

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

**для практических занятий по
дисциплине
«Статическая стереохимия»**

для студентов направления подготовки
04.04.01 Химия
Направленность (профиль) Органическая химия

**Ставрополь
2026**

Оглавление

Пояснительная записка.....	4
1. Основы пространственной изомерии (стереоизомерии).....	5
2. Конформации молекул.....	9
3. Относительная и абсолютная конфигурации молекул.....	11
4. Концепция «топных отношений».....	26
5. Комбинированные задачи.....	29
6. Тестовые задания для контроля знаний студен- тов	36
6.1. Контрольная работа № 1	36
6.2. Контрольная работа № 2	44
Ответы.....	52
Рекомендуемая литература.....	57

Пояснительная записка

Данная методическая разработка предназначена для студентов специальности «химия», которые специализируются в области органической химии.

Основная **цель курса** «Сtereoхимия органических соединений» заключается в выработке теоретических и практических навыков по определению особенностей стереостроения молекул, их хиральности или ахиральности, типа хиральности, взаимоотношению понятий «конформация» и «конфигурация» молекул.

Цель настоящей разработки - помочь студенту дополнить и расширить свои представления о развитии стереохимии и о современном состоянии науки на данном этапе. Последовательность заданий выстроена по принципу «от простого к сложному». Для задач повышенной сложности (они обозначены символом *), а также для примерных тестовых заданий, используемых для итоговой оценки знаний студентов, приведены ответы. Это позволит им корректировать свою работу по самостоятельному изучению материала.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- причины хиральности и оптической активности соединений;
- взаимоотношение понятий конформация и конфигурация молекул;
- различие в свойствах энантиомеров и диастереомеров;
- принципы расщепления рацематов и асимметрического синтеза.

Уметь:

- определять хиральность или ахиральность молекулы на основе теории симметричных отношений молекулярных систем;
- находить причину хиральности (тип хиральности);
- определять конфигурацию хиральных молекул;
- прогнозировать стереохимический результат некоторых реакций.

Владеть специальной терминологией и навыками для самостоятельного применения полученных знаний.

1. Основы пространственной изомерии (стереоизомерии)

1.1. Дайте определение пространственным изомерам (стереоизомерам).. Чем они отличаются от структурных изомеров?

1.2. С каким оптическим явлением связано наличие оптических изомеров? Охарактеризуйте плоскополяризованный свет. Какие вещества называют *оптически активными*? Почему?

1.3. С помощью какого прибора определяется оптическая активность веществ? Приведите блок-схему этого прибора.

1.4. Какие органические соединения обладают оптической активностью в жидком состоянии и в растворе?

1.5. Дайте определение *хиральности*. Чем отличаются хиральные объекты (молекулы) от ахиральных?

1.6. Как количественно оценивается оптическая активность органических соединений? Что означает знак «+» или «-» для правовращающих и левовращающих оптически активных соединений?

1.7. Приведите выражение, связывающее удельное и молярное вращение для оптически активных соединений?

1.8. Дайте определение *асимметрическому атому углерода, энантиомерам*. Почему при наличии асимметрического атома углерода существуют энантиомеры?

1.9. По каким свойствам отличаются энантиомеры: а) температура плавления; б) температура кипения; в) ИК спектр; г) УФ спектр; д) ЯМР спектр; е) оптическое вращение; ж) дисперсия оптического вращения; з) свободная энергия; и) скорость взаимодействия с ахиральными реагентами; к) скорость взаимодействия с хиральными реагентами.

1.10. Проекционные формулы Фишера, способ их построения. Правила пользования формулами Фишера.

1.11. Клиновидные проекции. Преобразование их в формулы Фишера и наоборот.

1.12. Вычислить молекулярное вращение соединения **A** при следующих условиях: раствор 200 г **A** в 1000 мл раствора имеет наблюдаемое вращение $1,03^\circ$ при 20°C в метаноле в трубке длиной 20 см; молекулярная масса **A** равна 206.

1.13. Сколько граммов вещества (молекулярная масса 150) с удельным вращением $+120^\circ$ должно быть растворено в соответствующем количестве воды, чтобы получить 100 мл раствора с вращением $0,10^\circ$? Используется трубка длиной 1 дм. Какой результат получится при длине трубки 2 дм?

