

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ИНСТИТУТ СТРАТЕГИИ
РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

федеральное государственное
бюджетное научное учреждение

ХИМИЯ

(углубленный уровень)

Реализация требований ФГОС
среднего общего образования

Методическое пособие для учителя

Москва

2023

УДК 373.5.016:54

ББК 74.262.4

X46

Авторский коллектив:

А. А. Каверина, кандидат педагогических наук, доцент,
старший научный сотрудник лаборатории профильного образования
ФГБНУ «Институт стратегии развития образования»

М. Г. Снастина, ведущий учитель ГБОУ Школа № 1935 г. Москвы

Под редакцией:

А. А. Кавериной

Научный редактор

Н. В. Свириденкова, кандидат химических наук,
заведующий кафедрой общей и неорганической химии, декан факультета естественных наук
Российского химико-технологического университета имени Д. И. Менделеева

Рецензенты:

Ю. Н. Медведев, кандидат химических наук

С. А. Волкова, доктор педагогических наук

X46

Химия (углубленный уровень). Реализация требований ФГОС среднего общего образования : методическое пособие для учителя / [А. А. Каверина, М. Г. Снастина] ; науч. ред. Н. В. Свириденкова ; под ред. А.А. Кавериной. – М. : ФГБНУ «Институт стратегии развития образования», 2023. – 100 с.: ил.

ISBN 978-5-6049295-5-1

В пособии с позиций обновленного ФГОС СОО и федеральной рабочей программы среднего общего образования по химии (углубленный уровень) рассмотрены общие вопросы, касающиеся детализации требований стандарта к результатам освоения ФОП СОО, специфики содержания учебного предмета «Химия» на уровне углубленного изучения, содержательной характеристики различных форм организации учебного процесса, способствующих оптимизации обучения химии в контексте требований стандарта и планируемых результатов освоения предмета.

В пособии предложены возможные методические решения названных вопросов применительно к изучению раздела «Углеводороды» курса «Органическая химия» как одной из составляющих учебного предмета «Химия» (10 класс, углубленный уровень).

Пособие предназначено учителям химии, методистам и может быть рекомендовано студентам педагогических вузов.

Методическое пособие разработано в рамках государственного задания ФГБНУ «Институт стратегии развития образования» на 2023 год «Обновление содержания общего образования».

УДК 373.5.016:54

ББК 74.262.4

ISBN 978-5-6049295-5-1

© ФГБНУ «Институт стратегии развития образования», 2023

Все права защищены

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА «ХИМИЯ» (10 КЛАСС, УГЛУБЛЕННЫЙ УРОВЕНЬ).....	11
Содержательная характеристика способов, методов и приемов, способствующих оптимизации обучения химии (углубленный уровень) в контексте требований ФГОС СОО.....	11
О реализации требований ФГОС СОО при изучении курса «Органическая химия» (10 класс, углубленный уровень) на примере изучения раздела «Углеводороды».....	21
ПРИЛОЖЕНИЯ	54
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	98

ВВЕДЕНИЕ

Переход образовательных организаций к работе по обновленному федеральному государственному образовательному стандарту среднего общего образования (ФГОС СОО, далее – стандарт)¹ обусловил необходимость определения подходов к оптимизации преподавания учебных предметов в контексте новых приоритетов в целях и задачах целостной системы общего образования. В числе этих приоритетов, в частности, первостепенное значение приобрела проблема представления целей среднего общего образования в формате планируемых результатов обучения, достижение которых, как указано во ФГОС СОО, должно обеспечиваться на основе требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования. С методической точки зрения реализация этой проблемы в преподавании учебных предметов предполагает, по своей сути, получение ответов на традиционно актуальные вопросы о том, «Чему учить и как учить?», «Какие элементы научных знаний и на каком теоретическом уровне должны быть усвоены обучающимися?», «Какие методы, способы и приемы должны служить целям оптимизации процесса обучения согласно общим представлениям о современных приоритетах в развитии среднего общего образования?»

В этих условиях предметом особой важности становится четкое осознание и понимание существа внесенных в стандарт изменений², касающихся вопросов о назначении и специфике формирования содержания учебных предметов базового и углубленного уровней как элементов системы профильного образования на завершающей ступени школы (10–11 классы), о детализации требований к результатам освоения основной образовательной программы и планируемым результатам освоения учебных предметов, выступающим в качестве содержательной и критериальной основы для определения форм организации учебного процесса, способствующих оптимизации обучения в плане реализации целей и задач общего образования.

¹ Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. №413 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования» (Зарегистрирован Минюстом России 7 июня 2012 г. № 24480).

² Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 12.08.2022 № 732 «О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413» (Зарегистрирован Минюстом России 12.09.2022 № 70034).

Обсуждение этих вопросов и определение условий для их реализации в рамках изучения предмета «Химия» углубленного уровня (10 класс) является главной задачей предлагаемого методического пособия. Обращаем внимание учителей на то, что выполнение данной задачи осуществлено на основе методической интерпретации внесенных в стандарт изменений, о чем сказано в федеральной рабочей программе среднего общего образования по химии (углубленный уровень, для 10–11 классов образовательных организаций) (далее – ФРП СОО, программа), которая является одним из документов, входящих в систему инструктивно-методического сопровождения стандарта. Методическая интерпретация основных идей обновленного стандарта обеспечила возможность рассмотрения их сущности в сопряжении со спецификой учебного предмета «Химия».

Так, в частности, в программе отмечено следующее:

1. Учебный предмет «Химия» углубленного уровня занимает важное место в системе естественно-научного образования обучающихся 10–11 классов. В соответствии с концептуальными положениями ФГОС СОО о назначении предметов базового и углубленного уровней он имеет направленность на реализацию преемственности с последующим получением химического образования в рамках изучения специальных естественно-научных и химических дисциплин в вузах и организациях среднего профессионального образования. В этой связи изучение предмета «Химия» ориентировано преимущественно на расширение и углубление теоретической и практической подготовки обучающихся.

2. Принципы отбора содержания и структурной организации предмета «Химия» углубленного уровня определены, как это принято в методике преподавания химии, на основе системного подхода к изучению материала и исторически обоснованного развития знаний на соответствующих теоретических уровнях. Наряду с этим принято во внимание значение и такого фактора, как место и роль данного предмета в системе среднего общего образования.

3. В программе отмечено, что в структуре учебного плана СОО предмет «Химия» углубленного уровня является компонентом предметной области «Естественно-научные предметы», обязательное изучение которых предусмотрено на базовом либо на углубленном уровне. В рамках естественно-научного профиля химия, наряду с биологией, изучается также на углубленном

уровне. В связи с данным обстоятельством при формировании содержания предмета учтены общие положения стандарта о различиях базовых и углубленных курсов.

Это означает, что в содержании курсов «Органическая химия» и «Общая и неорганическая химия», которые являются составляющими предмета «Химия» углубленного уровня, совокупность знаний и умений, относящихся к базовому уровню освоения предмета, получает определенное теоретическое дополнение, позволяющее осознанно освоить существенно больший объем фактологического материала. Так, в частности, при изучении химии на углубленном уровне обеспечена возможность освоения значительного объема знаний о химических элементах и свойствах их соединений на основе расширения и углубления представлений о строении вещества, химической связи и закономерностях протекания реакций, рассматриваемых с точки зрения учения о химической кинетике и термодинамике процессов. Показателем повышения теоретического уровня содержания углубленных курсов, по сравнению с базовыми, являются также следующие факторы:

- изучение Периодического закона и Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева базируется на современных квантово-механических представлениях о строении атома;
- химическая связь объясняется с точки зрения энергетических изменений при ее образовании и разрушении, а также с точки зрения механизмов ее образования;
- изучение типов реакций дополняется формированием представлений об электрохимических процессах и электролизе расплавов и растворов веществ;
- при рассмотрении вопросов о реакционной способности соединений (в курсе органической химии) особое внимание уделяется вопросам об электронных эффектах, взаимном влиянии атомов в молекулах и о механизмах реакции;
- при изучении предмета «Химия» в рамках естественно-научного профиля (углубленный уровень) приоритетная роль отводится знаниям о составе и свойствах веществ основных классов органических соединений, поскольку эти знания служат основой для рассмотрения сущности процессов фотосинтеза, дыхания, энергетического обмена в организме, процессов круговорота веществ и потока энергии в биосфере, изучаемых в курсе биологии.

Отметим далее, что формирование содержания других компонентов предмета «Химия» углубленного уровня – целей и задач его изучения; планируемых результатов освоения основной образовательной программы; форм, методов и приемов организации учебного процесса – осуществлено в программе также на основе методической интерпретации сущности внесенных в стандарт изменений. Так, в частности, в программе отмечено, что цели и задачи изучения предмета определены с учетом проблем, касающихся современного состояния и тенденций развития системы среднего общего образования. Главную суть этих проблем составляет:

- направленность процесса обучения на развитие и саморазвитие личности, на формирование ее интеллекта и общей культуры;
- ориентация процесса обучения и воспитания на подготовку выпускника школы, владеющего не просто набором знаний, а функциональной грамотностью, т. е. способами и умениями активного получения знаний, и умениями применять знания для решения практических задач в реальных жизненных ситуациях;
- необходимость обеспечения условий для реализации одной из важнейших функций учебных предметов – обучение обучающихся умению учиться и продолжать свое образование самостоятельно.

В связи с этим к числу основных целей и задач изучения предмета «Химия» (углубленный уровень) отнесены следующие:

- формирование основ химической науки как области современного естествознания, практической деятельности человека и как одного из компонентов мировой культуры;
- формирование интеллектуально развитой личности, функционально грамотной и готовой к самообразованию, которое наряду с формированием знаний основ науки химии и знаний о методах изучения веществ и химических реакций становится доминирующим в содержании целей изучения химии на углубленном уровне. Тем самым повышается ориентация обучения химии на решение задач воспитания и социального развития обучающихся, на формирование у них общеинтеллектуальных умений, умений рационализации учебного труда и обобщенных способов деятельности, имеющих междисциплинарный, надпредметный характер.

Один из важнейших компонентов программы, заслуживающий особого внимания и осознания, – планируемые результаты освоения учебного предмета. Именно содержание этого компонента полностью отвечает принятым в обновленном ФГОС СОО изменениям относительно ведущего предмета стандартизации образования – требованиям к результатам освоения федеральной образовательной программы среднего общего образования (ФОП СОО). По своей сути планируемые результаты освоения предмета «Химия» (углубленный уровень) являются методической интерпретацией целей его изучения. В своей совокупности они служат ориентиром для понимания того, какими умениями (действиями – учебными, личностными, познавательными), преломленными через специфику предмета «Химия» углубленного уровня, должны овладеть обучающиеся в процессе освоения его содержания. Подтверждением данного положения является описание функционального назначения планируемых результатов.

Планируемые результаты освоения предмета «Химия»

- Уточняют и конкретизируют общее понимание сущности установленных стандартом требований к личностным, метапредметным и предметным результатам освоения ФОП СОО, детализируют содержание этих результатов применительно к содержанию предмета «Химия»;
- характеризуют и описывают способы действий с учебным материалом, овладение которыми позволит обучающимся успешно решать учебные и учебно-практические задачи, ориентированные на получение, преобразование знаний и применение их в новых ситуациях;
- являются содержательной и критериальной основой для определения способов, методов и приемов, способствующих повышению оптимизации обучения химии с учетом требований ФГОС СОО к результатам освоения ФОП СОО;
- выступают в качестве содержательной основы в системе контроля и оценки образовательных достижений обучающихся по освоению предмета «Химия».

Принятые в обновленном ФГОС СОО изменения в наибольшей степени коснулись предметных результатов, которые, согласно стандарту, включают освоенные обучающимися в ходе изучения учебного предмета научные знания,

умения и способы действий, специфичные для соответствующей предметной области. В программе по химии (углубленный уровень) предметные результаты, как уже было сказано выше, методически интерпретированы и представлены в формате целей изучения предмета. Главными ориентирами для определения их содержательной характеристики служили:

- логика построения курсов «Органическая химия» и «Общая и неорганическая химия» (углубленный уровень);
- специфика предметного знания, выступающая в качестве основы для формирования определенной совокупности действий по освоению, преобразованию и применению знаний;
- логика организации учебного процесса по изучению предмета.

В структуре предметных результатов на углубленном уровне выделены: специфические для общей, неорганической и органической химии элементы научных знаний более высокого, по сравнению с базовыми курсами, теоретического уровня и специфические для предмета «Химия» учебные действия комплексного характера по освоению этих знаний.

Предметные результаты на углубленном уровне ориентированы преимущественно на подготовку обучающихся к продолжению образования в вузах и организациях среднего профессионального образования, в учебных планах которых химия является одной из приоритетных дисциплин.

Следующим по своей значимости является вопрос о сущности форм, методов и приемов оптимизации учебного процесса, посредством которых возможно обеспечить условия для преподавания химии на углубленном уровне с учетом требований ФГОС СОО к результатам освоения ФОП СОО.

Как уже отмечалось ранее, переход образовательных организаций к работе по обновленному стандарту обусловил необходимость определения подходов к преподаванию учебных предметов в контексте новых приоритетов в понимании целей и задач в системе среднего общего образования.

В связи с этим возникла необходимость изменения приоритетов и в самом учебном процессе. В настоящее время ставится задача перехода от обучения предметно-ориентированного, основной целью которого является передача содержания конкретной предметной области, к обучению, ориентированному на личность ученика, на формирование его мотивационной сферы, независимо от стиля мышления и общеучебных умений. Это означает, что с позиции данной задачи традиционное понимание об учебном процессе как о формировании

знаний, умений и навыков обучающихся следует заменить более адекватным представлением о нем как о процессе управления освоением различными видами учебных действий.

Методическая интерпретация этого положения может служить основой для следующих выводов:

- Овладение системой знаний, включающей научные понятия, теории и законы, объективные факты, обобщения мировоззренческого характера, сведения о методах познания изучаемых объектов происходит при активной познавательной деятельности, в условиях непрерывного повышения ее научного уровня, когда усложняется работа мышления, возрастает роль творческого воображения. Именно в этом случае и происходит развитие способностей обучающихся. «Человек, его мышление, знания, практические умения, характер, отношения формируются только в деятельности, причем в деятельности активной и разнообразной»¹.

- Организация обучения на основе деятельности обеспечивает получение прочных знаний, владение учебными действиями, которые помогают обучающимся учиться успешно, развивают их самостоятельность и способность к самоорганизации. Подтверждением тому является следующее мнение психологов: развивающий потенциал имеют не столько сами знания, сколько умения, действия, виды деятельности, сформированные на их основе.

- Необходимым условием эффективности обучения, ориентированного на развитие личности, является активизация процесса познания, которая предполагает *ознакомление обучающихся с алгоритмами важнейших учебных действий с изучаемым материалом.*

На данных выводах основываются предлагаемые в методическом пособии подходы к оптимизации преподавания органической химии (10 класс, углубленный уровень) в соответствии с внесенными во ФГОС СОО изменениями в части «Требований к результатам освоения основной образовательной программы».

¹ Преподавание физики, развивающее ученика: пособие для учителей и методистов: в 7 кн. / сост. и под ред. Э. М. Браверман. – М.: 2003 (Обучение, ориентированное на личность). Кн. 4 Формирование практических умений. Часть 1. – М.: АПК и ПРО, 2008, – 312 с. – С. 14.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА «ХИМИЯ» (10 КЛАСС, УГЛУБЛЕННЫЙ УРОВЕНЬ)

Содержательная характеристика способов, методов и приемов, способствующих оптимизации обучения химии (углубленный уровень) в контексте требований ФГОС СОО

Согласно точке зрения дидактов учебный предмет следует понимать как «целостность, включающую не только основы соответствующей науки, но и компоненты содержания, формирующие личность обучающегося»¹.

В широком понимании эти компоненты содержания учебного предмета трактуются как соответствующие средства обучения – способы, методы и приемы, обеспечивающие активизацию процесса обучения, эффективность усвоения базовых предметных знаний, формирование у обучающихся опыта познавательной деятельности, а также их воспитание и интеллектуальное развитие.

Какими возможностями для реализации этих направлений активизации учебного процесса располагает предмет «Химия», изучаемый на углубленном уровне?

При усвоении системы химических знаний в той или иной мере используются практически все известные приемы активизации мыслительной деятельности. В основе многих из них лежат универсальные учебные действия: *сравнение, сопоставление, систематизация, обобщение, установление аналогий и причинно-следственных связей, выявление разнообразия признаков изучаемых объектов* и др. (см. приложение 1). В свою очередь, содержательную основу большинства из этих действий составляют методологические знания, которые ориентируют учебный процесс на планомерное приобщение обучающихся к научным методам познания изучаемых веществ и химических реакций и тем самым способствуют формированию у них ценностного отношения к научному знанию, к труду ученых и исследователей. «Чтобы учащимся научиться

¹ Педагогика: учеб. пособие для студентов педагогических институтов / под ред. Ю. К. Бабанского. – М.: Просвещение, 1983.

познавать, им нужно пережить и осмыслить общие закономерности научного познания»¹.

Примечательно, что данное утверждение созвучно с некоторыми планируемыми результатами освоения содержания предмета «Химия» на углубленном уровне, например с *личностными, в части ценности научного познания*, которые отражают сформированность *естественно-научной грамотности* как важной составляющей части функциональной грамотности обучающихся, формируемой при изучении химии: *понимания сущности* методов познания, используемых в естественных науках, способности использовать получаемые знания для анализа и объяснения явлений окружающего мира и происходящих в нем изменений; *умения* делать обоснованные заключения на основе научных фактов и имеющихся данных с целью получения достоверных выводов, *способности самостоятельно* использовать химические знания для решения проблем в реальных жизненных ситуациях.

Для более подробного обсуждения вопроса о возможных направлениях активизации учебного процесса при изучении химии на углубленном уровне обратимся к содержательной характеристике некоторых форм и средств обучения – методов и приемов, которые в методике преподавания химии считаются особо значимыми.

Среди методических средств, используемых при обучении химии в целях активизации процесса познания, важная роль отведена такому приему (действию), как **классификация** веществ и химических реакций. «Классификация (от лат. *classic* – разряд, класс и *facio* – делаю, раскладываю) означает единообразное распределение явлений и объектов по группам, классам; логический прием, основанный на логическом делении понятия». Как средство обучения классификация неизменно является постоянным компонентом учебного процесса на всех этапах преподавания предмета «Химия» как в основной (8–9 классы), так и в средней (10–11 классы) школе.

Так, например, при установлении сходства и различия в свойствах изучаемых веществ, отдельных химических элементов, групп элементов, в процессе познания закономерностей в изменении их свойств, а также принципов построения Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева практически все теоретические и фактологические сведения

¹ Общая методика обучения химии в школе / Р. Г. Иванова, Н. А. Городилова, Д. Ю. Добротин, А. А. Каверина и др.; под ред. Р.Г. Ивановой. – М.: Дрофа, 2008. – С. 192.

рассматриваются последовательно и именно на основе приема классификации. Такой подход к классификации объектов является составной частью научного метода познания, используемого в естествознании и в химии как его части.

Отметим также, что использование приема классификации предполагает последовательное выполнение действий, составляющих основу учебной деятельности при усвоении ряда новых понятий. В числе этих действий, в частности, такие, как: *определение* общих и отличительных признаков изучаемых объектов на основе их сравнения; *выбор оснований* для классификации; *деление* объектов на классы в соответствии с выбранным основанием. Сформированность у обучающихся готовности к выполнению этих действий способствует осознанию того, что *классификация как результат познания служит основой для получения нового знания*.

Наконец, важно подвести обучающихся к пониманию того, что владение знаниями о принадлежности вещества к определенному классу химического элемента, к тому или иному периоду и группе Периодической системы химических элементов, химической реакции – к определенному типу делает возможным предсказание и объяснение особенностей свойств изучаемых объектов и прогнозирование закономерностей изменения этих свойств.

