. Органическая химия. Краткий курс: Учебное пособие / Иванов В.Г., Гева О.Н. - Москва :КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 222 с. - ISBN 978-5-16-101306-9. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/912392>
- 2.Родин В. В. Физическая и коллоидная химия: учебное пособие/ В. В. Родин, Э. В. Горчаков, В. А. Оробец. - Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2013. - 156 с. (ЭБС Инфра-М)

### *Список дополнительной литературы*

- Щербина А. Э. Органическая химия. Основной курс: Учебник / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич; Под ред. А.Э. Щербины. - Москва : НИЦ ИНФРА-М; Минск : Нов. Знание - 2014. - 808 с. (ЭБС Инфра-М)

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение   | 3  |
| Общие методические рекомендации по изучению дисциплины   | 4  |
| Варианты контрольных заданий   | 7  |
| Раздел 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ  | 9  |
| Раздел 2. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ  | 22 |
| Тема 1. Углеводороды   |    |
| Тема 2. Спирты и фенолы  | 35 |
| Тема 3. Альдегиды и кетоны   | 42 |
| Тема 4. Карбоновые кислоты и их производные  | 46 |
| Тема 5. Углеводы   | 59 |
| Раздел 3. УЧЕНИЕ О РАСТВОРАХ   | 64 |
| Тема 1. Коллигативные свойства растворов   |    |
| Тема 2. Теория слабых электролитов. Расчет рН сильных и слабых электролитов. Буферные растворы | 70 |
| Раздел 4. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ   | 75 |
| Приложения   | 87 |
| Список рекомендуемой литературы  | 89 |

Составители: Васильцова Ирина Васильевна  
Бокова Татьяна Ивановна

## **Органическая и физколлоидная химия**

методическое пособие по изучению дисциплины и задания  
для контрольных работ студентам заочного отделения по  
направлению подготовки 36.05.01 Ветеринария,  
36.03.01 Ветеринарно- санитарная экспертиза .

Издается в авторской редакции