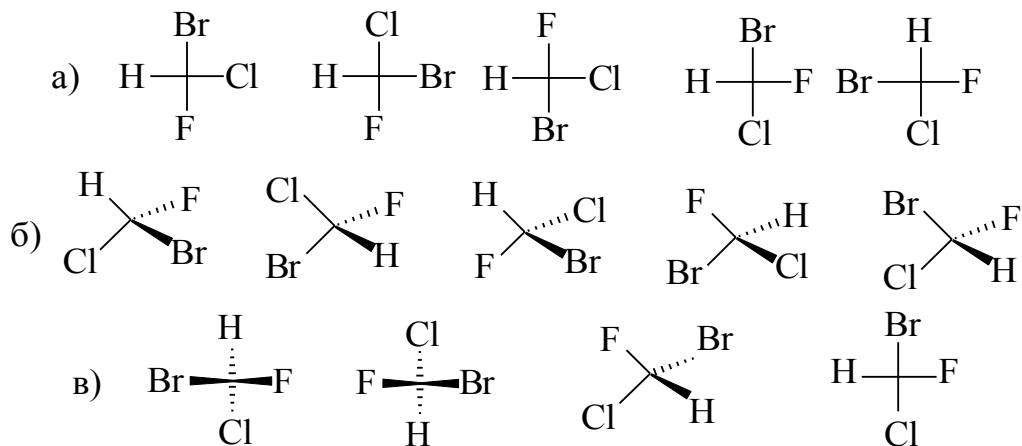
1.14. Сахарозу массой 5,678 г растворили в воде и довели объем раствора до 20 мл при 20°C . Наблюдаемое вращение этого раствора, помещенного в трубку длиной 1 дм, составляет $18,88^\circ$. Каково удельное вращение сахарозы?

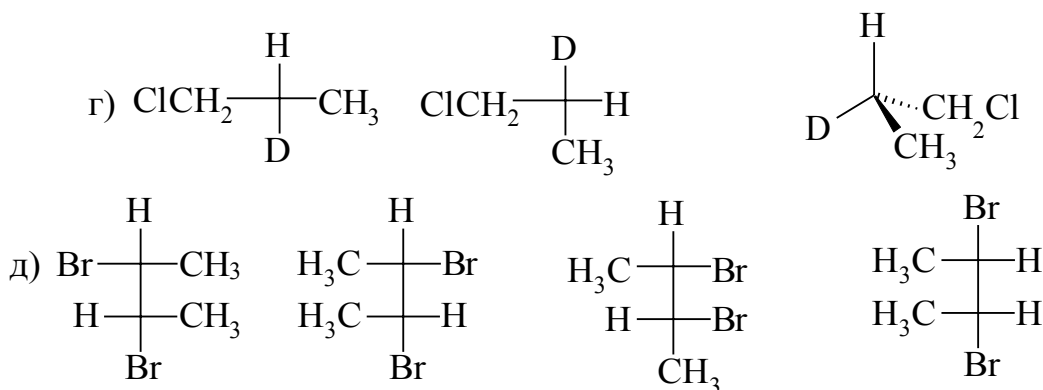
1.15. Наблюдаемое вращение раствора сахарозы в трубке длиной 2 дм составляет $10,75^\circ$. Какова концентрация раствора сахарозы? (Ответ: б) $0,081$ г/мл)

1.16. Удельное вращение α -D-маннозы $+29,3^\circ$, а β -аномера $-17,0^\circ$. В воде соединения претерпевают мутаротацию, давая раствор с удельным вращением $+14,2^\circ$. Рассчитайте относительные количества α - и β -аномеров в равновесии.

1.17. Приведите название углеводорода, для энантиомеров которого величины удельного и молярного вращения равны.

1.18. Расположите члены каждого ряда в группы идентичных соединений:



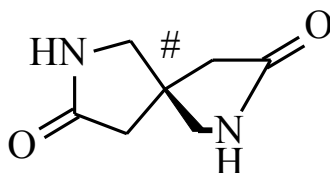


1.19. Дайте определение элементам и операциям симметрии. Охарактеризуйте основные элементы симметрии: ось симметрии (собственная ось симметрии), плоскость симметрии (зеркальная плоскость симметрии), центр симметрии (центр инверсии) и зеркально-поворотная ось симметрии (несобственная ось симметрии).