Успешное овладение знаниями о сущности приема классификации, как метода познания веществ и химических реакций, предполагает активную работу обучающихся с учебным материалом. Основным средством для организации этой работы являются упражнения и задания различного типа и уровней сложности. Главное назначение этих средств обучения состоит в том, что они служат содержательной основой для актуализации, закрепления и совершенствования знаний, а также для формирования соответствующих умений, таких как умение *дополнять* имеющиеся знания новыми сведениями, *устанавливать* взаимосвязи между понятиями, эмпирическими фактами и теоретическими представлениями, *систематизировать* изученный материал и т. п.

Выбор тех или иных упражнений и заданий будет определяться конкретными целями каждого урока, с учетом индивидуальных особенностей обучающихся и уровня их подготовки на данный момент. Чем разнообразней

будут задания, тем активнее работает мысль и лучше осознается значение изучаемого материала.

Таким образом, на основании сказанного выше можно заключить, что классификация как средство обучения химии в полной мере ориентирована на оптимизацию изучения предмета на углубленном уровне в контексте реализации требований ФГОС СОО к результатам освоения ФОП СОО.

Другим важным методом познания при обучении химии является *моделирование* химических процессов – «метод исследования, при котором объект замещается другим объектом, находящимся в отношении подобия к первому объекту»¹.

Основан метод познания веществ и химических процессов на использовании символических (знаковых) модельных представлений – моделей, каковыми являются химический знак (символ элемента), химическая формула и уравнение химической реакции. Эти три знаковые модели при обучении химии находят самое широкое применение. Так, в частности, они составляют основу содержания абсолютного большинства заданий и упражнений, используемых при обобщении, систематизации и повторении изученного материала, а также в процессе получения новых знаний².

В соответствии с требованиями стандарта к планируемым результатам освоения содержания предмета «Химия» выполнение таких заданий предполагает разнообразную по характеру познавательную деятельность обучающихся. Например, потребуется выполнить конкретное действие по преобразованию текстовой информации о названиях участвующих в реакции веществ в знаковую модель химического процесса, в которой исходные и полученные вещества должны быть представлены в виде химических формул, а сам процесс – в виде уравнения химической реакции. Для построения такой знаковой модели процесса обучающимся потребуются опорные знания о составе, строении и свойствах веществ, названия которых указаны в условии задания, а также знания об особенностях протекания реакций определенного типа. Таким образом, сам процесс построения знаковой модели в данном случае приобретает

¹ Общая методика обучения химии в школе / под ред. Р. Г. Ивановой. – М. : Дрофа, 2008. – С. 198.

² Каверина А. А. О воспитательном потенциале учебного предмета «Химия» // Химия в школе. – 2020. – № 9. – С. 16–22.

характер «мысленного эксперимента». Примером может служить следующее задание¹.

Задание 1

В пробирку с раствором газа X добавили раствор вещества Y. В результате реакции наблюдали выпадение осадка. Из предложенного перечня выберите вещества X и Y, которые могут вступить в описанную в условии задания реакцию.

- 1) сульфат калия
- 2) аммиак
- 3) нитрат алюминия
- 4) хлороводород
- 5) нитрат натрия

Комментарий к выполнению задания

При выполнении этого задания обучающиеся должны осуществить следующие действия: 1) провести анализ информации, содержащейся в условии задания, которая по своей сути представляет сведения о признаках протекающей реакции и названиях веществ, из числа которых предстоит выбрать неизвестные вещества X и Y; 2) актуализировать (применить) имеющиеся знания о свойствах всех представленных в задании веществ для получения ответа на вопрос, какие из них могут вступить в описанную реакцию; 3) преобразовать названия веществ в знаковые модели – химические формулы; 4) получить дополнительные сведения о свойствах указанных в задании веществ на основании данных таблицы «Растворимость кислот, оснований, солей в воде»; 5) установить соответствие между условием задания и полученными данными о свойствах веществ и на основании этого осуществить выбор неизвестных веществ X и Y из предложенного перечня; 6) составить уравнение химической реакции между выбранными веществами, т. е. ее знаковую модель, которая служит наглядным подтверждением правильности сделанного выбора.

Описанная последовательность действий при выполнении задания указывает на то, что оно ориентировано на проверку достижения конкретного метапредметного планируемого результата освоения предмета «Химия»

¹ Каверина А. А., Молчанова Г. Н., Свириденкова Н. В., Снастина М. Г. Из опыта разработки заданий по оценке естественно-научной грамотности школьников при обучении химии // Педагогические измерения. – 2017. – № 2. – С. 91–96.

(углубленный уровень) в части овладения базовыми логическими действиями, которое отражает «умение применять в процессе познания используемые в химии символические (знаковые) модели, преобразовывать модельные представления – химический знак (символ) элемента, химическая формула, уравнение химической реакции – при решении познавательных и практических задач, применять названные модельные представления для выявления характерных признаков изучаемых веществ и химических реакций»¹.

Итак, в заключение разговора о моделировании как методе познания, используемом при обучении химии, отметим следующее:

– среди средств обучения – методов, способов и приемов, используемых в учебном предмете «Химия» в целях активизации процесса познания, моделирование занимает одно из ведущих мест, потому что «непосредственное наблюдение мира веществ невозможно. О сущности химических явлений мы судим по косвенным данным»;

– «...формирование у обучающихся способности к моделированию представляется важным направлением обучения познанию»².

Особого внимания при обучении химии заслуживает такой метод познания веществ и их химических превращений, как *школьный химический эксперимент*. Его можно представить как «...специальным образом организованный фрагмент процесса обучения, направленный на непосредственное познание объектов химии и развитие навыков практической деятельности обучающихся»³.

Особая роль, отводимая школьному химическому эксперименту, обусловлена в значительной мере спецификой его содержания и функционального назначения. Он «пронизывает» любой общий метод познания, используемый при обучении химии, выполняя в каждом отдельном случае особую роль при решении образовательных, воспитательных и развивающих задач учебного предмета «Химия». Так, химический эксперимент как один из основных методов познания при обучении химии выступает в учебном процессе в качестве: 1) первоначального источника знаний о веществе и

¹ Федеральная рабочая программа среднего общего образования. Химия (углубленный уровень). Для 10–11 классов образовательных организаций.

² Общая методика обучения химии в школе / под ред. Р. Г. Ивановой. – М. : Дрофа, 2008 с.– С. 168, 200.

³ Злотников Э. Г. Химический эксперимент как специальный метод обучения // Первое сентября. – 2007. – № 24. – с. 18–25.

химической реакции; 2) средства для формирования и совершенствования практических навыков при обращении с учебным оборудованием и веществами; 3) средства для формирования и развития у обучающихся *интереса* к химии, *готовности* к самостоятельному планированию и осуществлению учебных исследовательских опытов и проектов, *базовых навыков* – наблюдательности, инициативы, стремления к поиску новых знаний, к самостоятельному проведению опытов по распознаванию и получению веществ, по установлению их свойств и особенностей протекания химических реакций; 4) в качестве одной из форм контроля и оценки образовательных достижений обучающихся в контексте требований стандарта к результатам освоения основной образовательной программы.

В практике обучения химии традиционно выделяют химический эксперимент демонстрационный, осуществляемый учителем, и ученический, выполняемый обучающимися. Ученический эксперимент составляют лабораторные опыты, практические работы, лабораторный практикум. Цели, задачи, содержание и порядок выполнения химического эксперимента, проводимого в той или иной форме, определяются согласно его функциональному назначению.

В свою очередь, особенности функций химического эксперимента определим с учетом всех положений, изложенных выше.

Химический ученический эксперимент в процессе познания при обучении химии выполняет следующие важные функции: 1) *познавательную*, потому что он важен для усвоения обучающимися основ химии; 2) *воспитывающую*, потому что он способствует формированию мировоззрения школьников, развитию их мышления и интеллекта; 3) *развивающую*, поскольку он служит основой для приобретения и совершенствования общеучебных и практических умений и навыков, для ознакомления обучающихся с научными методами познания, используемыми в химии.

Успешная реализация названных функций ученического эксперимента во многом зависит от методически грамотной организации всех этапов его выполнения, а также от обеспечения условий для целенаправленного и последовательного формирования у обучающихся практических умений и навыков, как важнейшей составляющей планируемых предметных результатов освоения предмета «Химия», отвечающих требованиям ФГОС СОО.

Обратим внимание еще на один методический прием, который в методике преподавания химии также относят к числу особо значимых компонентов учебного процесса – это *решение химических задач*. Подтверждением значимости данного приема как средства обучения, способствующего активизации процесса познания, является общепринятое в методике мнение, что мерой усвоения учебного материала следует считать не только и даже не столько простое его выучивание, сколько умение использовать полученные знания при решении различных задач. Следуя этому мнению, обратимся к более подробному рассмотрению сущности и особенностей решения задач как метода познания, широко используемого при обучении химии.

1. Прежде всего отметим, что включение метода «решение задач» в учебный процесс позволяет реализовать такие дидактические принципы, занимающие важное место в изучении предмета «Химия», как:

- обеспечение сознательности овладения обучающимися системой знаний, которая включает основополагающие понятия, теории, законы и закономерности химии, научные обобщения и объективные факты;

- обеспечение условий для достижения полноты и прочности освоения учебного материала;

- осуществление прикладной направленности обучения химии.

2. Особую значимость для обеспечения прочности освоения учебного материала данный метод имеет потому, что химические задачи, в силу особенностей своего содержания, предусматривают прежде всего понимание сущности изучаемых теорий и законов, знание свойств веществ и условий протекания реакций, а также сформированность практических умений составлять формулы веществ и уравнения химических реакций.

3. Решение задач как метод познания способствует осознанному и прочному освоению учебного материала еще и потому, что овладение системой химических знаний при их выполнении предполагает активную познавательную деятельность обучающихся, элементом которой являются такие учебные действия, как *уточнение и закрепление ведущих понятий* о веществе и химической реакции, *совершенствование* умений по применению имеющихся знаний.

4. Химические задачи как средство активизации процесса обучения побуждают обучающихся *повторять* пройденный материал, *дополнять* его

новыми сведениями и по-новому *осмысливать*, способствуя тем самым формированию представлений, необходимых для осознанного восприятия последующего материала.

Умение решать химические задачи развивается в процессе обучения. Развить это умение можно только одним путем: нужно постоянно, систематически решать задачи. Что нужно сделать для того, чтобы обеспечить сформированность этого умения у обучающихся? Какие знания об особенностях содержания и способах решения химических задач должны стать для обучающихся основными? Ответом на эти вопросы в определенной мере могут служить общие положения методики обучения решению задач, принятой в практике преподавания химии. Суть которых состоит в следующем:

– все расчетные задачи по химии можно разделить на две основные группы: расчеты по химическим формулам и расчеты по уравнениям химических реакций, при этом условия и содержание задач могут быть очень разнообразными;

– использование химических задач в процессе обучения выполняет свою роль в полной мере лишь в том случае, если при их решении внимание обращается не только на вычисления, но и на химическую сущность задачи.

Вещества и их превращения всегда рассматриваются в условии задачи как с качественной, так и с количественной стороны, поэтому и в решении задач следует выделять две части – химическую и математическую.

Единство двух сторон химических превращений является методологической основой решения любой расчетной задачи по химии.

Обязательным условием обучения обучающихся решению задач по химии должно стать постоянное обращение учителя к вопросам, касающимся правильного использования соответствующих физических величин и корректного проведения математических расчетов.

В завершение разговора о назначении и особенностях методического приема «решение задач», обеспечивающего условия для активизации деятельности обучающихся, отметим также, что систематическое его использование в учебном процессе создает основу для успешного достижения обучающимися абсолютного большинства предметных результатов освоения учебного материала предмета «Химия» (углубленный уровень), особенно в части

владения основополагающими химическими понятиями, а именно для сформированности умений:

– *использовать* химическую символику для составления молекулярных и структурных (развернутой, сокращенной, скелетной) формул органических веществ;

– *составлять* уравнения реакций различных типов, полные и сокращенные уравнения реакций ионного обмена, учитывая условия, при которых эти реакции идут до конца;

– *раскрывать* сущность окислительно-восстановительных реакций посредством составления электронного баланса этих реакций;

– *проводить вычисления*: с использованием понятий «массовая доля вещества в растворе» и «молярная концентрация»; массы вещества или объема газа по известному количеству вещества, массе или объему одного из участвующих в реакции веществ; теплового эффекта реакций; значений водородного показателя растворов кислот и щелочей с известной степенью диссоциации; массы (объема, количества вещества) продукта реакции, если одно из исходных веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества или дано в избытке (имеет примеси); доли выхода продукта реакции; объемных отношений газов¹.

Резюмируя все сказанное выше о методах и приемах, признанных в методике преподавания химии особо значимыми с точки зрения оптимизации учебного процесса в контексте требований стандарта, отметим, что содержательная характеристика этих методов и приемов служит основой для рассмотрения вопросов о методических аспектах реализации требований ФГОС СОО при изучении отдельных разделов и тем курса «Органическая химия», которая является составляющей предмета «Химия» (10–11 классы, углубленный уровень).

¹ Федеральная рабочая программа среднего общего образования. Химия (углубленный уровень). Для 10–11 классов образовательных организаций.

**О реализации требований ФГОС СОО при изучении курса
«Органическая химия» (10 класс, углубленный уровень),
на примере изучения раздела «Углеводороды»**

Как было отмечено ранее, учебный предмет «Химия» углубленного уровня имеет направленность на реализацию преемственности с последующим получением химического образования в рамках изучения специальных естественно-научных и химических дисциплин в вузах и организациях среднего профессионального образования. В связи с этим в содержании курсов «Органическая химия» и «Общая и неорганическая химия», которые входят в состав предмета, система химических знаний, отвечающая базовому уровню изучения химии, дополнена элементами научных знаний более высокого теоретического уровня, благодаря чему становится возможным осознанное освоение существенно большего объема фактологического учебного материала.

Соответственно повышается и уровень содержания как знаниевой, так и деятельностной составляющей планируемых результатов освоения углубленных курсов, в особенности предметных и метапредметных результатов.

Меняются приоритеты и в организации учебного процесса: наряду с формированием основ химической науки как области современного естествознания акцент делается на обеспечение условий, способствующих развитию самостоятельной познавательной деятельности обучающихся, формированию у них общеинтеллектуальных умений, умений рационализации учебного труда и обобщенных способов деятельности, имеющих междисциплинарный, надпредметный характер.

Какие методические решения могут быть использованы для реализации этих задач, проиллюстрируем на примере изучения раздела «Углеводороды», который занимает одно из ведущих мест в содержании углубленного курса «Органическая химия» (10 класс). В структуре данного раздела представлен учебный материал, включающий элементы знаний о составе, строении, свойствах и областях применения углеводородов различных классов: алканов, циклоалканов, алкенов, алкадиенов, алкинов и аренов. На изучение этого раздела федеральной рабочей программой среднего общего образования по химии (углубленный уровень) отведено 32 учебных часа.

*О некоторых методических аспектах изучения раздела «Углеводороды»
в свете требований ФГОС СОО*

Содержание раздела «Углеводороды» сформировано с учетом:

- назначения и функций курса «Органическая химия» в системе среднего общего образования по химии (углубленный уровень);
- ведущих идей учебного предмета «Химия», в частности таких, как: материальное единство неорганических и органических веществ, обусловленность свойств веществ их внутренним строением;
- установления оптимального соотношения теоретических и фактологических сведений на различных этапах изучения темы и направленности обучения на решение приоритетных целей и задач изучения предмета «Химия» на углубленном уровне.

Сведения об органических соединениях, составляющих содержание раздела «Углеводороды», рассматриваются в определенной последовательности с точки зрения основных положений теории строения органических соединений А. М. Бутлерова, при этом идея зависимости свойств соединений от их строения является ведущей. Кроме того, важно отметить, что предлагаемая структура учебного материала темы, предполагающая последовательное рассмотрение свойств углеводородов по мере усложнения их строения, способствует: 1) осознанному овладению новыми понятиями (углеродный скелет, радикал, функциональная группа, гомологи, гомологический ряд, структурные формулы (развернутая, сокращенная, скелетная), изомеры, изомерия структурная и пространственная); 2) пониманию обучающимися роли теоретических идей в познании изучаемых объектов, расширению представлений о природе веществ и их превращениях. Таким образом, на основании сказанного можно заключить, что содержание раздела «Углеводороды» отвечает концептуальным положениям ФГОС СОО о различиях базовых и углубленных предметов.

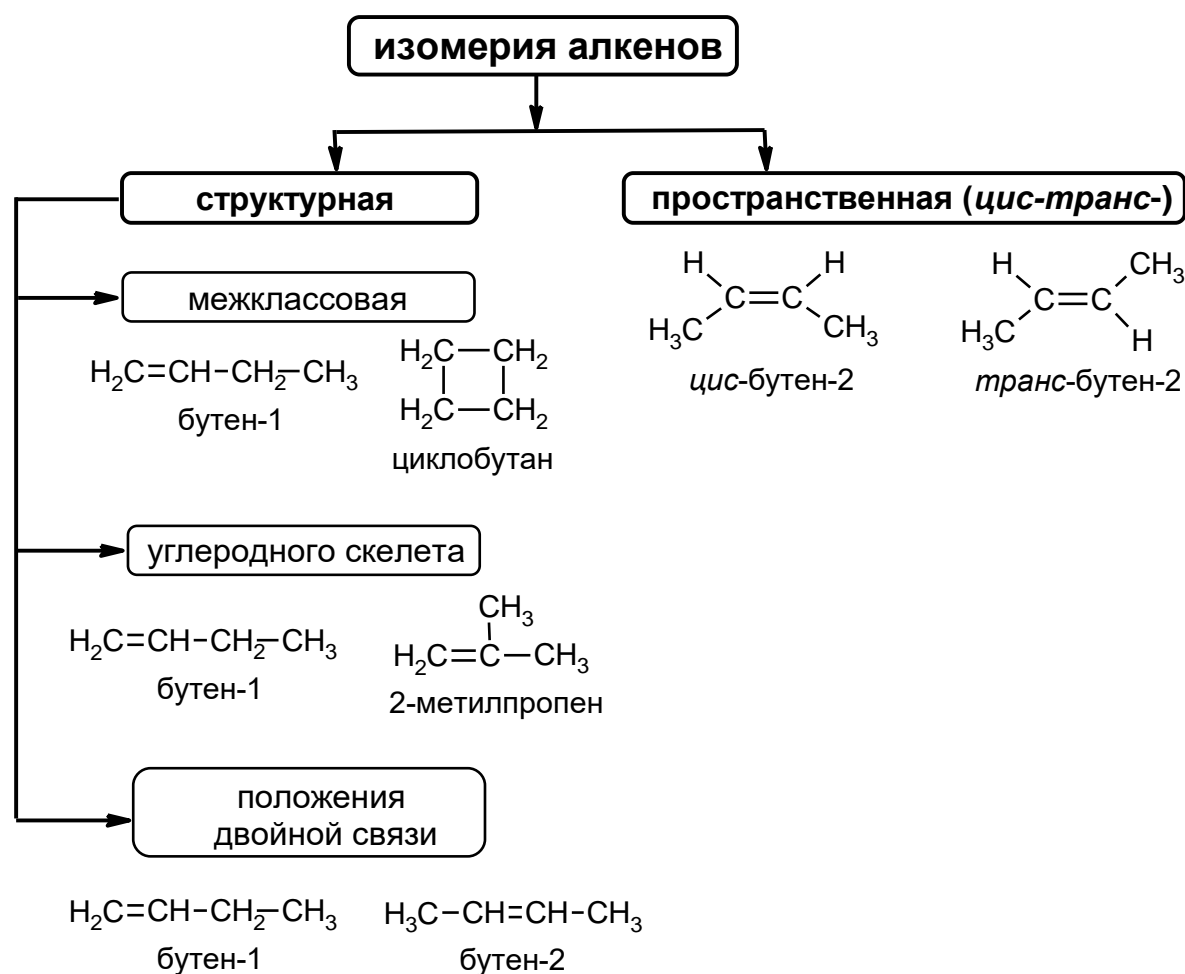
Методические подходы к организации изучения данного раздела основываются на тех описанных ранее способах, методах и приемах, которые используются при обучении химии в целях оптимизации учебного процесса с учетом требований ФГОС СОО к результатам освоения ФОП СОО.