1.20. С позиции симметричных отношений молекулярных систем дайте определение следующим стереохимическим терминам: асимметрический атом, асимметрический центр, хиральный центр, хиральный атом, асимметрическая молекула, диссимметрия.

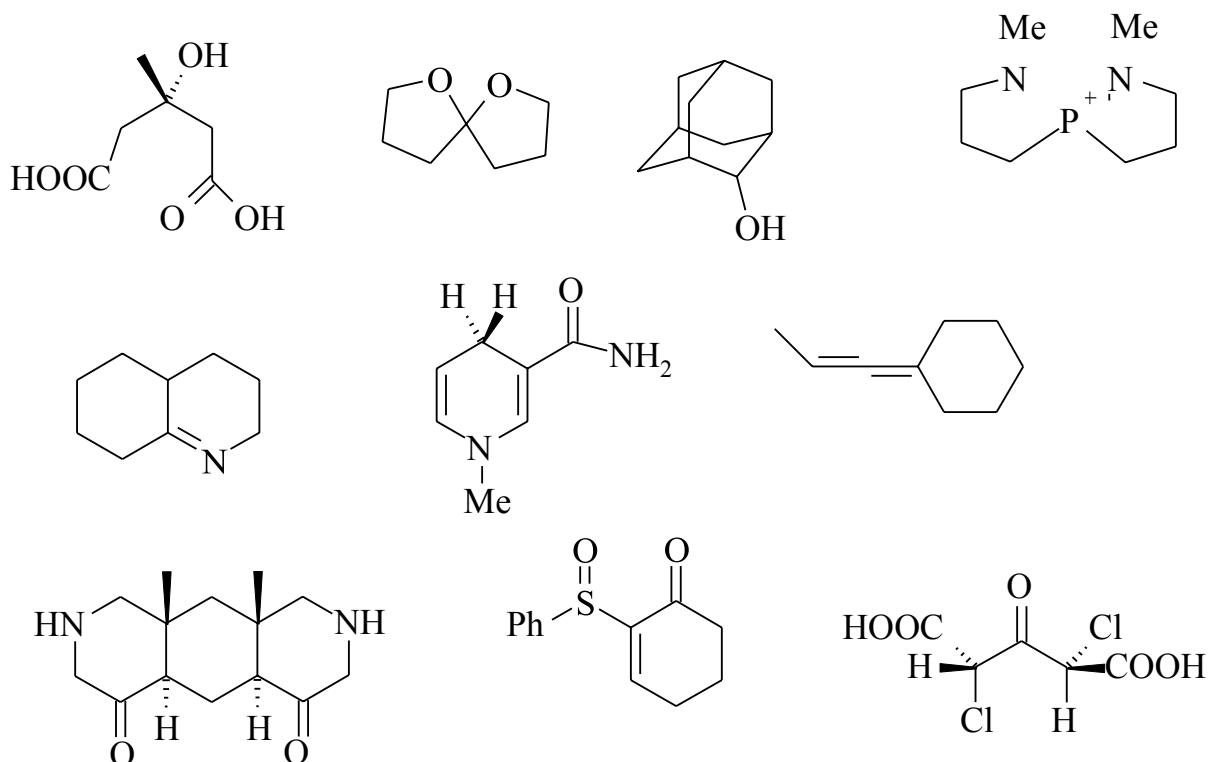
1.21. Объясните, почему асимметрические молекулы всегда хиральны, но хиральные молекулы не всегда асимметричны.

1.22. Объясните, почему приведенная ниже молекула является хиральной, но не асимметрической. Найдите у неё ось симметрии. Каким является атом, помеченный знаком #.



1.23. Определите общее число осей и плоскостей симметрии в молекулах следующих соединений: а) CH_4 ; б) CH_3Cl ; в) CH_2Cl_2 ; г) CH_2ClBr ; д) CHFClBr .