Так, в частности, одной из учебно-познавательных задач изучения раздела «Углеводороды», как и курса «Органическая химия» в целом, является формирование умения *классифицировать* органические вещества и,

руководствуясь известными в химии принципами организации номенклатуры веществ (систематической), определять названия веществ по их структурным формулам (развернутой, сокращенной, скелетной), а также давать тривиальные названия важнейших соединений. Данная задача детализирована в формате соответствующего предметного результата освоения учебного предмета «Химия» на углубленном уровне («Органическая химия», 10 класс), отражающего сформированность умения «устанавливать принадлежность изучаемых органических веществ по их составу и строению к определенному классу/группе соединений, давать их названия по систематической номенклатуре (IUPAC) и приводить тривиальные названия для отдельных представителей органических веществ».

Говоря о сформированности названного умения, важно помнить, что практически каждое предметное умение, формируемое при обучении химии на основе конкретного предметного знания, носит комплексный характер. Поэтому правильнее, с нашей точки зрения, сказать, что формирование умения по установлению классификационной принадлежности органических веществ, составляющих содержание раздела «Углеводороды», предполагает также одновременную сформированность умения «применять положения теории строения органических веществ А. М. Бутлерова для объяснения зависимости свойств веществ от их состава и строения». Данное умение как составляющая предметного результата по усвоению содержания раздела «Углеводороды» имеет важное познавательное значение для всего курса органической химии в целом. Особенно им нужно руководствоваться в целях освоения сущности новых понятий при изучении каждого класса органических веществ. Одним из важных понятий, с которыми обучающиеся знакомятся в процессе изучения теории строения органических веществ, является понятие *изомерии*. Умение применять это понятие необходимо при изучении всех тем курса органической химии.

Обратим внимание на то, что учебный материал раздела «Углеводороды» позволяет познакомить обучающихся практически со всеми видами изомерии органических веществ. Так, при изучении первого класса углеводородов – алканов, обучающиеся знакомятся с одним из видов структурной изомерии – изомерией углеродного скелета. Развитие этого понятия продолжится при изучении следующего класса углеводородов – алкенов. Для алкенов характерна как структурная, так и геометрическая (*цис-транс-*) изомерия:

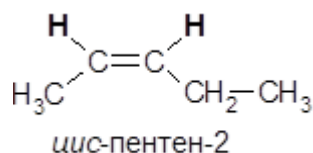


Виды изомерии алкенов

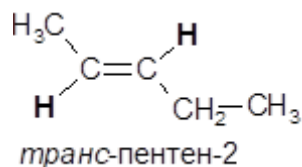
Алкенам, как и циклоалканам, соответствует общая формула C_nH_{2n} . Следовательно, алкены и циклоалканы являются межклассовыми изомерами. Структурная изомерия алкенов обусловлена также различным строением углеродного скелета молекулы (изомерия углеродного скелета) и различным положением двойной связи в углеродной цепи (изомерия положения двойной связи). Пространственная изомерия, или *цис-транс*-изомерия, алкенов обусловлена различным положением заместителей относительно плоскости двойной связи.

Этот вид изомерии проявляется тогда, когда каждый из атомов углерода при связи $\text{C}=\text{C}$ связан с двумя разными заместителями (атомами или группами атомов).

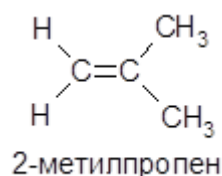
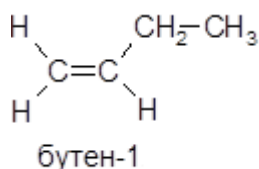
Изомер, у которого одинаковые заместители при разных атомах углерода (ими могут считаться и атомы водорода) оказываются расположенными по одну сторону плоскости двойной связи, называется *цис*-изомером (от лат. *cis* – по эту сторону).



Изомер, у которого заместители оказываются расположенными по разные стороны плоскости двойной связи, называется *транс*-изомером (от лат. *trans* – через).



Отметим, что, поскольку вокруг двойной связи C=C свободное вращение невозможно, *цис*- и *транс*-изомеры не могут в обычных условиях переходить друг в друга. Такое превращение требует разрыва π-связи и может происходить только при сообщении молекуле достаточного количества энергии, например при нагревании или освещении. Поэтому *цис*- и *транс*-изомеры представляют собой разные индивидуальные вещества, которые имеют отличия по физическим, а иногда и по химическим свойствам. Алкены, у которых хотя бы один из атомов углерода при двойной связи соединен с двумя одинаковыми заместителями, не имеют *цис*- и *транс*-изомеров. Например, геометрическая изомерия невозможна для бутена-1 и 2-метилпропена.



Алгоритм действий при формировании умения применять понятие об изомерии можно проиллюстрировать на примерах выполнения следующих заданий (задания 2 и 3).

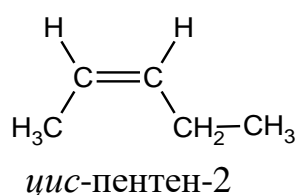
Задание 2

Из предложенного перечня выберите два алкена, для которых возможна цис-транс-изомерия.

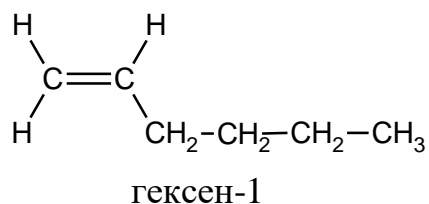
- 1) 2,3-диметилбутен-2
- 2) пентен-2
- 3) гексен-3
- 4) 2,3-диметилпентан
- 5) гексен-1

Комментарий к выполнению задания

Геометрическая *цис-транс*-изомерия возможна для органических веществ класса алкенов, в молекулах которых каждый из атомов углерода, соединенных двойной связью, в свою очередь связан с двумя различными между собой атомами или группами атомов. Среди предложенных веществ такими алкенами являются пентен-2 и гексен-3. Следовательно, необходимо составить структурные формулы этих веществ. Например, в молекуле пентена-2 атомы углерода, которые соединены двойной связью, имеют различные заместители, поэтому можно изобразить *цис*- и *транс*-пентен-2 следующим образом:



Остальные алкены, предложенные в условии задания, геометрических изомеров не имеют. Убедимся в этом, обратившись к их структурным формулам.



Очевидно, что атомы углерода с двойной связью в этих молекулах имеют одинаковые заместители.

В целях формирования умения применять знания об изомерии в системе целесообразно использовать задания «с множественным выбором ответа» (см. задание 2).

Задание 3

Справедливыми для бутена-1 являются утверждения о том, что:

- 1) его молекула содержит две π -связи
- 2) он реагирует с аммиачным раствором оксида серебра
- 3) он взаимодействует с раствором перманганата калия
- 4) все атомы углерода в его молекуле находятся в состоянии *sp*-гибридизации
- 5) он не является изомером дивинила
- 6) при его гидратации в присутствии солей ртути(II) образуется бутаналь

Комментарий к выполнению задания

Чтобы определить ответ на это задание обучающимся необходимо применить знания о строении молекулы (видах связей, гибридизации атомов углерода), видах изомерии, характерных химических свойствах этого вещества.

Вернемся вновь к вопросу об установлении классификационных признаков углеводов.

При обучении обучающихся умению классифицировать органические вещества (на примере углеводов различных классов и групп) важно:

- 1) актуализировать знания по установлению классификационных признаков неорганических веществ с учетом их качественного и количественного состава;
- 2) формировать понимание обучающимися того, что установить классификационную принадлежность органического вещества можно не только путем анализа строения вещества по его структурной формуле, но и на основе качественного и количественного состава вещества, используя при этом понятие «общая формула» класса веществ, которая отражает соотношение атомов углерода и водорода в молекуле веществ;
- 3) при определении названий веществ ориентировать обучающихся на применение знаний о различных принципах номенклатуры органических веществ и возможности использовать тривиальные названия отдельных представителей веществ. Очевидно, что все эти вопросы должны рассматриваться с позиций основных положений теории строения органических веществ А. М. Бутлерова.

Напомним, что существуют следующие разновидности номенклатуры органических соединений – рациональная и систематическая номенклатура.

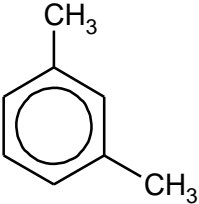
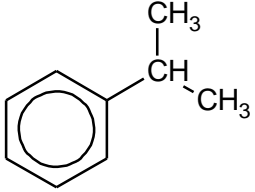
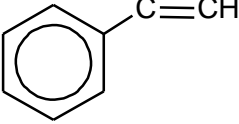
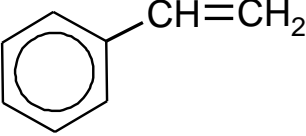
Систематическая номенклатура (ИЮПАК (IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry)) основывается на современной теории строения и классификации органических соединений. Согласно принципам этой номенклатуры, название каждого органического соединения содержит названия функциональных групп (или заместителей) и основного скелета углеводорода.

Тривиальные названия сложились исторически, когда органическим соединениям давали случайные названия в соответствии с источником получения (щавелевая кислота, яблочная кислота, ванилин), цветом или запахом (ароматические соединения), реже в соответствии с химическими свойствами (парафины). Многие такие названия часто применяются до сих пор, например: мочевины, толуол, ксилит, индиго, уксусная кислота, масляная кислота, валериановая кислота, гликоль, аланин и многие другие.

Средствами для формирования умения классифицировать органические вещества – углеводороды в данном случае – служат задания различного типа и уровня сложности (см. задания 3 и 4), которые ориентированы на достижение предметного результата, отражающего «сформированность умений устанавливать принадлежность изученных органических веществ по их составу и строению к определенному классу/группе соединений, давать их названия по систематической номенклатуре (IUPAC) и приводить тривиальные названия для отдельных представителей органических веществ» (см. задание 4).

Задание 4¹

Даны структурные формулы органических веществ. Дайте название каждого из этих веществ в соответствии с правилами систематической номенклатуры, а также их тривиальные названия. Запишите ответы в соответствующих ячейках таблицы.

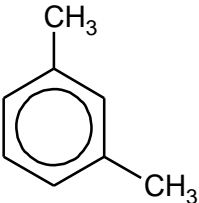
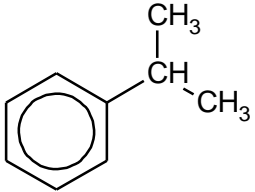
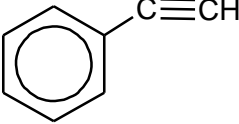
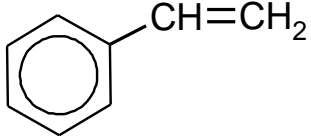
Структурная формула вещества	Название вещества	
	по систематической номенклатуре	тривиальное
		
		
		
		

¹ Задание ориентировано на формирование умения давать названия органических веществ по систематической номенклатуре и тривиальные названия.

Комментарий к выполнению задания

Учащимся целесообразно предложить по результатам выполнения задания охарактеризовать последовательность выполненных действий.

Ход возможных рассуждений может быть следующим: 1) в молекулах приведенных веществ (как видно из их структурных формул) присутствует бензольное кольцо. На этом основании мы можем отнести их к классу аренов, т. е. рассматривать их как производные бензола, в молекуле которых атомы водорода замещены на углеводородные радикалы; 2) далее мы определяем название каждого углеводородного радикала (см. приложение 3), присутствующего в молекулах веществ, указанных в задании, применяя принципы организации систематической номенклатуры веществ и тривиальных названий к каждому из предложенных веществ, формулируем их названия.

Структурная формула вещества	Название вещества	
	по систематической номенклатуре	тривиальное
	1,3-диметилбензол	<i>орто</i> -диметилбензол, <i>орто</i> -ксилол
	изопропилбензол	кумол
	этинилбензол	фенилацетилен
	винилбензол	стирол

Установить принадлежность органического вещества к определенному классу можно не только анализируя строение вещества по его структурной формуле. Качественный и количественный состав вещества также позволяет установить его классификационную принадлежность. При изучении углеводородов обучающиеся знакомятся с понятием «общая формула» класса веществ, которая отражает соотношение атомов углерода и водорода в их

молекулах. Умение использовать это понятие при выполнении конкретных заданий углубляет знания обучающихся о принципах классификации органических веществ (задание 5).

Задание 5¹

Установите соответствие между формулой вещества и классом (группой) органических соединений, к которому(-ой) оно принадлежит.

ФОРМУЛА ВЕЩЕСТВА	КЛАСС (ГРУППА) ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
А) C ₆ H ₆	1) алканы
Б) C ₆ H ₁₀	2) алкены
В) C ₇ H ₁₆	3) циклоалканы
Г) C ₈ H ₁₀	4) алкины
	5) арены

Комментарий к выполнению задания

Определяя математическое соотношение атомов углерода и водорода в каждой из указанных формул и применяя знания об общих формулах веществ каждого из названных классов, обучающиеся формулируют ответ на задание.

Формула	Общая формула класса	Класс
C ₆ H ₆	C _n H _{2n-6}	арены
C ₆ H ₁₀	C _n H _{2n-2}	алкины
C ₇ H ₁₆	C _n H _{2n+2}	алканы
C ₈ H ₁₀	C _n H _{2n-6}	арены

Данное задание является ярким примером применения приема моделирования, о котором шла речь ранее, для активизации процесса познания при изучении углеводородов. В данном случае два модельных представления, а именно – молекулярная формула вещества и общая формула класса, сопоставляются друг с другом, и полученная при этом информация преобразуется в название конкретного класса.

¹ Задание ориентировано на формирование умения определять классификационную принадлежность вещества по его молекулярной формуле, применяя понятие «общая формула» веществ определенного класса (см. приложение 2).

Задания на установление соответствия между элементами двух множеств позволяют проверить знание обучающимися общих формул почти всех классов углеводов, а также проверить умение выбрать оптимальный алгоритм для выполнения конкретного задания.

Особое внимание при изучении темы необходимо уделить вопросам об электронном строении молекул углеводорода, об особенностях химической связи и механизмах реакций с участием органических веществ. Рассмотрение этих вопросов имеет важное познавательное значение для формирования понимания обучающимися ключевой идеи курса органической химии в целом – это идея взаимосвязи и обусловленности свойств органических веществ, их состава и строения. Поэтому остановимся несколько подробнее на методических аспектах рассмотрения этих вопросов.

Электронное строение молекул углеводов и химическая связь

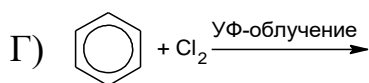
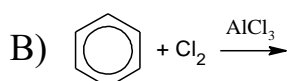
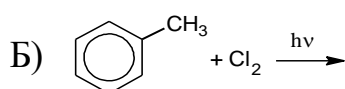
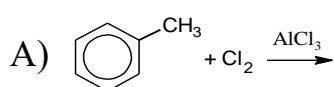
С точки зрения электронного строения молекул органических веществ возможно рассмотреть в развитии представления об образовании ковалентных химических связей (σ - и π -связей, кратных связей, ароматической связи); установить закономерности смещения электронной плотности в молекулах, а также закономерности влияния этого смещения на реакционную способность вещества. Так, например, при изучении химических свойств аренов (см. приложение 4, табл. 11) следует иметь в виду, что гомологи бензола вступают в реакции замещения с теми же реагентами, что и сам бензол, но при этом необходимо учитывать тот факт, что существующее отличие в их электронном строении окажет влияние на протекание процесса (в зависимости от условий) и на характер образующихся продуктов. Суть этого влияния заключается в следующем. Присутствующие в молекулах гомологов бензола алкильные радикалы ($-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$, $-\text{C}_3\text{H}_7$ и др.) являются донорами электронной плотности, проявляют положительный индуктивный эффект – увеличение электронной плотности в положениях 2, 4 и 6 по отношению к радикалу. Из-за такого перераспределения электронной плотности бензольное ядро становится более активным в реакциях замещения (реакции протекают легче, в более мягких условиях), а замещение атомов водорода происходит в *орто*- и *пара*-положениях по отношению к алкильному радикалу. Понимание

обучающимися этой закономерности важно формировать в процессе выполнения конкретных заданий (см. задание б).

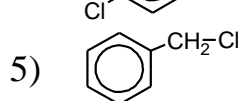
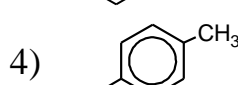
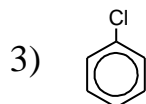
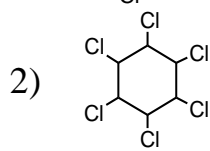
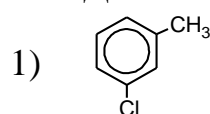
Задание б

Установите соответствие между исходными веществами и органическим веществом, преимущественно образующимся при их взаимодействии. К каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА

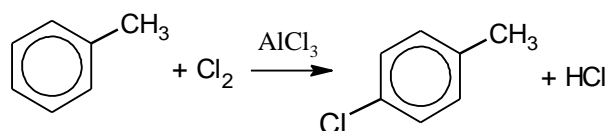


ПРОДУКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

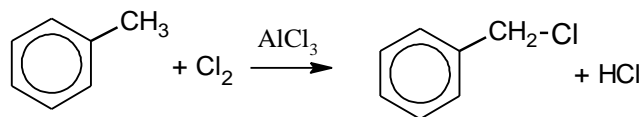


Комментарий к выполнению задания

Проанализируем каждую из приведенных схем реакций. Рассмотрим схему под буквой А. При взаимодействии толуола с хлором в присутствии катализатора AlCl_3 протекает реакция замещения атомов водорода в ароматическом ядре, причем заместитель под влиянием радикала $-\text{CH}_3$ направляется преимущественно в положения 2, 4, 6. Продуктом данной реакции может быть как 2-хлортолуол, так и 4-хлортолуол. Среди приведенных продуктов реакций в условии задания присутствует 4-хлортолуол (ответ 4). Подтвердим сказанное уравнением реакции.

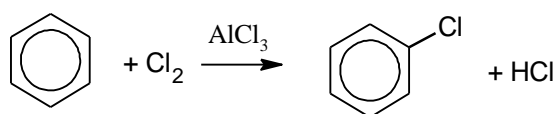


Рассмотрим схему под буквой Б. При взаимодействии толуола с хлором на свету происходит замещение атома водорода в метильном радикале.

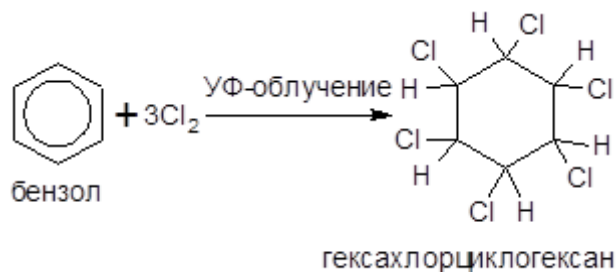


В результате образуется вещество, которое указано под цифрой 5.

Рассмотрим схему под буквой В. Взаимодействие бензола с хлором в присутствии катализатора AlCl_3 приводит к образованию хлорбензола, который указан под цифрой 3. Подтвердим сказанное уравнением реакции.



Рассмотрим схему под буквой Г. Если реакционную смесь бензола с хлором подвергнуть УФ-облучению, то происходит реакция, которая сопровождается разрывом бензольного ядра и присоединением хлора по месту разрыва связей. Продуктом реакции будет гексахлорциклогексан (ответ 2). Подтвердим сказанное уравнением реакции.



Об особенностях и механизмах протекания реакций между органическими веществами

Суть особенностей этих реакций состоит в следующем: 1) поскольку в них участвуют вещества молекулярного строения, то они протекают обычно с меньшей скоростью, чем, например, реакции ионного обмена; 2) во многих случаях для таких реакций необходимы специальные условия (нагревание, увеличение давления, присутствие катализатора, освещение); 3) большинство из этих реакций сопровождаются образованием не одного, а нескольких продуктов реакций.