1.24. Являются ли приведенные ниже соединения хиральными:

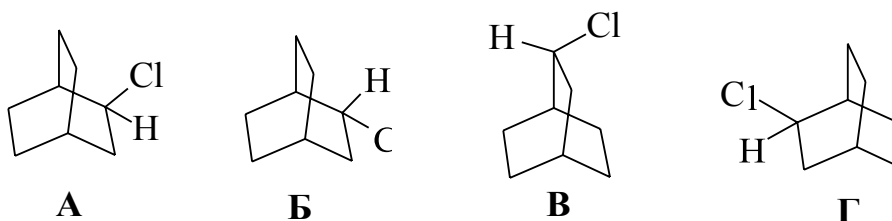


1.25. Напишите формулы всех возможных изомеров приведенных ниже соединений. Назовите все соединения по системе IUPAC. Какие из них будут оптически неактивными?

- а) C_4H_9Cl ;
 б) $C_4H_8Cl_2$;
 в) C_4H_8ClBr .

1.26. 2,3-Пентадиен хирален, но не асимметричен. Найдите у него ось симметрии.

1.27. Кем доводятся друг по отношению к другу соединения **А** и **Б**, **А** и **В**, **А** и **Г**?



1.28. Напишите формулы всех возможных дихлорциклобутанов. Какие из них существуют в виде энантиомеров?

1.29. Напишите формулы всех возможных хлорбромциклобутанов. Какие из них существуют в виде энантиомеров?

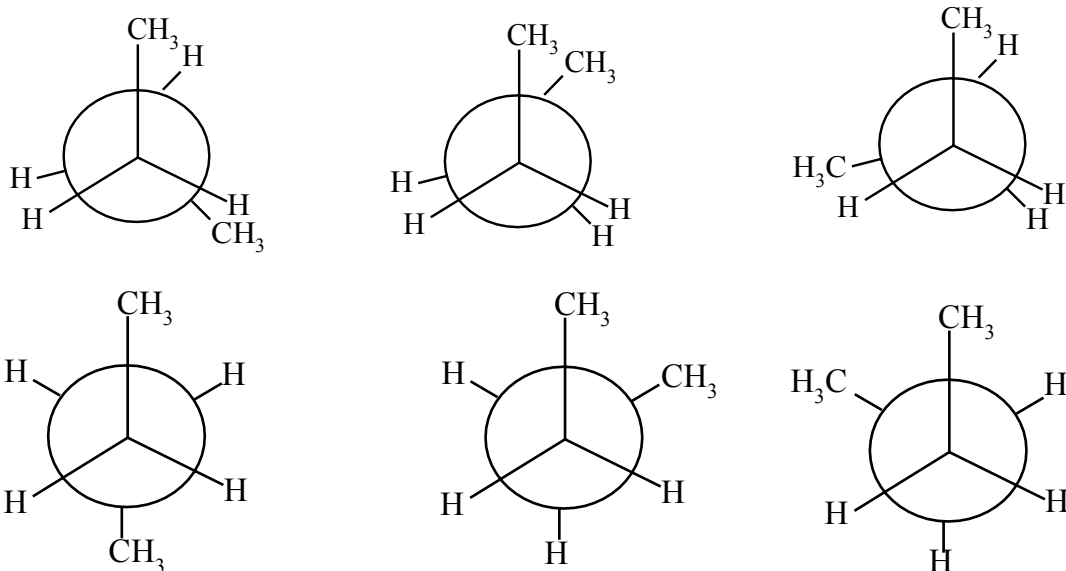
2. Конформации молекул

2.1. Дайте определение термина «конформация» молекул. Правила написания формул Ньюмена для обозначения конформаций молекул.

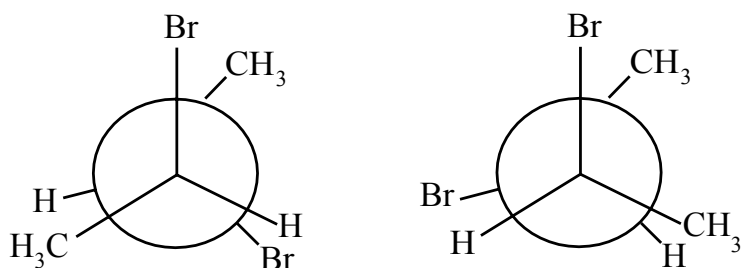
2.2. Сколько конформаций в молекуле этана, пропана? Почему наличие энергетического барьера не препятствует взаимопревращению их конформаций?