За некоторыми реакциями закрепились особые названия, которые зависят от используемых реагентов: гидрирование (присоединение водорода),

галогенирование (хлорирование, бромирование), гидрогалогенирование (присоединение галогеноводородов), гидратация (присоединение воды) и т. п. По сути, эти названия являются классификационными признаками этих реакций.

Классифицировать реакции между органическими веществами можно и на основе механизма их протекания. Это будут следующие типы реакций:

- реакции замещения, в процессе которых один атом (или функциональная группа) замещается на другой(-ую);
- реакции присоединения, которые протекают с разрывом π -связей;
- реакции отщепления, для которых требуются определенные реагенты (водоотнимающие вещества, активные металлы, спиртовой раствор щелочи);
- реакции полимеризации, при которых происходит соединение большого числа молекул (мономеров) с образованием макромолекул полимера.

В органической химии реакции классифицируют также и по механизмам разрыва и образования химических связей: гомолитический (радикальный) и гетеролитический (ионный) разрыв связей.

В содержании раздела «Углеводороды» представлены все названные выше типы реакций. Так, например, при изучении химических свойств алканов предметом изучения являются реакции замещения, протекающие по радикальному механизму (реакции галогенирования и нитрования). А при изучении свойств алкенов – реакции присоединения, протекающие по ионному механизму (реакции гидрогалогенирования и гидратации). Рассматривая механизм присоединения галогеноводородов к несимметричным алкенам, необходимо акцентировать внимание на выполнении правила Марковникова. Суть этого правила состоит в том, что атом водорода преимущественно присоединяется к более гидрированному атому углерода при двойной связи. Но при этом нужно уточнить, что это правило не универсально: оно применимо только в том случае, если молекула алкена не содержит никаких более электроотрицательных, чем углерод, атомов, а реакция присоединения протекает по ионному механизму.

Задания различного типа и уровня сложности помогут обеспечить достижение обучающимися предметного результата «объяснить механизмы протекания реакций замещения у алканов и реакций присоединения у алкенов несимметричного строения (правило Марковникова)» (см. задания 7–9).

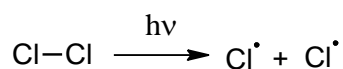
Задание 7

Из предложенного перечня суждений выберите два, которые описывают процесс хлорирования метана.

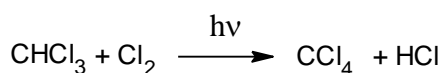
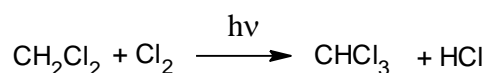
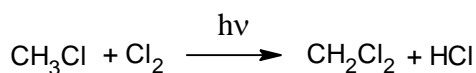
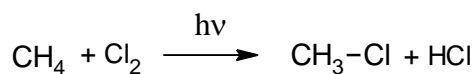
- 1) протекает по ионному механизму
- 2) начинается с разрыва связи в молекуле хлора
- 3) сопровождается выделением H_2
- 4) относится к эндотермическим процессам
- 5) приводит к образованию нескольких хлорпроизводных

Комментарий к выполнению задания

Реакция хлорирования метана протекает на свету по цепному радикальному механизму и сопровождается выделением значительного количества теплоты, т. е. является экзотермической. Первой стадией этой реакции является разрыв ковалентной связи в молекулах хлора, на что и затрачивается энергия кванта света:



Реакция протекает в несколько стадий с образованием не только хлорметана, но также и других хлорпроизводных – дихлорметана, трихлорметана и тетрахлорметана. Каждая стадия реакции сопровождается образованием хлороводорода:



Задание 8

Промежуточное образование карбокатиона $CH_3 - CH_2^+$ происходит при взаимодействии:

- 1) этена и хлора
- 2) этена и хлороводорода
- 3) этилена и водорода
- 4) этена и брома
- 5) реакция этилена и бромоводорода
- 6) этилена и воды в присутствии катализатора

Комментарий к выполнению задания

Образование карбокатиона происходит при ионном разрыве π -связи в молекуле алкена в процессе реакций гидрогалогенирования и гидратации. Проанализировав условие задания, можно заметить, что такие реакции указаны в вариантах ответов под номерами 2 (реакция этена и хлороводорода), 5 (реакция этилена и бромоводорода) и 6 (реакция этилена и воды в присутствии катализатора).

Задание 9

Из предложенного перечня выберите два взаимодействия, которые относятся к реакциям замещения.

- 1) бромирование циклогексана на свету
- 2) взаимодействие пропена и водорода
- 3) хлорирование пропена при комнатной температуре
- 4) нитрование бензола
- 5) взаимодействие пропена и воды

Комментарий к выполнению задания

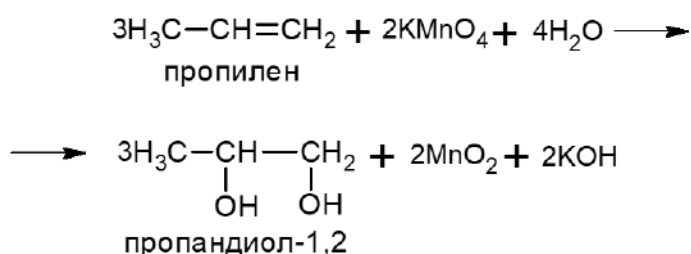
При бромировании циклогексана на свету происходит замещение атома водорода на атом брома, цикл из шести атомов углерода не разрывается, так как имеет устойчивую конфигурацию. Эта реакция является реакцией замещения. При взаимодействии пропена с водородом происходит разрыв π -связи и присоединение водорода по месту разрыва. Эта реакция относится к реакциям присоединения. В процессе хлорирования пропена при комнатной температуре происходит разрыв π -связи и присоединение хлора по месту разрыва. Это также реакция присоединения. При взаимодействии бензола с азотной кислотой происходит замещение одного из атомов водорода бензольного кольца на группу $-\text{NO}_2$. Это реакция замещения. Взаимодействие пропена с водой относится к реакциям присоединения, так как происходит разрыв π -связи в молекуле пропена

и последующее присоединение воды по месту разрыв связи. На основании сделанных заключений формулируется ответ (14).

*Об особенностях окислительно-восстановительных реакций
с участием углеводов*

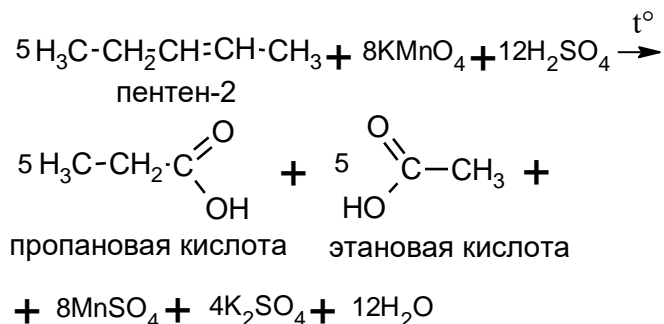
В органической химии существует несколько иной подход к окислительно-восстановительным реакциям. Под действием окислителя органические молекулы могут приобретать атомы кислорода или терять атомы водорода. Степень окисления углерода в органических веществах можно определить, применяя тот же алгоритм, что использовали для определения степеней окисления в неорганических веществах, несмотря на то что в органических веществах степень окисления атомов носит формальный характер и не связана с реальным распределением электронной плотности в молекуле. Такой формальный подход дает возможность применить метод электронного баланса для расстановки коэффициентов в окислительно-восстановительных реакциях с участием органических веществ.

Рассмотрим более подробно особенности протекания окислительно-восстановительных реакций применительно к алкенам. Вначале отметим тот факт, что в отличие от алканов они легко подвергаются действию различных окислителей. Причем состав образующихся при этом продуктов зависит от условий, в которых происходят данные процессы (силы окислителя, среды, в которой проводится реакция, нагревания). Так, например, при действии на алкены водного или слабощелочного раствора перманганата калия протекает «мягкое» окисление. Реакция протекает без нагревания. При этом разрывается только π -связь $C=C$ и образуются двухатомные спирты.

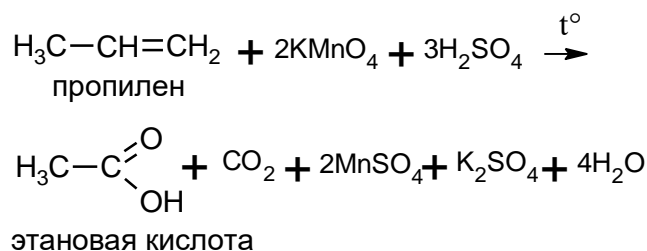


Необходимо отметить, что в процессе данной реакции наблюдается исчезновение характерной фиолетовой окраски перманганата калия и образуются коричневые хлопья диоксида марганца. Такой признак реакции позволяет говорить, что это одна из качественных реакций на наличие двойной

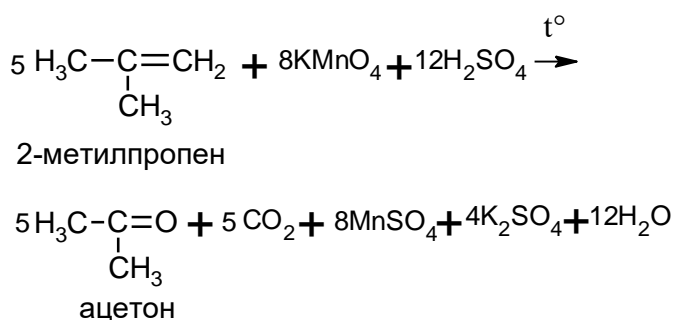
связи в молекулах органических веществ. При более энергичном окислении – действии перманганата калия в кислой среде при нагревании – протекает «жесткое» окисление алкенов. При этом происходит расщепление молекулы по месту двойной связи с образованием смеси карбоновых кислот.



Если двойная связь находится на конце молекулы, то одним из продуктов окисления алкена будет углекислый газ.



Если же у атома углерода, образующего двойную связь, имеется дополнительный углеводородный заместитель и нет атома водорода, то в результате его окисления образуется не карбоновая кислота, а кетон.



Особого внимания учителя потребует формирование у обучающихся умения расставлять коэффициенты в данных уравнениях реакций. Обучающийся при этом может воспользоваться как методом электронного баланса, так и методом электронно-ионного баланса.

Задания различного типа и уровня сложности помогут обеспечить достижение обучающимися предметного результата, который отражает «сформированность умения раскрывать сущность: окислительно-

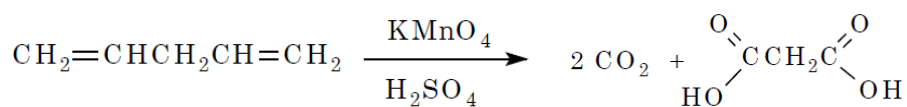
восстановительных реакций посредством составления электронного (электронно-ионного) баланса этих реакций» (см. задание 10).

Задание 10

Напишите уравнение реакции окисления пентадиена-1,4 перманганатом калия в кислой среде.

Комментарий к выполнению задания

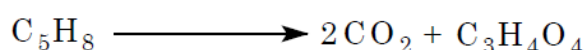
Анализируем условие задания: отмечаем, что указан сильный окислитель (KMnO₄), среда протекания реакции кислая, а в окисляемой молекуле присутствуют две концевые двойные связи и ее углеродный скелет неразветвленный. На основании этого анализа прогнозируем, что произойдет разрыв этих двойных связей и в результате образуются две молекулы углекислого газа (из концевых атомов углерода), а при окислении 2-го и 4-го углеродных атомов исходной молекулы образуются карбоксильные группы. Составим схему реакции:



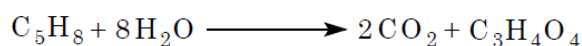
Определим коэффициенты в уравнении реакции методом электронно-ионного баланса. Для этого осуществим следующие действия:

1. Составим уравнение процесса окисления:

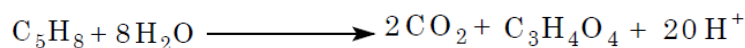
– с помощью молекулярных формул запишем схему окисления:



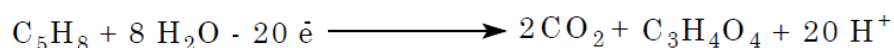
– уравнием количество атомов кислорода с помощью добавления молекул воды в левую часть уравнения:



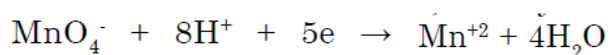
– уравнием количество атомов водорода, добавив в правую часть уравнения протоны водорода, так как среда раствора кислая:



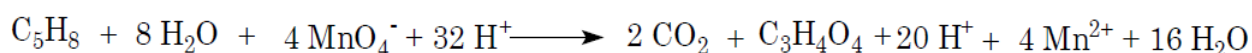
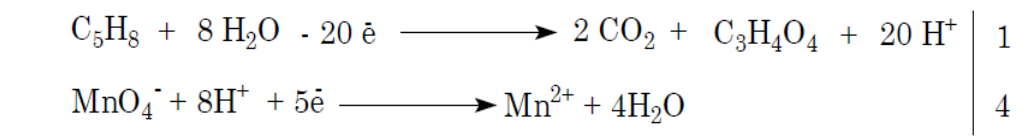
– уравнием заряды в левой и правой частях уравнения с помощью электронов:



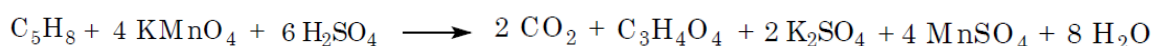
2. Действуя подобным образом, составим уравнение процесса восстановления.



3. Находим число электронов, участвующих в окислительно-восстановительной реакции. Для этого суммируем процессы окисления и восстановления. На этом основании определяем коэффициенты для окислителя и восстановителя.



Сокращаем одинаковые члены уравнения в левой и правой частях (протоны водорода и молекулы воды). Далее записываем окончательное уравнение окислительно-восстановительной реакции.



Обратим внимание еще на некоторые предметные результаты освоения содержания раздела «Углеводороды», достижение которых имеет важное познавательное значение и для освоения последующих тем курса органической химии, – «сформированность умения *характеризовать (описывать)* общие и специфические химические свойства органических веществ различных классов/групп и генетическую связь между ними, подтверждая это описание примерами уравнений соответствующих химических реакций с использованием структурных формул органических веществ» (см. приложение 4). Достижение этих результатов может обеспечиваться при выполнении следующих заданий (см. задания 11–17).

Задание 11

Из предложенного перечня выберите два вещества, с которыми реагируют и пропан, и пропен.

- 1) бромная вода
- 2) раствор KMnO_4
- 3) водород
- 4) кислород
- 5) хлор

Комментарий к выполнению задания

Определим характер химической связи в молекулах заданных веществ. Пропан относится к классу алканов, т. е. к предельным углеводородам, а пропен – к непредельным углеводородам алкенам. Проанализируем возможности взаимодействия этих веществ с перечисленными реагентами. Бромная вода и раствор перманганата калия обесцвечиваются под действием непредельных соединений. Пропан к таким веществам не относится. Взаимодействие с водородом – гидрирование – характерно для веществ, содержащих кратные связи и малые циклы. Пропан не будет подвергаться гидрированию. С кислородом реагируют практически все органические вещества. Данная реакция называется горением или окислением. Продуктами сгорания любых углеводородов являются углекислый газ и вода. Хлор может реагировать со всеми углеводородами, при этом протекают реакции замещения (с предельными углеводородами) или присоединения (с непредельными углеводородами). Таким образом, и пропан, и пропен могут реагировать с кислородом и хлором.

Задание 12

*Из предложенного перечня выберите два вещества, из которых в одну стадию **нельзя получить** бензол.*

- 1) метан
- 2) гексан
- 3) гептан
- 4) циклогексан
- 5) ацетилен

Комментарий к выполнению задания

Вспомним, что бензол можно получить несколькими способами: 1) тримеризацией ацетилена; 2) в результате дегидрирования циклогексана; 3) при дегидроциклизации гексана. Эти вещества указаны в вариантах ответа под номерами 2, 4, 5. Анализируя оставшиеся варианты ответа, заметим, что из гептана в результате его дегидроциклизации образуется не бензол, а толуол. Из метана получить бензол в одну стадию также невозможно. Следовательно, верными являются ответы 1 и 3.

Задание 13

Установите соответствие между химической реакцией и продуктом, который образуется в результате этой реакции: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ	ПРОДУКТ РЕАКЦИИ
А) изомеризация бутана	1) $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
Б) гидратация пропина	2) $\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
В) гидрирование пропена	3) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
Г) дегидрирование бутана	4) $\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_3$
	5) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
	6) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{matrix}$

Комментарий к выполнению задания

Изомеризация бутана происходит при наличии катализатора (AlCl_3) и сопровождается изменением углеродного скелета молекулы. В результате реакции образуется изобутан (метилпропан), формула которого представлена в правом столбце под цифрой 1. Гидратация пропина (присоединение воды) протекает в присутствии солей ртути(II). Продуктом реакции является карбонильное соединение – ацетон. Его формула представлена под цифрой 4. Гидрирование пропина (присоединение водорода) протекает с участием катализатора при повышенных температуре и давлении. Продуктом реакции является пропан, формуле которого соответствует ответ под цифрой 5. Дегидрирование бутана (отщепление водорода) также протекает при обеспечении специальных условий (катализатор, температура, давление) и сопровождается образованием различных продуктов. В условии задания представлен один из возможных продуктов этой реакции – бутадиен-1,3, его формула представлена под цифрой 3.

Задание 14

Установите соответствие между названием вещества и продуктом, преимущественно образующимся при его взаимодействии с избытком бромоводорода. К каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА	ПРОДУКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
А) бутен-2	1) $\text{CH}_3-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
Б) циклобутан	2) $\underset{\text{Br}}{\text{CH}_2}-\text{CH}_2-\underset{\text{Br}}{\text{CH}_2}$
В) пропилен	3) $\text{CH}_3-\overset{\text{Br}}{\underset{\text{Br}}{\text{C}}}-\text{CH}_3$
Г) пропин	4) $\text{CH}_3-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
	5) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{Br}}{\text{CH}_2}$
	6) $\text{CH}_3-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$

Комментарий к выполнению задания

При взаимодействии бутена-2 с бромоводородом происходит разрыв π -связи в его молекуле по ионному механизму и присоединение молекулы бромоводорода к атомам углерода. В результате этой реакции образуется 2-бромбутан, структурная формула которого представлена в ответе под цифрой 4. Циклобутан относится к представителям циклоалканов с малыми углеродными циклами. Такие молекулы неустойчивы и способны вступать в реакции присоединения с разрывом углеродного цикла. В результате реакции циклобутана с бромоводородом образуется 1-бромбутан. Его формула присутствует в ответе под цифрой 5. Реакция пропилена с бромоводородом протекает аналогично реакции бутена с бромоводородом – по ионному механизму, с разрывом π -связи в его молекуле. Но в этом случае необходимо применить правило Марковникова – бром будет присоединяться к менее гидрированному атому углерода, т. е. ко второму атому углерода в молекуле.

Продуктом этой реакции будет 2-бромпропан, его формула – под цифрой 6. В молекуле пропина присутствуют две π -связи (в составе тройной связи). Так как в условии задания указан избыток бромоводорода, то реакция будет протекать с разрывом каждой из π -связей. Применяв, как и в предыдущем случае, правило Марковникова, определяем продукт данной реакции – 2,2-дибромпропан (формула под цифрой 3).

Задание 15

Установите соответствие между химической реакцией и продуктом, который образуется в результате этой реакции. К каждому элементу первого столбца, обозначенного буквой, выберите элемент из второго столбца, обозначенный цифрой.

СХЕМА РЕАКЦИИ	РЕАГЕНТ X
А) $\text{CH}_3\text{-CH}_3 \xrightarrow{\text{X}} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Br}$	1) HBr
Б) $\text{CH}_3\text{-CH}_3 \xrightarrow{\text{X}} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NO}_2$	2) HNO ₃
В) $\text{HC}\equiv\text{CH} \xrightarrow{\text{X}} \text{CH}_3\text{-CHO}$	3) Br ₂
Г) $\text{HC}\equiv\text{C-CH}_3 \xrightarrow{\text{X}} \text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$	4) NO ₂
	5) CO
	6) H ₂ O

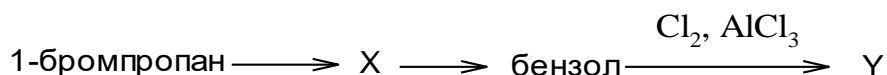
Комментарий к выполнению задания

Для определения того, какое вещество участвует в каждой из реакций, схемы которых приведены в условии задания, сопоставим состав исходных веществ и продуктов реакций. Так, по анализу состава веществ в схеме реакции под буквой А видно, что происходит замещение атома водорода в молекуле этана на бром. Значит, это реакция бромирования алкана – реагент бром (ответ 3). По схеме реакции под буквой Б также видно, что происходит замещение атома водорода в исходном этане на нитрогруппу. Это возможно в реакции нитрования под действием раствора азотной кислоты (ответ 2). Схема реакции под буквой В соответствует процессу гидратации ацетилена, о чем свидетельствует состав

продукта реакции, который отличается от состава исходного вещества как раз на молекулу воды (ответ б). В схеме реакции под буквой Г происходит такой же, как и в случае реакции под буквой В, процесс – присоединение воды (гидратация) к пропину (ответ б).

Задание 16

Задана следующая схема превращений веществ:



Определите, какие из указанных веществ являются веществами X и Y:

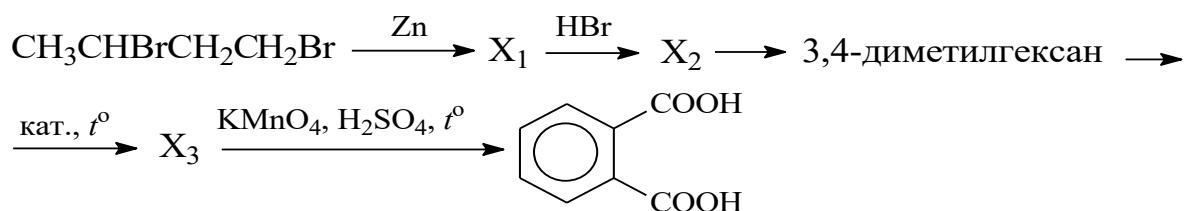
- 1) пропанол-1
- 2) пропилен
- 3) гексан
- 4) хлорбензол
- 5) гексахлорциклогексан

Комментарий к выполнению задания

Среди перечисленных веществ в качестве вещества X нужно выбрать такое, которое будет отвечать одновременно двум критериям: оно может быть получено из 1-бромпропана в одну стадию, а также это вещество должно в одну стадию превращаться в бензол. Таким веществом является гексан. Действительно, его можно получить с помощью реакции Вюрца из 1-бромпропана действием натрия. Далее при дегидрировании и циклизации из гексана образуется бензол (катализатор – металл платиновой группы). В последнем превращении при хлорировании бензола в присутствии катализатора идет реакция замещения водорода хлором и образуется хлорбензол. Запишем в таблицу номера выбранных веществ под соответствующими буквами.

Задание 17

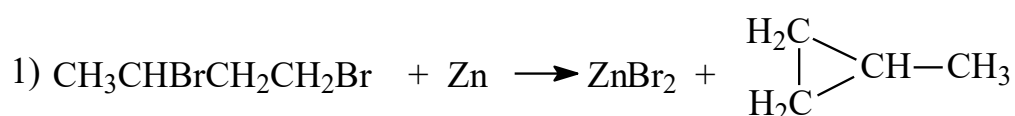
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения.



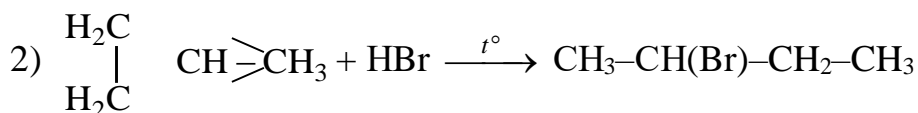
При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

Комментарий к выполнению задания

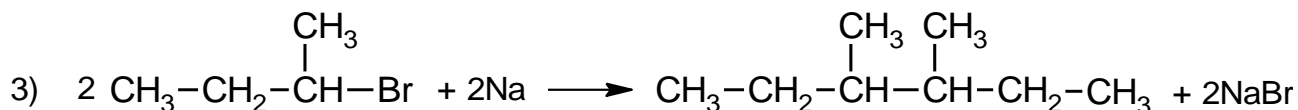
При обработке 1,3-дибромбутана металлическим цинком происходит отщепление атомов брома и замыкание цикла из трех атомов углерода, при этом образуется метилциклопропан. Это превращение иллюстрирует следующее уравнение реакции:



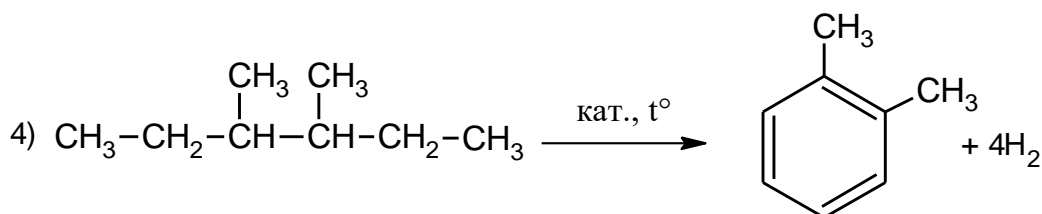
Известно, что малые циклы неустойчивы и для них возможны реакции присоединения с раскрытием цикла. При взаимодействии метилциклопропана с бромоводородом преимущественно образуется 2-бромбутан. Еще одним продуктом этой реакции может быть 1-бромбутан. Но это вещество не соответствует заданной схеме превращений, так как из него нельзя будет получить следующее вещество – 3,4-диметилгексан. Поэтому уравнение реакции будет выглядеть так:



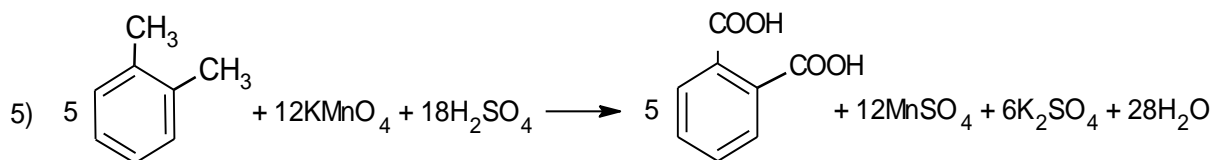
Чтобы получить 3,4-диметилгексан из 2-бромбутана необходимо провести реакцию с металлическим натрием (реакция Вюрца), в результате которой увеличивается углеродный скелет молекулы. Составим соответствующее уравнение реакции:



Четвертое превращение предполагает проведение дегидроциклизации (ароматизации) 3,4-диметилгексана с образованием 1,2-диметилбензола, так как именно из него при окислении можно получить заданную дикарбоновую кислоту. Запишем уравнение, соответствующее процессу дегидроциклизации:



Составим уравнение реакции последнего превращения – окисления, полученного 1,2-диметилбензола перманганатом калия в присутствии серной кислоты. Каждая из метильных групп при этом окисляется до карбоксильной группы.



Важно, что при записи уравнения этой реакции нужно указать все продукты реакции и правильно расставить стехиометрические коэффициенты.

*Об использовании методического приема «решение задач»
при изучении темы «Углеводороды»*

Все сказанное ранее относительно назначения и особенностей использования данного методического приема в учебном процессе в полной мере соотносится с изучением раздела «Углеводороды». Для более конкретного рассмотрения этих вопросов с учетом специфики содержания раздела «Углеводороды» считаем необходимым еще раз обратить внимание учителя на отдельные, важные с нашей точки зрения, положения, которые обязательно следует учитывать при изучении данной темы. Это, в частности, положение о том, что решение задач: 1) *способствует* прочному освоению учебного материала, осознанному пониманию сущности изучаемых теорий, законов и закономерностей; 2) *требует применения знаний* свойств веществ и условий протекания соответствующих реакций с их участием; *сформированности умения* составлять формулы веществ и уравнения реакций; *правильного использования* соответствующих физических величин и корректного проведения математических расчетов (см. приложение 5); 3) *предполагает* активную познавательную деятельность обучающихся, непременно элементами которой являются *уточнение* и *закрепление* ведущих понятий о веществе и химической реакции, *совершенствование* умений по применению знаний; формирование представлений, необходимых для осознанного восприятия последующего материала; 4) *создает* основу для успешного достижения абсолютного большинства предметных результатов освоения учебного материала.

Названные положения применимы к решению всех типов химических задач, рекомендованных Рабочей программой к использованию при изучении раздела «Углеводороды». Рассмотрим некоторые типы расчетных задач, с помощью которых формируется умение «решать задачи» (см. задания 18–22).

Тип задания: расчеты объемных отношений газов при химических реакциях

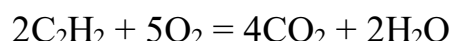
Для расчетов объемных соотношений газов необходимо воспользоваться законом Гей-Люссака: газы взаимодействуют в объемах, пропорциональных коэффициентам в уравнении реакции. Обратим внимание на то, что если в условии задания нет указания на то, что объемы газов измерены при нормальных условиях (н. у.), то использовать значение молярного объема газа 22,4 л/моль будет ошибочно (см. задание 18).

Задание 18

Вычислите объем кислорода, который необходим для полного сгорания 50 л ацетилена. При решении задачи учесть, что объемы газов измерены при одинаковых условиях. В ответе запишите число с точностью до целых.

Комментарий к выполнению задания

Составим уравнение реакции полного сгорания ацетилена.



В соответствии с коэффициентами в уравнении реакции объемы ацетилена и кислорода соотносятся как два к пяти.

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) : V(\text{O}_2) = 2 : 5$$

Следовательно, для полного сгорания 50 л ацетилена потребуется кислород, объем которого в 2,5 раза больше, чем объем ацетилена.

$$V(\text{O}_2) = (5 : 2) \cdot V(\text{C}_2\text{H}_2) = 2,5 \cdot 50 \text{ л} = 125 \text{ л}$$

Запишем число с требуемой точностью (до целых).

Ответ: 125 л.

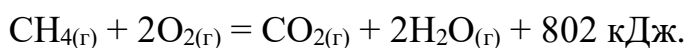
Тип задания: расчеты по термохимическим уравнениям

Термохимические уравнения реакций наряду с формулами веществ, участвующих в реакции, содержат информацию о тепловом эффекте данной

реакции. Тепловой эффект показывает количество теплоты, которое поглощается или выделяется, если в реакции участвует такое количество каждого из веществ, которое указано в уравнении реакции. Если изменить количество вещества, то пропорционально изменится количество теплоты, выделяющейся или поглощающейся в этом химическом процессе. Этот принцип пропорциональной зависимости между физическими величинами, характеризующими вещества (масса, объем), и тепловым эффектом реакции надо применить при решении конкретной задачи (см. задание 19).

Задание 19

Вычислите количество теплоты, выделившейся при сжигании 24 г метана, если реакция протекает согласно термохимическому уравнению:



В ответе запишите число с точностью до целых.

Комментарий к выполнению задания

Термохимическое уравнение показывает, какое количество энергии выделяется (поглощается) при взаимодействии указанных количеств веществ.

Согласно термохимическому уравнению, при сжигании 1 моль метана (CH_4) выделяется 802 кДж теплоты. Определим количество вещества метана, которое соответствует 24 г метана.

$$n(\text{CH}_4) = \frac{24}{16} = 1,5 \text{ моль.}$$

Найдем количество теплоты, выделившееся при сгорании 1,5 моль CH_4 .

$$802 \text{ кДж} \cdot 1,5 = 1203 \text{ кДж}$$

Запишем число с требуемой точностью (до целых).

Ответ: 1203 кДж.

Тип задания: расчеты массы вещества или объема газов по известному количеству вещества, массе или объему одного из участвующих в реакции веществ

В основе решения подобных задач лежит пропорциональная зависимость между физическими величинами, обозначенными в условии задачи и относящимися к конкретным веществам. Эта пропорциональная зависимость выявляется на основе уравнения химической реакции, о которой идет речь в условии задачи. Физические величины, которые используются при расчетах

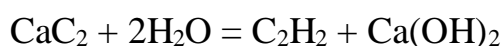
представлены в таблице 13 (см. приложение 4). Решение подобных задач формирует умение применять такие физические величины, как молярная масса, вещества, масса вещества, объем газа, количество вещества, а также устанавливать взаимосвязь этих величин (см. задание 20).

Задание 20

Вычислите объем (н. у.) ацетилена, который образуется при взаимодействии карбида кальция массой 32 г с избытком воды.

Комментарий к выполнению задания

В условии задачи идет речь о гидролизе карбида кальция. Составим уравнение соответствующей реакции.



По уравнению реакции видно, что количество вещества ацетилена равно количеству вещества карбида кальция (показывают коэффициенты в уравнении реакции). Предварительно вычислим количество вещества карбида кальция, для этого воспользуемся формулой $n = \frac{m}{M}$. Если молярная масса карбида кальция равна $M(\text{CaC}_2) = 64$ г/моль, то $n(\text{CaC}_2) = \frac{32}{64}$ г/моль = 0,5 моль. Количество вещества ацетилена также равно $n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,5$ моль. Теперь используем формулу $V = n \cdot V_m$ для нахождения объема ацетилена.

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,5 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 11,2 \text{ л}$$

Тип задания: проводить вычисления для определения молекулярной формулы органического вещества по известным массовым долям химических элементов, продуктам сгорания, относительной плотности газов

При решении задач такого типа формируется понимание сути и осознанное применение таких понятий, как «молярная масса вещества», «относительная плотность вещества», «общая формула класса углеводородов», «индексы», «соотношение атомов в молекуле», «простейшая формула вещества». Рассмотрим примеры конкретных заданий и прокомментируем их выполнение (см. задания 21 и 22).

Задание 21

При сгорании 17,5 г органического вещества получили 28 л (н. у.) углекислого газа и 22,5 г воды. Плотность паров этого вещества (н. у.)

составляет 3,125 г/л. Известно также, что это вещество имеет циклическое строение, не реагирует с водородом, но реагирует с хлором с образованием только одного монохлорпроизводного.

1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;

2) запишите молекулярную формулу органического вещества;

3) составьте структурную формулу исходного вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;

4) напишите уравнение реакции данного вещества с хлором (используйте структурные формулы органических веществ).

Комментарий к выполнению задания

Учитывая состав продуктов и наличие кислорода в реакции, можно обозначить состав органического вещества общей формулой – $C_xH_yO_z$.

Находим количество вещества углекислого газа, воды и органического вещества по известным массам углекислого газа и воды:

$$n(\text{CO}_2) = 28/22,4 = 1,25 \text{ моль}, n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 1,25 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 22,5/18 = 1,25 \text{ моль}, n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2,5 \text{ моль}$$

Находим молярную массу вещества и количество вещества:

$$M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 3,125 \cdot 22,4 = 70 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 17,5/70 = 0,25 \text{ моль}$$

Находим значения x и y :

$$x = n(\text{C})/n(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 1,25/0,25 = 5$$

$$y = n(\text{H})/n(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 2,5/0,25 = 10$$

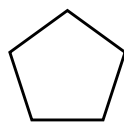
Используя значение молярной массы вещества, определим тот факт, что кислород в молекуле вещества отсутствует:

$$M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 3,125 \cdot 22,4 = 70 \text{ г/моль}$$

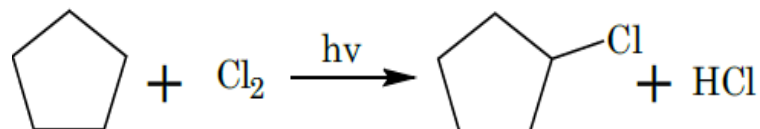
$$M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 5 \cdot 12 + 10 + z \cdot 16 = 70, z = 0$$

Установим молекулярную формулу вещества – C_5H_{10} .

Составим структурную формулу вещества, учитывая при этом все сведения из условия задачи о строении и свойствах органического вещества:



Составим уравнение реакции.



Задание 22

Определите молекулярную формулу циклоалкана, плотность паров которого по метану 5,25. Установите возможное строение циклоалкана, если известно, что в его цикле содержится пять атомов углерода. Составьте уравнение реакции нитрования этого циклоалкана.

Комментарий к выполнению задания

Используя значение плотности паров вещества, вычислим молярную массу циклоалкана:

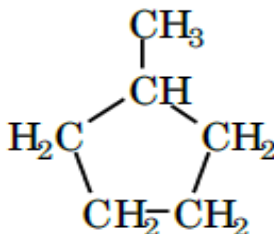
$$M(C_nH_{2n}) = D_{CH_4} \cdot M(CH_4) = 5,25 \cdot 16 = 84 \text{ г/моль}$$

Применяя общую формулу циклоалканов (C_nH_{2n}) и значение молярной массы вещества, найдем число атомов углерода и водорода в молекуле циклоалкана:

$$12n + 2n = 84, n = 6$$

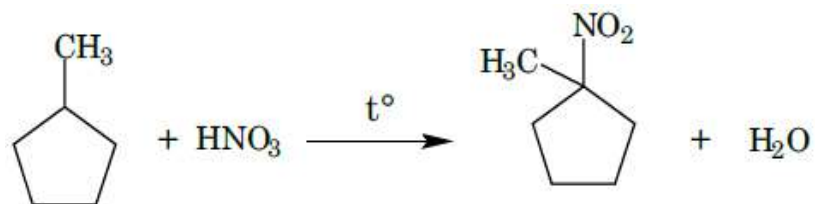
Запишем молекулярную формулу циклоалкана – C_6H_{12} .

Учитывая данные условия задачи о структуре вещества, составим его структурную формулу.



метилциклопентан

Составим уравнение реакции вещества с азотной кислотой – это реакция замещения, в которой происходит замещение атома водорода на нитрогруппу у третичного атома углерода.



Как видно из приведенных примеров задач и комментариев по их решению, существует определенная последовательность действий (алгоритм), которая выполняется в процессе решения задачи. Использование задач различного типа формирует у обучающихся умение выбирать наиболее эффективный алгоритм решения задачи в зависимости от ее условия.

ПРИЛОЖЕНИЯ

В приложениях предлагаются дополнительные справочные материалы, которыми учитель может воспользоваться при подготовке уроков, посвященных изучению углеводов различных классов. Кроме того, предложена тематическая контрольная работа (см. приложение б), с помощью которой можно проверить сформированность знаний и умений, обязательных для освоения содержания учебного материала раздела «Углеводы».

Приложение 1

Перечень некоторых общенаучных методов и приемов, используемых в обучении химии

Наблюдение – процесс целенаправленного восприятия, цель которого – накопление знаний, фактов, образование первоначальных представлений об объектах.

Наблюдение связано с переработкой информации, в процессе которой значительную роль играют такие приемы (мыслительные операции) как анализ, синтез, абстрагирование и др.

Анализ – метод, состоящий в расчленении (в разложении) целого на его составные элементы (части, свойства).

Синтез – метод, состоящий в соединении (сочетании) отдельных элементов (частей, свойств) в единое целое.

Индукция – метод познания, основанный на умозаклучениях от частного к общему.

Индукция имеет большое значение на стадии накопления фактического материала и его обобщения.

Основой индуктивного умозаклучения является повторяемость явлений действительности и их признаков.

Обнаруживая сходные черты у ряда объектов определенного класса, можно сделать вывод о том, что эти признаки присущи всем представителям данного класса.

Дедукция – метод, основанный на умозаклучениях от общего к частному.

Сравнение – установление сходства или различия ряда явлений (процессов, свойств), в целом или в каких-либо признаках.

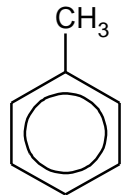
Классификация – единообразное распределение явлений и объектов по группам и классам; прием, основанный на логическом делении понятия.