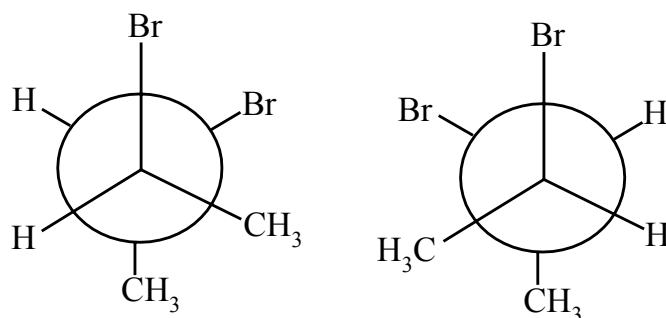
2.3. Напишите формулы Ньюмена для крайних по энергии конформаций этана и пропана при полном повороте относительно связи С-С. Какие из них являются заслоненными, заторможенными?

2.4. Назовите и обозначьте соответствующими символами конформации молекулы бутана относительно связи С₂-С₃.



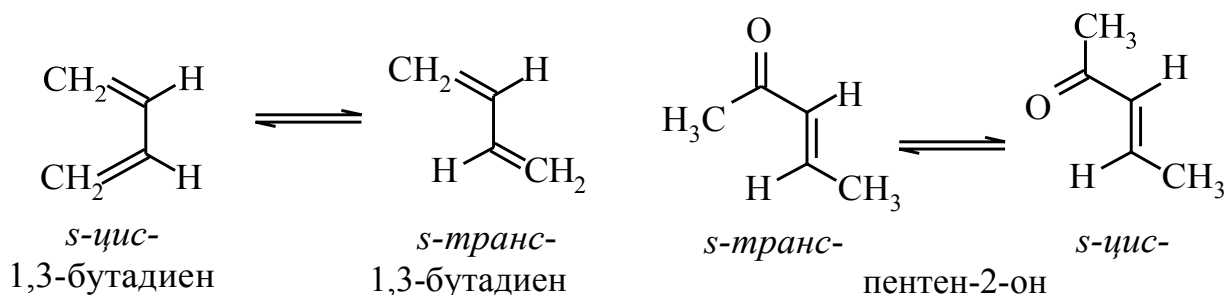
2.5. Назовите и обозначьте соответствующими символами конформации молекулы 2,3-дибромбутана:





2.6. Почему для молекулы пропандиола-1,2 более стабильным является синклиальный, а не антиперипланарный конформер?

2.7. Почему для 1,3-бутадиена и пентен-2-она более устойчивыми являются заслоненные *s-цис*- и *s-транс*-конформации? Чем объяснить большую устойчивость *s-транс*-конформации по сравнению с *s-цис*-?



2.8. Дайте определение термину «конформеры». Сколько конформеров в молекуле бутана относительно связи C_2-C_3 ?

2.9. Что такое конформационные изомеры? Приведите примеры.

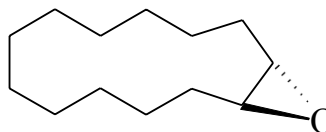
2.10. Объясните, почему в ряду 1,3-дизамещенных циклобутана *цис*-стереоизомеры более стабильны, чем соответствующие *транс*-производные?

2.11. Чем объясняется неплоскостное строение молекул циклобутана и цикlopентана? Что понимается под термином «псевдовращение» в случае цикlopентана?

2.12. Чем объясняется большая устойчивость конформации кресла для молекулы циклогексана? Что такое конверсия молекулы циклогексана? Как она осуществляется? Какие другие, крайние по энергии конформации этой молекулы вы знаете?

2.13. Оцените относительную устойчивость *цис*- и *транс*-изомеров в случае 1,2-, 1,3- и 1,4-диметилциклогексанов.

2.14. Из двух показанных ниже соединений **А** получить не удалось, а **Б** хорошо известно:

**А****Б**

Чем объясняется это различие?