Обобщение знаний – мыслительный прием, заключающийся в объединении отдельных объектов в некотором понятии.

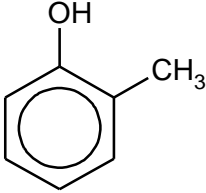
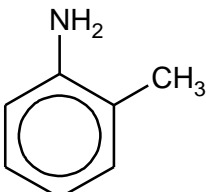
Систематизация знаний – мыслительный прием, в процессе которого изучаемые объекты организуются в определенную систему на основе выбранного принципа. Данный прием может быть применен на различных этапах изучения учебного материала (раздела, темы, отдельного понятия).

Приложение 2¹

Общие формулы классов важнейших органических веществ

Общая формула	Класс органических соединений	Примеры соединений
C_nH_{2n+2}	Алканы	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ бутан
C_nH_{2n}	Алкены	$CH_2=CH-CH_2-CH_3$ бутен-1
	Циклоалканы	$\begin{array}{c} H_2C-CH_2 \\ \quad \\ H_2C-CH_2 \end{array}$ циклобутан
C_nH_{2n-2}	Алкины	$CH\equiv C-CH_2-CH_3$ бутин-1
	Алкадиены	$CH_2=CH-CH=CH_2$ бутадиен-1,3
C_nH_{2n-6}	Ароматические углеводороды (арены)	 толуол
$C_nH_{2n+2}O$	Предельные одноатомные спирты	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ бутанол-1
	Простые эфиры	$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$ диэтиловый эфир
$C_nH_{2n+2}O_2$ или $C_nH_{2n}(OH)_2$	Двухатомные спирты	$\begin{array}{c} CH_2-CH-CH_2-CH_3 \\ \quad \\ OH \quad OH \end{array}$ бутандиол-1,2
$C_nH_{2n+2}O_3$ или $C_nH_{2n-1}(OH)_3$	Трехатомные спирты	$\begin{array}{c} CH_2-CH-CH-CH_3 \\ \quad \quad \\ OH \quad OH \quad OH \end{array}$ бутантриол-1,2,3

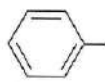
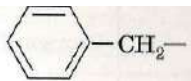
¹ Сведения, представленные в данном приложении, составлены на основе издания: Химия. Решение заданий повышенного и высокого уровня сложности. Как получить максимальный балл на ЕГЭ: учеб. пособие / А. А. Каверина, Г. Н. Молчанова, Н. В. Свириденкова, С. В. Стаханова. – М.: Интеллект-Центр, 2015. – 216 с.

Общая формула	Класс органических соединений	Примеры соединений
$C_nH_{2n-6}O$ или $C_nH_{2n-7}(OH)$	Фенолы	 2-метилфенол
$C_nH_{2n}O$	Альдегиды	$CH_3-CH_2-CH_2-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow H \end{matrix}$ бутаналь
	Кетоны	$CH_3-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O \end{matrix} -CH_2-CH_3$ бутанон
$C_nH_{2n}O_2$	Карбоновые кислоты	$CH_3-CH_2-CH_2-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$ бутановая кислота
	Сложные эфиры	$CH_3-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O-CH_2-CH_3 \end{matrix}$ этиловый эфир уксусной кислоты, этилацетат
$C_nH_{2n+3}N$	Первичные, вторичные и третичные амины	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$ бутиламин (первичный амин) $CH_3-CH_2-NH-CH_2-CH_3$ диэтиламин (вторичный амин) $CH_3-CH_2-\overset{\overset{CH_3}{ }}{N}-CH_3$ диметилэтиламин (третичный амин)
$C_nH_{2n-5}N$ или $C_nH_{2n-7}NH_2$	Ароматические амины	 2-метиланилин

Общая формула	Класс органических соединений	Примеры соединений
$C_nH_{2m}O_m$ или $C_n(H_2O)_m$	Углеводы	$ \begin{array}{ccccccc} CH_2 & -CH- & -CH- & -CH- & -CH- & -C & \\ & & & & & // & \\ OH & OH & OH & OH & OH & O & \\ & & & & & & H \end{array} $ <p style="text-align: center;">ГЛЮКОЗА</p>

Приложение 3¹

Названия наиболее распространенных углеводородных радикалов

Структурная формула	Название
$\text{CH}_3\text{—}$	Метил
$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}$	Этил
$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$	Пропил
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH—} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$	Изопропил
$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$	Бутил
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH—CH}_2\text{—} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$	Изобутил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2 \\ \diagdown \\ \text{CH—} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$	Вторбутил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C—C—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Третбутил
$\text{CH}_2=\text{CH—}$	Винил
$\text{CH}\equiv\text{C—}$	Этинил
$\text{CH}_2=\text{CH—CH}_2\text{—}$	Аллил
	Фенил
	Бензил

¹ Еремин В. В. Химия.10 класс. Углубленный уровень: учебник / В. В. Еремин, Н. Е. Кузьменко, В. И. Теренин и др. – 5-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2018. – С. 437.

Приложение 4¹

Химические свойства и способы получения углеводородов

Таблица 1

Химические свойства алканов

Типы реакций	Уравнения реакций
<i>Замещение атомов водорода. Протекает по радикальному механизму на свету или при нагревании</i>	
Хлорирование, бромирование	$\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ <p style="text-align: center;">(образуются также CH_2Cl_2, CHCl_3, CCl_4)</p> $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{Br}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_3-\overset{\text{Br}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{HBr}$
Нитрование	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{HNO}_3(\text{разб.}) \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_3-\overset{\text{NO}_2}{\text{CH}}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <p>При бромировании и нитровании гомологов метана соблюдается следующий порядок замещения атомов водорода: <i>у третичного атома C → у вторичного атома C → у первичного атома C</i></p>
<i>Реакции с разрывом связи C—C. Протекают при нагревании и действии катализаторов</i>	
Крекинг	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{450-600\text{ }^\circ\text{C}} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
Изомеризация	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{AlCl}_3, t^\circ} \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$

¹ Сведения, представленные в таблицах данного приложения составлены на основе материалов, опубликованных в журнале «Химия для школьников» (2019, № 1–4).

Типы реакций	Уравнения реакций
<i>Дегидрирование и дегидроциклизация. Протекают под действием катализаторов Ni, Pt, Cr₂O₃</i>	
<i>Дегидрирование</i>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{кат.}, t^\circ} \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{H}_2$
<i>Дегидроциклизация (ароматизация)</i>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{кат.}, t^\circ} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 4\text{H}_2$
<i>Горение и каталитическое окисление</i>	
<i>Горение</i>	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 882 \text{ кДж/моль}$
<i>Каталитическое окисление</i>	$2\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{кат.}, t^\circ} 4\text{CH}_3-\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O}$

Способы получения алканов

Способы получения	Уравнения реакций
Гидролиз карбида алюминия (можно получить только метан)	$\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CH}_4$
Сплавление натриевых и калиевых солей карбоновых кислот со щелочами	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa} + \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$
Реакция Вюрца – взаимодействие галогеналканов с натрием	$2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br} + 2\text{Na} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + 2\text{NaBr}$
Синтез Кольбе – электролиз водных растворов натриевых или калиевых солей карбоновых кислот	$2\text{CH}_3\text{COONa} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} \text{CH}_3\text{CH}_3 + 2\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} + \text{H}_2$

Химические свойства циклоалканов

Типы реакций	Уравнения реакций
<i>Реакции присоединения с размыканием цикла. Характерны для малых циклов – циклопропана и циклобутана</i>	
<i>Гидрирование</i>	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}, 80^\circ\text{C}} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 ; $ <p style="text-align: center;">циклопропан пропан</p>
<i>Галогенирование</i>	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array} + \text{Br}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \qquad \qquad \\ \text{Br} \qquad \qquad \text{Br} \end{array} ; $ <p style="text-align: center;">циклопропан 1,3-дибромпропан</p>
<i>Гидрогалогенирование</i>	$ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \qquad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array} + \text{HBr} \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} $ <p style="text-align: center;">циклобутан 1-бромбутан.</p>
<i>Замещение атомов водорода. Характерно для циклоалканов с пятью и более атомами углерода в цикле</i>	
<i>Галогенирование</i>	$ \text{C}_6\text{H}_{12} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{C}_6\text{H}_{11}\text{Cl} + \text{HCl} . $ <p style="text-align: center;">циклогексан хлорциклогексан</p>
<i>Нитрование</i>	$ \text{C}_6\text{H}_{12} + \text{HNO}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} $ <p style="text-align: center;">циклогексан нитроциклогексан</p>
<i>Ароматизация – дегидрирование с образованием ароматических углеводородов. Характерна для циклогексана и его гомологов</i>	
<i>Ароматизация</i>	$ \text{C}_6\text{H}_{12} \xrightarrow{\text{Pt}, t^\circ} \text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2 . $ <p style="text-align: center;">циклогексан бензол</p>

Способы получения циклоалканов

Способы получения	Уравнения реакций
<p>Действие активных металлов (натрия, лития, магния, цинка) на дигалогенпроизводные алканов</p>	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-Br} \\ \diagup \\ \text{H}_2\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}_2\text{-Br} \end{array} + 2\text{Na} \rightarrow \triangle + 2\text{NaBr}; $ <p>1,3-дибромпропан циклопропан</p> $ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-Br} \\ \diagup \\ \text{H}_2\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-Br} \end{array} + \text{Mg} \rightarrow \text{Cyclopentane} + \text{MgBr}_2. $ <p>1,5-дибромпентан циклопентан</p>
<p>Гидрирование бензола и его гомологов. Можно получить только циклоалканы с шестью атомами углерода в цикле</p>	$ \text{Benzene} + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{P}]{\text{кат.}, t^\circ} \text{Cyclohexane} $ <p>бензол циклогексан</p>

Химические свойства алкенов

Типы реакций	Уравнения реакций
Реакции присоединения	
<p>Гидрирование. Протекает в присутствии металлических катализаторов (никель, платина, палладий)</p>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni, } t^\circ} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ <p style="text-align: center;">пропилен пропан.</p>
<p>Галогенирование. Протекает в обычных условиях. Механизм реакции – ионный</p>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\underset{\text{Br}}{\text{CH}_2}$ <p style="text-align: center;">пропилен 1,2-дибромпропан.</p>
<p>Гидрогалогенирование. Протекает в обычных условиях. Механизм реакции – ионный</p>	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{HCl} \longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{Cl}$ <p style="text-align: center;">этилен хлорэтан.</p> <p>При присоединении галогеноводородов к несимметричным алкенам выполняется правило Марковникова: атом водорода преимущественно присоединяется к более гидрированному атому углерода при двойной связи, например:</p> $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{Cl}}{ }{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ <p style="text-align: center;">2-метилбутен-2 2-метил-2-хлорбутан.</p>
<p>Гидратация. Протекает при нагревании в присутствии кислотных катализаторов. Механизм реакции – ионный</p>	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}_3\text{PO}_4, 300^\circ\text{C}} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$ <p style="text-align: center;">этилен этиловый спирт;</p> <p>При присоединении галогеноводородов к несимметричным алкенам также выполняется правило Марковникова:</p>

Типы реакций	Уравнения реакций
	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}\cdot\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, t^\circ} \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ <p style="text-align: center;">бутен-1 бутанол-2.</p>
Окисление	
<p>«Мягкое» окисление – взаимодействие с KMnO_4 в нейтральной или слабощелочной среде без нагревания</p>	$3 \text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \longrightarrow$ <p style="text-align: center;">пропилен</p> $3 \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}_2 + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$ <p style="text-align: center;">пропандиол-1,2</p>
<p>«Жесткое» окисление – взаимодействие с KMnO_4 в кислой среде при нагревании</p>	<p>Происходит расщепление молекулы по месту двойной связи, образуются <i>карбоновые кислоты</i>:</p> $5 \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t^\circ}$ $5 \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}} + 5 \overset{\text{O}}{\underset{\text{HO}}{\text{C}}}-\text{CH}_3 + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ <p>Если двойная связь концевая, то одним из продуктов окисления алкена будет <i>углекислый газ</i>:</p> $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t^\circ}$ $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}} + \text{CO}_2 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ <p>Если углеродная цепь алкена имеет разветвление при двойной связи, образуется <i>кетон</i>:</p> $5 \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}_2 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t^\circ}$ $5 \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{O} + 5 \text{CO}_2 + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$

Типы реакций	Уравнения реакций
Полимеризация	
<p><i>Полимеризация протекает при воздействии различных факторов (повышении давления, УФ-облучении, действии органических перекисей) или в присутствии катализаторов</i></p>	$ \begin{array}{l} n \text{ H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \left[\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—} \right]_n \\ \text{этилен} \qquad \qquad \qquad \text{полиэтилен;} \end{array} $ $ \begin{array}{l} n \text{ H}_3\text{C—CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \left[\begin{array}{c} \text{—CH—CH}_2\text{—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n \\ \text{пропилен} \qquad \qquad \qquad \text{полипропилен.} \end{array} $

Способы получения алкенов

Способы получения	Уравнения реакций
<i>Дегидрирование алканов</i>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{кат.}, t^\circ} \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{H}_2$
<i>Дегалогенирование дигалогензамещенных алканов при действии на них цинка или магния</i>	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_3 + \text{Zn} \xrightarrow{t^\circ} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{ZnBr}_2$
<i>Дегидратация спиртов</i>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}), t} \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p>Выполняется <i>правило Зайцева</i> – атом водорода отщепляется преимущественно от наименее гидрированного атома углерода:</p> $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}), t} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
<i>Дегидрогалогенирование при нагревании моногалогензамещенных алканов со спиртовыми растворами щелочей</i>	<p>Как и дегидратация, протекает в соответствии с <i>правилом Зайцева</i>:</p> $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{KOH}(\text{спирт. р-р}), t} \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$

Химические свойства алкадиенов

Типы реакций	Уравнения реакций
<p><i>Гидрирование</i></p>	<p>При взаимодействии с избытком водорода образуется алкан:</p> $\text{H}_2\text{C}=\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ <p>Если реагенты взяты в молярном соотношении 1:1, возможно образование продуктов как 1,2-присоединения, так и 1,4-присоединения:</p> $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \begin{cases} \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 \end{cases}$
<p><i>Галогенирование</i></p>	<p>При взаимодействии с избытком брома образуется продукт полного бромирования:</p> $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{Br}_2 \rightarrow \overset{\text{Br}}{\text{H}_2\text{C}}-\overset{\text{Br}}{\text{CH}}-\overset{\text{Br}}{\text{CH}}-\overset{\text{Br}}{\text{CH}_2}$ <p>Если реагенты взяты в молярном соотношении 1:1, возможно образование продуктов как 1,2-присоединения, так и 1,4-присоединения:</p> $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \begin{cases} \rightarrow \overset{\text{Br}}{\text{H}_2\text{C}}-\overset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \rightarrow \overset{\text{Br}}{\text{H}_2\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}-\overset{\text{Br}}{\text{CH}_2} \end{cases}$ <p>(основной продукт)</p> <p>В обычных условиях основным является продукт 1,4-присоединения</p>

Типы реакций	Уравнения реакций
Полимеризация	<p>Полимеризация протекает в основном по типу 1,4-присоединения:</p> $n \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \left[-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2- \right]_n$ <p style="text-align: center;"> бутадиеен-1,3 (дивинил) бутадиееновый (дивиниловый) каучук </p> $n \text{H}_2\text{C}=\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \left[-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2- \right]_n$ <p style="text-align: center;"> изопрен изопреновый каучук </p>
Окисление	Диеновые углеводороды окисляются KMnO_4 и другими окислителями

Таблица 8

Способы получения алкадиенов

Способы получения	Уравнения реакций
Дегидрирование алканов	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{Cr}_2\text{O}_3, t^\circ} \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{H}_2;$ <p style="text-align: center;"> бутан бутадиеен-1,3 (дивинил) </p> $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{Cr}_2\text{O}_3, t^\circ} \text{H}_2\text{C}=\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{H}_2.$ <p style="text-align: center;"> 2-метилбутан 2-метилбутадиеен-1,3 (изопрен) </p>
Реакция Лебедева – получение бутадиеена из этанола	$2 \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH} \xrightarrow{\text{ZnO, Al}_2\text{O}_3, 450^\circ\text{C}}$ <p style="text-align: center;">этанол</p> $\rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{H} + \text{H}_2.$ <p style="text-align: center;"> бутадиеен-1,3 (дивинил) </p>

Химические свойства алкинов

Типы реакций	Уравнения реакций
Реакции присоединения	
Гидрирование протекает под действием катализатора	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH} + 2 \text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат.}, t^\circ} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_3$
Галогенирование протекает в обычных условиях. Механизм реакции – ионный	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH} + 2 \text{Br}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{Br} \quad \text{Br} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH} \\ \quad \\ \text{Br} \quad \text{Br} \end{array}$ <p style="text-align: center;">1,1,2,2-тетрабромпропан</p>
Гидрогалогенирование протекает в обычных условиях. Механизм реакции – ионный. Присоединение осуществляется по правилу Марковникова	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH} + \text{HCl} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}=\text{CH}_2 \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}=\text{CH}_2 \end{array} + \text{HCl} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{Cl} \end{array}$ <p style="text-align: center;">суммарно:</p> $\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH} + 2 \text{HCl} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{Cl} \end{array}$ <p style="text-align: center;">2,2-дихлорпропан</p>
Гидратация (реакция Кучерова). Присоединение осуществляется по правилу Марковникова	$\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{HgSO}_4]{\text{H}_2\text{SO}_4} \left[\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}=\text{CH} \\ \\ \text{OH} \end{array} \right] \longrightarrow$ $\longrightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$ <p style="text-align: center;">этаналь, уксусный альдегид</p>

Типы реакций	Уравнения реакций
	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{H}_2\text{SO}_4]{\text{HgSO}_4} \left[\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{C}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{HO} \end{array} \right]$ <p style="text-align: center;">пропин</p> $\longrightarrow \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$ <p style="text-align: center;">ацетон</p>
Полимеризация	
Тримеризация ацетилена	$3 \text{HC}\equiv\text{CH} \xrightarrow{\text{Сакт.}, 450^\circ\text{C}} \text{C}_6\text{H}_6$ <p style="text-align: center;">бензол</p>
Реакции замещения (в реакцию вступают только алкины с концевой тройной связью)	
Взаимодействие с щелочными металлами	$\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{Na} \longrightarrow \text{HC}\equiv\text{CNa} + \frac{1}{2} \text{H}_2 \uparrow$ <p style="text-align: center;">ацетиленид натрия</p> $\text{HC}\equiv\text{CH} + 2 \text{Na} \longrightarrow \text{NaC}\equiv\text{CNa} + \text{H}_2 \uparrow$ <p style="text-align: center;">диацетиленид натрия</p>
Взаимодействие с гидридами щелочных металлов	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH} + \text{NaNH} \longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CNa} + \text{H}_2$
Взаимодействие с аммиачным раствором оксида серебра	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH} + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \longrightarrow$ $\longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CAg} \downarrow + 2 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">метилацетиленид серебра</p>
Окисление	
Горение	$2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

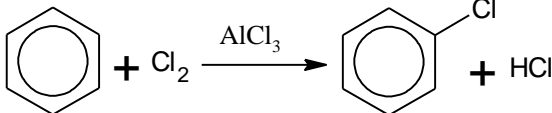
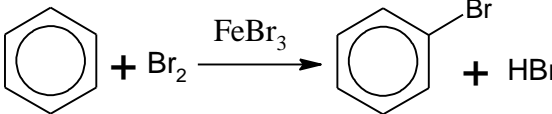
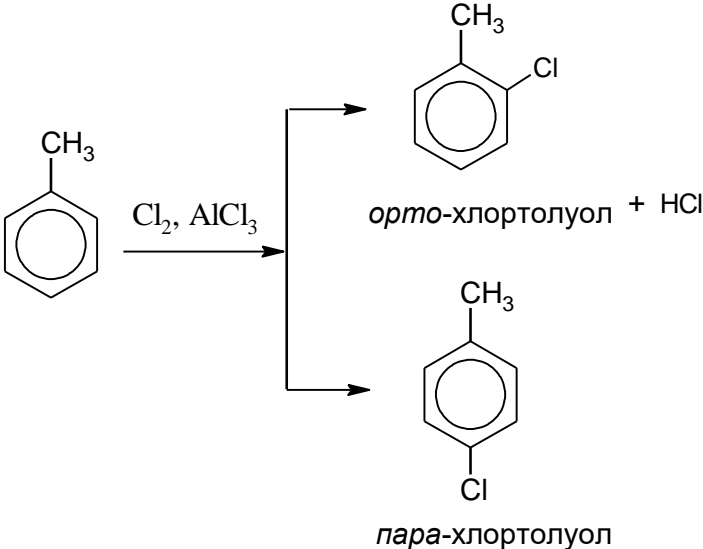
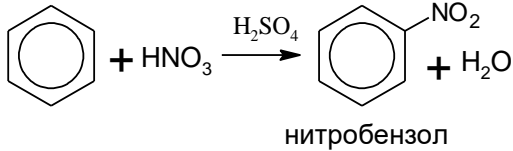
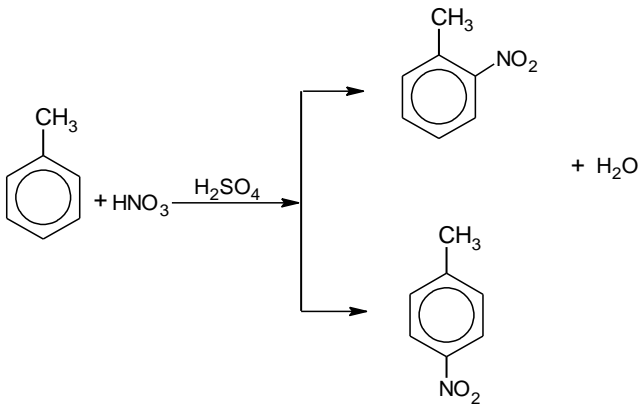
Типы реакций	Уравнения реакций
<p><i>Жесткое окисление</i> <i>в зависимости</i> <i>от строения</i> <i>исходного алкина</i> <i>образуются различные</i> <i>продукты</i></p>	$5 \text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH} + 8 \text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ $5\text{CO}_2 + 5 \text{H}_3\text{C}-\text{COOH} + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ $5 \text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 + 6\text{KMnO}_4 + 9\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ $\rightarrow 10 \text{CH}_3-\text{COOH} + 6 \text{MnSO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
<p><i>Мягкое окисление</i> <i>ацетилена</i></p>	$3\text{C}_2\text{H}_2 + 8\text{KMnO}_4 = 3\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 8\text{MnO}_2$ $+ 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O}$

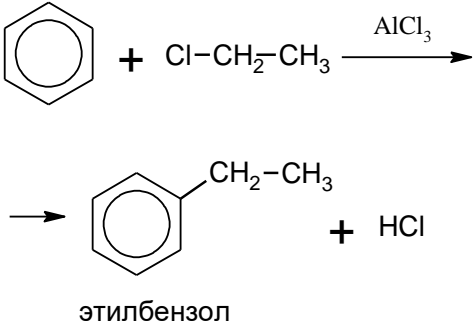
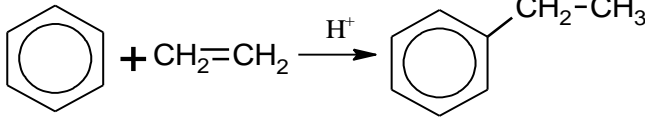
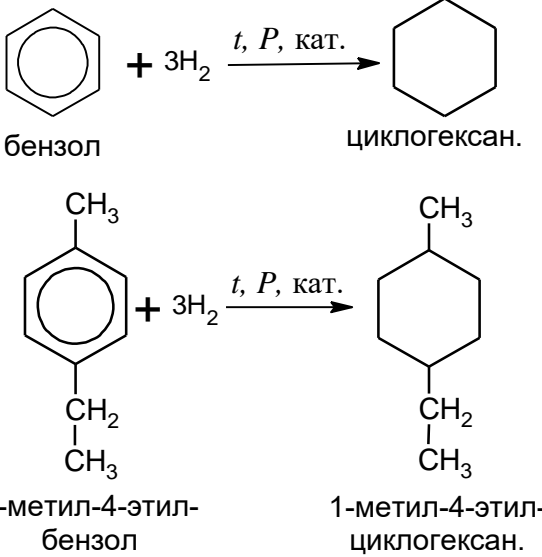

Способы получения алкинов

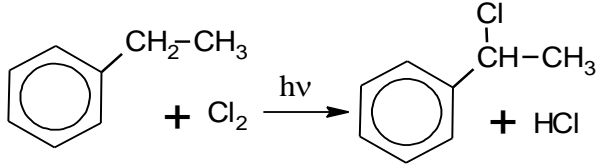
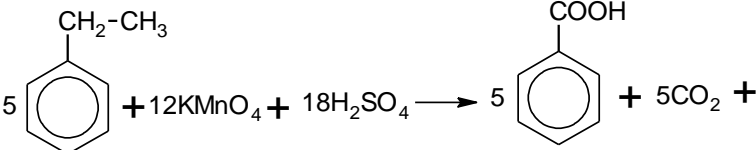
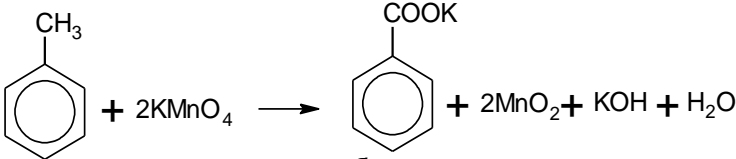
Способы получения	Уравнения реакций
<i>Промышленные способы получения</i>	
<i>Карбидный метод</i>	$\text{CaO} + 3 \text{C} \xrightarrow{1800^\circ\text{C}} \text{CaC}_2 + \text{CO}$ $\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HC}\equiv\text{CH} + \text{Ca}(\text{OH})_2$
<i>Крекинг метана и этилена</i>	$2 \text{CH}_4 \xrightarrow{1500^\circ\text{C}} \text{HC}\equiv\text{CH} + 3 \text{H}_2$ $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \xrightarrow{1200^\circ\text{C}} \text{HC}\equiv\text{CH} + \text{H}_2$
<i>Лабораторные способы получения</i>	
<i>Взаимодействие карбида кальция с кислотами (или водой)</i>	$\text{CaC}_2 + 2 \text{HCl} \longrightarrow \text{HC}\equiv\text{CH} + \text{CaCl}_2$
<i>Дегидрогалогенирование дигалогенопроизводных алканов протекает при нагревании дигалогензамещенных алканов со спиртовыми растворами щелочей</i>	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{Cl} \end{array} + 2 \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ\text{C}}$ $\longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH} + 2 \text{KCl} + 2 \text{H}_2\text{O}$ $\begin{array}{c} \text{Br} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array} + 2 \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ\text{C}}$ $\longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH} + 2 \text{KBr} + 2 \text{H}_2\text{O}$
<i>Дегалогенирование тетрагалогенопроизводных алканов</i>	$\begin{array}{c} \text{Br} \quad \text{Br} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{Br} \quad \text{Br} \end{array} + 2 \text{Zn} \xrightarrow{t^\circ} \text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 + 2 \text{ZnBr}_2$

Способы получения	Уравнения реакций
<p><i>Взаимодействие металлических производных алкинов с галогенопроизводными алканов</i></p>	$\begin{aligned} & \text{H}_3\text{C}-\text{Br} + \text{Na}-\text{C}\equiv\text{CH} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \\ & \text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH} + \text{NaBr} \\ & 2 \text{H}_3\text{C}-\text{Br} + \text{Na}-\text{C}\equiv\text{CNa} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \\ & \text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 + 2 \text{NaBr} \end{aligned}$

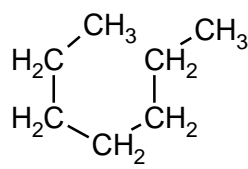
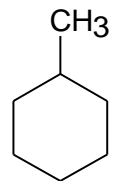
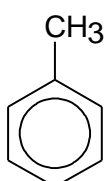
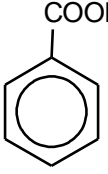
Химические свойства ароматических углеводородов

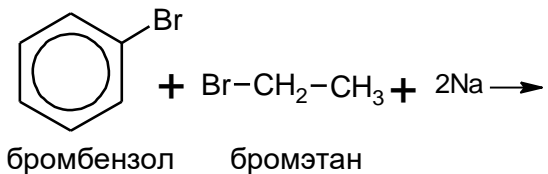
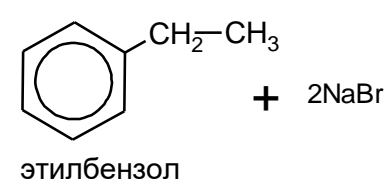
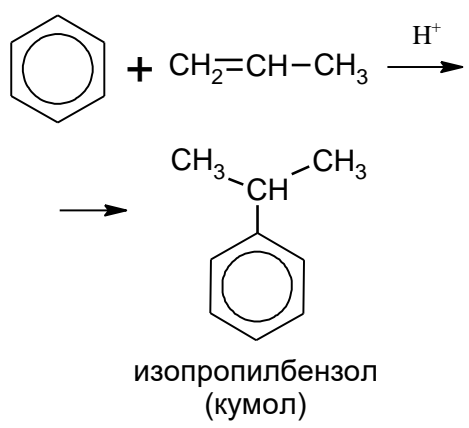
Типы реакций	Уравнения реакций
<i>Реакции замещения</i>	
<p>Галогенирование протекает в присутствии катализаторов – хлоридов алюминия и железа.</p> <p>При галогенировании гомологов бензола образуется смесь орто- и пара-изомеров</p>	<div style="text-align: center;">  <p>хлорбензол;</p>  <p>бромбензол</p>  <p>орто-хлортолуол + HCl</p> <p>пара-хлортолуол</p> </div>
<p>Нитрование.</p> <p>При нитровании гомологов бензола образуется смесь орто- и пара-изомеров</p>	<div style="text-align: center;">  <p>нитробензол</p>  <p>+ H₂O</p> </div>

Типы реакций	Уравнения реакций
<p>Алкилирование аренов можно осуществить различными способами: а) действием на бензол галогензамещенными алканами в присутствии галогенидов алюминия; б) взаимодействием бензола с алкенами в присутствии кислотных катализаторов</p>	<p>а)</p>  <p>б)</p> 
Реакции присоединения	
<p>Гидрирование протекает в присутствии катализатора. Реакция гидрирования протекает аналогично для бензола и его гомологов</p>	 <p>бензол + 3H₂ $\xrightarrow{t, P, \text{кат.}}$ циклогексан.</p> <p>1-метил-4-этил-бензол + 3H₂ $\xrightarrow{t, P, \text{кат.}}$ 1-метил-4-этил-циклогексан.</p>
<p>Присоединение хлора к бензолу. Гомологи бензола в данных условиях вступают в реакцию замещения (см. Особенности</p>	 <p>бензол + 3Cl₂ $\xrightarrow{\text{УФ-облучение}}$ гексахлорциклогексан.</p>

Типы реакций	Уравнения реакций
<i>химических свойств гомологов бензола)</i>	
Реакции окисления	
Горение	$2C_6H_6 + 15O_2 \rightarrow 16CO_2 + 6H_2O$ $C_6H_5-CH_3 + 9O_2 \rightarrow 7CO_2 + 4H_2O$
Особенности химических свойств гомологов бензола	
Галогенирование	 <p style="text-align: center;">этилбензол (1-хлорэтил)бензол.</p>
Окисление гомологов бензола <i>(бензол устойчив к окислению с раствором $KMnO_4$ не реагирует)</i>	<p>Окислению подвергаются боковые углеводородные цепи. Продуктом окисления является бензойная кислота (в кислой среде) или ее соли – бензоаты (в нейтральной или щелочной средах):</p>  <p style="text-align: center;">пропилбензол бензойная кислота</p> <p style="text-align: right;">$+ 12MnSO_4 + 6K_2SO_4 + 28H_2O$</p>  <p style="text-align: center;">бензоат калия</p>

Способы получения бензола и его гомологов

Способы получения	Уравнения реакций
Промышленные способы получения	
Дегидроциклизация алканов	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 \xrightarrow{\text{кат.}, t^\circ}$ <p style="text-align: center;">гексан</p> $\longrightarrow \text{C}_6\text{H}_6 + 4\text{H}_2$ <p style="text-align: center;">бензол;</p>  $\xrightarrow{\text{кат.}, t^\circ}$ <p style="text-align: center;">гептан</p> $\longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 4\text{H}_2$ <p style="text-align: center;">толуол.</p>
Дегидрирование циклоалканов	 $\xrightarrow{\text{кат.}, t^\circ}$  $+ 3\text{H}_2$ <p style="text-align: center;">метилциклогексан толуол</p>
Лабораторные способы получения	
Тримеризация ацетилена (реакция Зелинского)	$3 \text{CH}\equiv\text{CH} \xrightarrow{\text{Сакт.}, t^\circ} \text{C}_6\text{H}_6$
Сплавление солей бензойной кислоты с щелочью	 $+ \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{C}_6\text{H}_6 + \text{Na}_2\text{CO}_3$

Способы получения	Уравнения реакций
<p><i>Взаимодействие ароматических галогенпроизводных с галогеналканами (реакция Вюрца–Фиттига)</i></p>	<div style="text-align: center;">  <p>бромбензол бромэтан</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>этилбензол</p> </div>
<p><i>Алкилирование бензола</i></p>	<div style="text-align: center;">  <p>изопропилбензол (кумол)</p> </div>

Приложение 5

Таблица 13

Физические величины и их взаимосвязь

Физическая величина	Обозначение, единицы измерения	Взаимосвязь с другими физическими величинами	Примечание
Количество вещества	N , в СИ – [моль]	$N = m/M$ $N = V/V_m$ $N = N/N_A$	Физическая величина, характеризующая количество однотипных структурных единиц, содержащихся в веществе. Под структурными единицами понимаются любые частицы, из которых состоит вещество (атомы, молекулы, ионы, электроны или любые другие частицы)
Молярная масса вещества	M , в СИ – [кг/моль], часто для вычислений в [г/моль]	Масса одного моля вещества; $M = m/n$	Численно равна относительной молекулярной массе (но они отличаются по размерности)
Масса	M , в СИ – [кг], часто для вычислений в [г]	$M = M \cdot n$	Скалярная неотрицательная релятивистски инвариантная физическая величина, одна из важнейших величин в физике
Объем газа	V , в СИ – [м ³], часто для вычислений в [л], [мл]	$V = n \cdot V_m$	Объем газа – пространство, заполняемое газом

Физическая величина	Обозначение, единицы измерения	Взаимосвязь с другими физическими величинами	Примечание
Молярный объем газа	V_m , [л/моль]	Молярный объем газа при нормальных условиях (н. у.) равен 22,4 л/моль	Нормальными условиями (н. у.) считают температуру 0 °С (273 К) и давление 1 атм (760 мм рт. ст., или 101 325 Па)
Объем жидкости	V , в СИ – [м ³], часто для вычислений в [л], [мл]	$V = m/\rho$	ρ – плотность жидкости
Массовая доля вещества в растворе	W , измеряется в долях единицы или в процентах	$W = m_{в-ва}/m_{р-ра}$	$M_{в-ва}$ – масса растворенного вещества; $M_{р-ра}$ – масса раствора

Приложение 6

Контрольная работа по теме «Предельные углеводороды: алканы и циклоалканы»

Краткая спецификация контрольной работы

№ задания	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности задания	Макс. балл
1	Строение молекул алканов и циклоалканов: типы связей в молекулах, гибридизация атомных орбиталей углерода	Б	1
2	Строение молекул алканов и циклоалканов: первичные, вторичные, третичные и четвертичные атомы углерода	Б	1
3	Изомерия алканов и циклоалканов	Б	1
4	Химические свойства алканов и циклоалканов: реакции замещения атомов водорода; реакции, протекающие с разрывом связи углерод–углерод. Радикальный механизм реакций замещения	Б	1
5		Б	1
6		Б	1
7		Б	1
8		Б	1
9	Основные способы получения алканов и циклоалканов	Б	1
10		Б	
11	Основные способы получения алканов и циклоалканов	Б	1
12	Природные источники алканов и циклоалканов, их переработка	Б	1

№ задания	Проверяемые элементы содержания	Уровень сложности задания	Макс. балл
13	Термохимические уравнения реакций горения предельных углеводородов. Расчеты на основе термохимических уравнений	Б	1
14	Расчеты по уравнениям химических реакций с участием алканов и циклоалканов	Б	1
15	Строение молекул, изомерия, физические и химические свойства, способы получения алканов и циклоалканов	П	2
16		П	2
17		П	2
18		В	5
19	Взаимосвязь строения и свойств предельных углеводородов	В	3
20	Расчетная задача: определение молекулярной и структурной формулы предельного углеводорода	В	4
<i>Итого</i>			32

Вариант 1

При выполнении заданий № 1–14 обведите номер правильного варианта ответа.

1. Укажите тип химической связи C—H в молекулах алканов.

- 1) ионная
- 2) ковалентная неполярная
- 3) ковалентная полярная
- 4) водородная

2. Определите количество третичных атомов углерода в молекуле 2,3-диметилпентана.

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

3. Какое из веществ является изомером метилциклогексана?

- 1) гептан
- 2) 2-метилгексан
- 3) 3-этилпентан
- 4) этилциклопентан

4. Верны ли следующие суждения о химических свойствах алканов?

А. Бутан способен взаимодействовать как с соляной, так и с азотной кислотой.

Б. Катализатором изомеризации пентана является хлорид алюминия.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

5. Стадии роста цепи радикального хлорирования метана соответствует схема

- 1) $\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}\cdot$
- 2) $\text{CH}_3\cdot + \text{Cl}\cdot \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl}$
- 3) $\text{CH}_3\cdot + \text{CH}_3\cdot \rightarrow \text{CH}_3\text{—CH}_3$
- 4) $\text{Cl}\cdot + \text{CH}_4 \rightarrow \text{HCl} + \text{CH}_3\cdot$

6. С каким из перечисленных веществ реагирует этан?

- 1) бромоводородная кислота
- 2) водород
- 3) бром
- 4) натрий

7. Определите углеводород, при сгорании 1 моль которого образуется 4 моль углекислого газа и 4 моль воды.

- 1) метилциклопропан
- 2) метилциклобутан
- 3) метилпропан
- 4) метилбутан

8. В отличие от циклопентана циклопропан

- 1) способен реагировать с бромом
- 2) содержит третичные атомы углерода
- 3) горит с образованием углекислого газа и воды
- 4) способен присоединять хлороводород

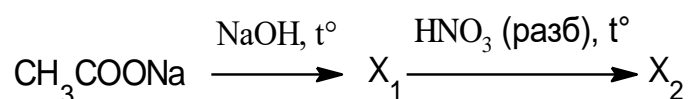
9. Продуктом какой из перечисленных реакций **не является** метан?

- 1) гидролиз карбида алюминия
- 2) реакция хлорметана с натрием
- 3) взаимодействие угля с водородом
- 4) сплавление ацетата натрия с щелочью

10. Какое вещество при взаимодействии с металлическим натрием образует циклопропан?

- 1) 2-хлорпропан
- 2) 1-бромпропан
- 3) 1,2-дихлорпропан
- 4) 1,3-дибромпропан

11. В схеме превращений



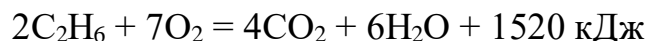
веществами X_1 и X_2 являются соответственно

- 1) этан и нитроэтан
- 2) метан и нитрометан
- 3) метан и метановая кислота
- 4) этанол и этановая кислота

12. Гептан входит в состав

- 1) нефти
- 2) природного газа
- 3) горного воска
- 4) синтез-газа

13. Реакция протекает в соответствии с термохимическим уравнением



Какое количество теплоты выделится при сжигании 11,2 л (н. у.) этана?

- 1) 3040 кДж
- 2) 1520 кДж
- 3) 760 кДж
- 4) 380 кДж

14. При полном сгорании 2-метилпентана массой 25,8 г образуется вода массой

- 1) 2,7 г
- 2) 5,4 г
- 3) 37,8 г
- 4) 75,6 г

Ответом к заданиям № 15–17 является последовательность цифр.

15. Какие утверждения характерны для гексана?

- 1) жидкое состояние при обычных условиях
- 2) хорошая растворимость в воде
- 3) реакция с металлическим натрием
- 4) реакция нитрования
- 5) наличие как σ , так и π -связей между атомами углерода
- 6) реакция дегидроциклизации с образованием бензола

16. Метан может вступать в реакции

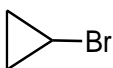
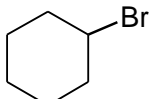
- 1) замещения
- 2) присоединения
- 3) изомеризации
- 4) разложения
- 5) горения
- 6) полимеризации

17. Установите соответствие между исходными веществами и продуктами, которые преимущественно образуются при их взаимодействии с бромом. К каждому элементу первого столбца, обозначенного буквой, подберите элемент из второго столбца, обозначенный цифрой.

НАЗВАНИЕ ВЕЩЕСТВА

- А) этан
Б) изобутан
В) циклопропан
Г) циклогексан

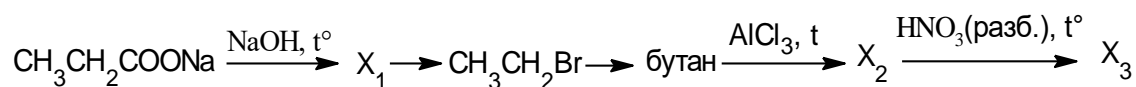
ПРОДУКТ БРОМИРОВАНИЯ

- 1) 
- 2)
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{Br} \end{array}$$
- 3) $\text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Br}$
- 4)
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{Br} \end{array}$$
- 5) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{Br}$
- 6) 

Ответ:

А	Б	В	Г

18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Используйте структурные формулы органических веществ, укажите условия протекания реакций.

При выполнении заданий № 19 и 20 подробно запишите ход решения.

19. Углеводород C_5H_{12} при хлорировании образует только одно монохлорпроизводное. Установите структурную формулу этого углеводорода и напишите уравнения реакций взаимодействия этого углеводорода с хлором и с азотной кислотой.

20. Определите молекулярную формулу циклоалкана, плотность паров которого по воздуху 2,9. Установите возможное строение циклоалкана, если известно, что в его цикле содержится пять атомов углерода. Дайте название циклоалкана, используя систематическую номенклатуру.

Вариант 2

При выполнении заданий № 1–14 укажите номер правильного варианта ответа.

1. Какие связи присутствуют в молекуле пропана?
 - 1) две σ -связи
 - 2) пять σ -связей и одна π -связь
 - 3) восемь σ -связей и две π -связи
 - 4) 10 σ -связей
2. Верны ли следующие суждения о предельных углеводородах?
 - А) При нормальных условиях пропан и циклопропан являются газами.
 - Б) Электронные орбитали атомов углерода в молекулах алканов находятся в состоянии sp^2 -гибридизации.
 - 1) верно только А
 - 2) верно только Б
 - 3) верны оба суждения
 - 4) оба суждения неверны
3. Среди перечисленных веществ выберите изомеры 2-метилгексана.
 - 1) 2-метилгептан
 - 2) 3-метилгексан
 - 3) 2-метилциклогексан
 - 4) 2,2-диметилгептан
 - 5) 2,2,3-триметилбутан
 - 6) 3-этилпентан
4. Укажите реакции, в которые способен вступать бутан.
 - 1) гидрирования, галогенирования и нитрования
 - 2) галогенирования, нитрования и изомеризации
 - 3) нитрования, изомеризации и гидрогалогенирования
 - 4) изомеризации, гидрогалогенирования и горения

5. Какая из перечисленных схем не отвечает процессу, происходящему при хлорировании метана?

- 1) $\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}\cdot$
- 2) $\text{CH}_3\cdot + \text{Cl}\cdot \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl}$
- 3) $\text{Cl}\cdot + \text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{H}\cdot$
- 4) $\text{Cl}\cdot + \text{CH}_4 \rightarrow \text{HCl} + \text{CH}_3\cdot$

6. В отличие от гексана циклопентан

- 1) способен реагировать с хлором
- 2) имеет состав C_nH_{2n}
- 3) горит с образованием углекислого газа и воды
- 4) способен реагировать с бромоводородом

7. Какое из перечисленных веществ образуется при нагревании бутана до $100\text{ }^\circ\text{C}$ в присутствии AlCl_3 ?

- 1) 1-хлорбутана
- 2) 2-хлорбутана
- 3) этана и этена
- 4) 2-метилпропана

8. Выберите пару веществ, с каждым из которых вступает в реакцию 2-метилпентан.

- 1) иод и водород
- 2) кислород и азотная кислота
- 3) серная кислота и бромоводород
- 4) азот и вода

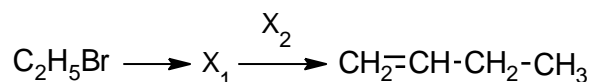
9. Какое вещество надо использовать в качестве исходного реагента для получения 2,3-диметилбутана с помощью реакции Вюрца?

- 1) 1-хлорпропан
- 2) 2-бромпропан
- 3) 1-хлорбутан
- 4) 2-бромбутан

10. При взаимодействии каких веществ можно получить циклопентан?

- 1) циклобутана с метаном
- 2) пентана с водородом
- 3) 1,3-дибромпентана с натрием
- 4) 1,5-дибромпентана с магнием

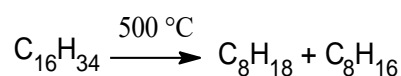
11. В схеме превращений



веществами X_1 и X_2 являются соответственно

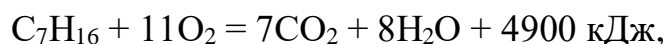
- 1) этан и C_2H_4
- 2) бутан и AlCl_3
- 3) бутан и Pt
- 4) этан и Cr_2O_3

12. Определите процесс, которому соответствует данное уравнение реакции:



- 1) риформинг
- 2) коксование
- 3) ректификация
- 4) крекинг

13. В результате реакции, которой соответствует термохимическое уравнение



выделилось 980 кДж. Вычислите массу сгоревшего гептана.

- 1) 10 г 2) 20 г 3) 30 г 4) 40 г

14. При полном сгорании метилциклогексана массой 9,8 г образуется углекислый газ массой

- 1) 4,4 г 2) 22 г 3) 26,4 г 4) 30,8 г

Ответом к заданиям № 15–17 является последовательность цифр.

15. Какие утверждения характеризуют метан?

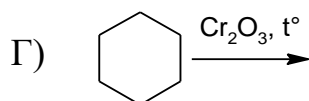
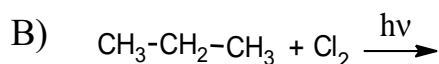
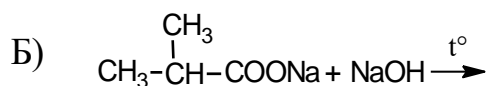
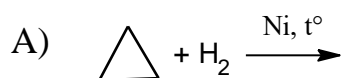
- 1) имеет тетраэдрическую форму молекулы
- 2) обесцвечивает раствор перманганата калия
- 3) имеет резкий запах
- 4) растворяется в воде
- 5) является основным компонентом природного газа
- 6) при взаимодействии с избытком хлора при освещении может образовать CHCl_3 и CCl_4

16. Реакция хлорирования этана протекает

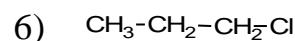
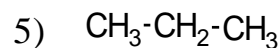
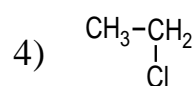
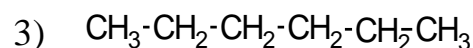
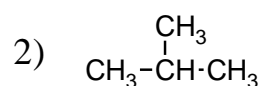
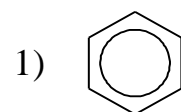
- 1) по ионному механизму
- 2) в несколько стадий
- 3) с образованием различных хлорпроизводных
- 4) при условии яркого освещения в начале реакции
- 5) с поглощением энергии
- 6) в соответствии с правилом Марковникова

17. Установите соответствие между исходными веществами и органическим веществом, являющимся продуктом их взаимодействия. К каждому элементу первого столбца, обозначенного буквой, подберите элемент из второго столбца, обозначенный цифрой.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА



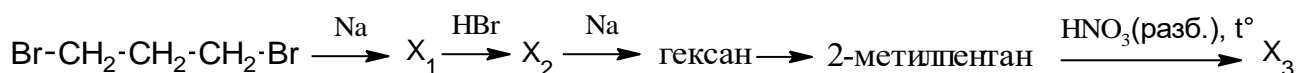
ПРОДУКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



Ответ:

А	Б	В	Г

18. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Используйте структурные формулы органических веществ, укажите условия протекания реакций.

При выполнении заданий № 19 и 20 подробно запишите ход решения.

19. Углеводород C_4H_8 имеет циклическое строение. При его взаимодействии с бромоводородом образуется 2-бромбутан. Установите структурную формулу этого углеводорода и напишите уравнения реакций его взаимодействия с бромоводородом и бромом.

20. Определите молекулярную формулу алкана, массовая доля углерода в котором составляет 83,33%. Известно, что для этого алкана не характерна реакция дегидрирования. Назовите вещество, используя систематическую номенклатуру.

ОТВЕТЫ

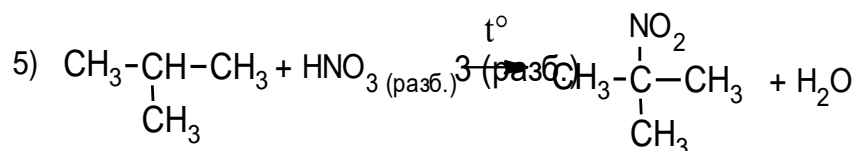
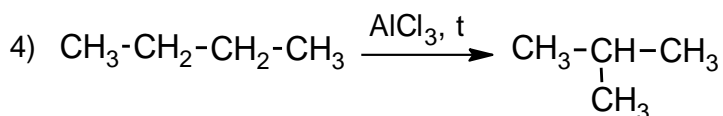
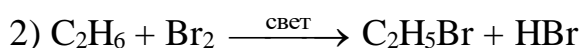
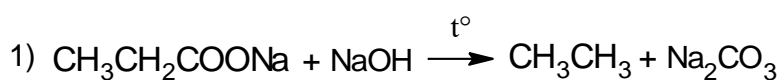
Ответы к заданиям с выбором ответа

№ задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Вариант 1	3	2	4	2	4	3	1	4	2	4	2	1	4	3	146	145	5236
Вариант 2	4	1	2	2	3	2	4	2	2	4	3	4	2	4	156	234	5561

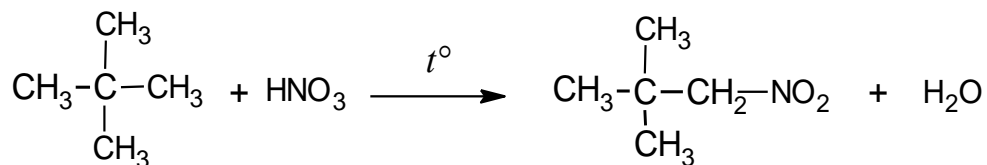
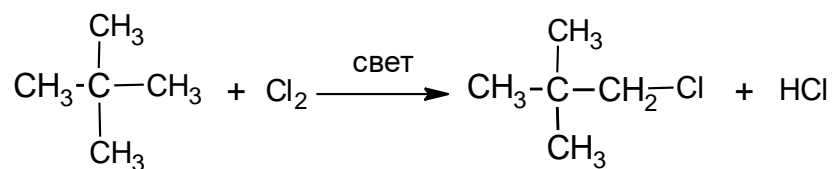
Ответы к заданиям с развернутым ответом

Вариант 1

18.



19.



20.

1) Вычислена молярная масса циклоалкана:

$$M = 29D_{\text{возд}} = 2,9 \cdot 29 = 84 \text{ г/моль}$$

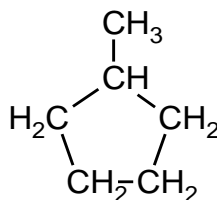
2) Найдено число атомов углерода в молекуле циклоалкана и записана его молекулярная формула:

общая формула циклоалканов – C_nH_{2n}

$$12n + 2n = 84, n = 6;$$

формула циклоалкана – C_6H_{12} .

3) Составлена структурная формула алкана:

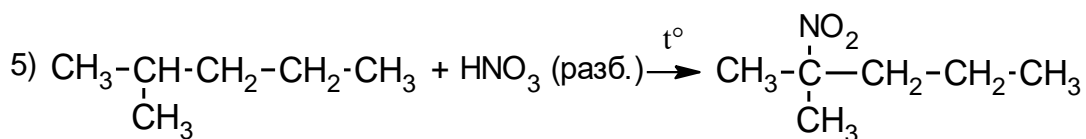
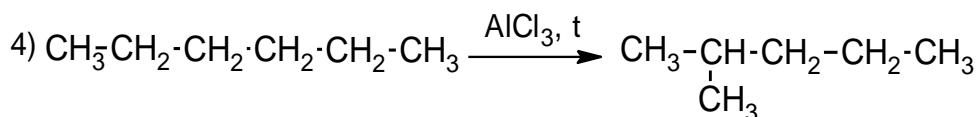
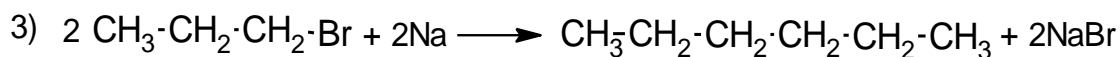
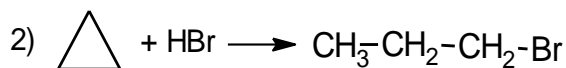
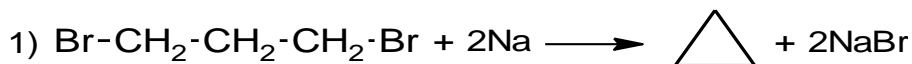


4) Приведено название углеводорода: метилциклопентан.

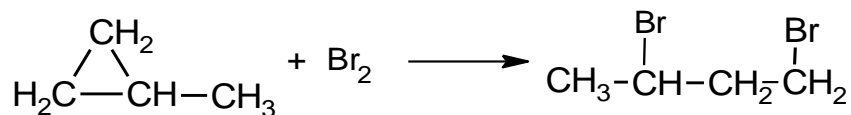
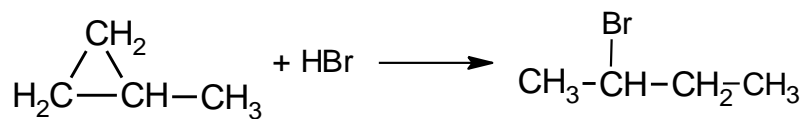
Вариант 2

18.

Написаны уравнения реакций, соответствующие схеме превращений.



19.



20.

1) Записана общая формула алкана и выражение для расчета его молярной массы:

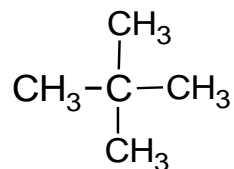
$$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}; M = 12n + 2n + 2 = 14n + 2.$$

2) Определено число атомов углерода в молекуле алкана и его молекулярная формула:

$$w = \frac{12n}{14n + 2} = 0,8333, \text{ откуда } n = 5.$$

Молекулярная формула алкана – C_5H_{12} .

3) Составлена структурная формула алкана:



4) Записано название алкана: 2,2-диметилпропан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования» (Зарегистрирован Минюстом России 7 июня 2012 г. № 24480).

2. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 12.08.2022 № 732 «О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413» (Зарегистрирован Минюстом России 12.09.2022 № 70034).

3. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 371 «Об утверждении федеральной образовательной программы среднего общего образования» (Зарегистрирован Минюстом России 12.07.2023 № 74228).

4. *Добротин Д. Ю.* Контролирующая функция школьного химического эксперимента // *Химия в школе.* – 2017. – № 3. – С. 47–50.

5. *Еремин В. В.* Химия. 10 класс: углуб. уровень: учебник / В. В. Еремин, Н. Е. Кузьменко, В. И. Теренин и др. – 5-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2018. – 446 с.

6. *Ерыгин Д. П., Шишкин Е. А.* Методика решения задач по химии: учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по биол. и хим. спец. – М.: Просвещение, 1989. – 176 с.

7. *Злотников Э. Г.* Химический эксперимент как специфический метод обучения // *Первое сентября.* – 2007. – № 24. – С. 18–25.

8. *Каверина А. А.* О воспитательном потенциале учебного предмета «Химия» в общеобразовательной школе // *Химия в школе.* – 2020. – № 9. – С. 16–22.

9. *Каверина А. А., Молчанова Г. Н., Свириденкова Н. В., Снастина М. Г.* Из опыта разработки заданий по оценке естественно-научной грамотности школьников при обучении химии // *Педагогические измерения.* – 2017. – С. 91–96.

10. *Молчанова Г. Н., Снастина М. Г.* Количественные отношения в химии // *Химия для школьников.* – 2020. – № 4. – С. 54–62.

11. Общая методика обучения химии в школе / Р. Г. Иванова, Н. А. Городилова, Д. Ю. Добротин и др.; под ред. Р. Г. Ивановой. – М.: Дрофа, 2008. – 319 с. (Российская академия образования – учителю).
А.А. Каверина, Р.Г. Иванова. Гл. Нормативная база химического образования в средней школе. – С. 6–27

12. Педагогика: учеб. пособие для студентов педагогических ин-тов / под. ред. Ю. К. Бабанского. – М.: Просвещение, 1983. – С. 197.

13. Преподавание физики, развивающее ученика: пособие для учителей и методистов: в 7 кн. / сост. и под ред. Э. М. Браверман. Кн. 4: Формирование практических умений. Ч. 1. – М.: АПК и ПКРО. – 2008. – 312 с.

14. Свириденкова Н. В., Стаханова С. В. Справочник-тренажер. Предельные: алканы и циклоалканы // Химия для школьников. – 2019. – № 1 (приложение к журналу).

15. Химия. Планируемые результаты. Система заданий. 8–9 классы: пособие для учителей общеобразоват. учреждений / А. А. Каверина, Р. Г. Иванова, Д. Ю. Добротин; под. ред. Г. С. Ковалевой, О. Б. Логиновой. – М.: Просвещение. – 2013. – 128 с. (Работаем по новым стандартам).

16. Химия. Решение заданий повышенного и высокого уровня сложности. Как получить максимальный балл на ЕГЭ: учеб. пособие / А. А. Каверина, Г. Н. Молчанова, Н. В. Свириденкова, С. В. Стаханова. – М.: Интеллект-Центр, 2015. – 216 с.

17. Химия. Тематический контроль. 8–9 классы / А. А. Каверина, Г. Н. Молчанова, М. Г. Снастина. – М.: Национальное образование, 2022. – 160 с. (ФГОС. Тематический контроль).

Научное издание

А. А. Каверина, М. Г. Снастина

**ХИМИЯ (УГЛУБЛЕННЫЙ УРОВЕНЬ).
РЕАЛИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ФГОС
СРЕДНЕГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Методическое пособие для учителя

Под редакцией А. А. Кавериной

Научный редактор Н. В. Свириденкова

101000, г. Москва, ул. Жуковского, д. 16
ФГБНУ «Институт стратегии развития образования»
Тел. +7(495)621–33–74
info@instrao.ru
<https://instrao.ru>

Подготовлено к изданию 03.08.2023.
Формат 60×90 1/8.
Усл. печ. л. 6,25.

ISBN 978-5-6049295-5-1