2.15. В ИК спектре пиперидина имеется два сигнала, соответствующих поглощению N-H. Объясните.

3. Относительная и абсолютная конфигурация молекул

3.1. Дайте определение термина «конфигурация» молекул. Какие способы изображения конфигурации молекул вам известны?

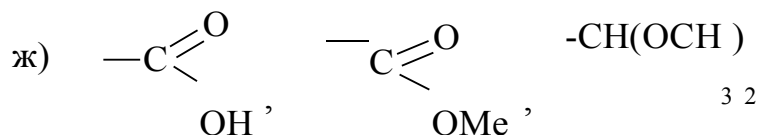
3.2. Напишите проекционные формулы энантиомеров молочной кислоты (2-гидроксипропановая кислота). Как определяется их принадлежность к D- или L-стереохимическим рядам? Приведите строение конфигурационного стандарта.

3.3. Напишите проекционные формулы стереоизомеров яблочной кислоты (2-гидроксипропановая кислота). Определите принадлежность каждого стереоизомера к D- или L-стереохимическим рядам. Приведите строение конфигурационного стандарта?

3.4. Правила определения последовательного старшинства заместителей и стереохимической *R,S*-номенклатуры органических соединений (правила Кана, Ингольда и Прелога).

3.5. Расположите следующие группы в порядке уменьшения старшинства:

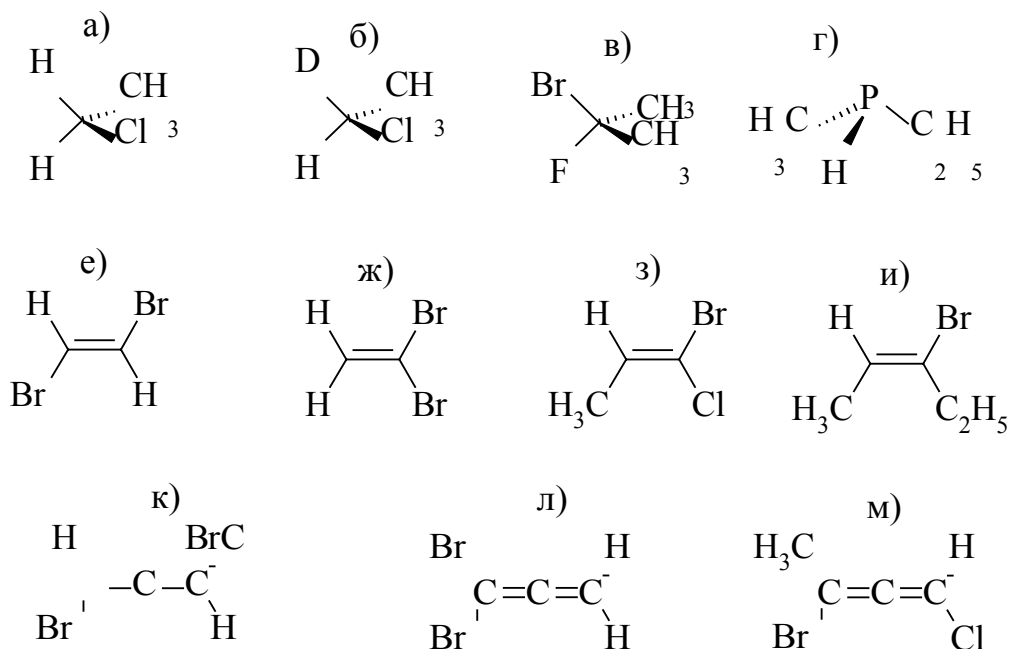
- а) $-\text{H}$, $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$, $-\text{C}(\text{CH}_3)_3$, $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$;
 б) $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, $-\text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_2$;
 в) $-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$, $-\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $-\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_3$;
 г) $-\text{CH}=\text{CH}_2$, $-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$, $-\text{CH}=\text{CHCH}_3$;
 д) $-\text{C}\equiv\text{CH}$, $-\text{C}(\text{CH}_3)_3$, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_3$;
 е) $-\text{OCH}_3$, $-\text{CH}_2\text{OH}$, $-\text{CH}_2\text{OCH}_3$, $-\text{CH}_2\text{SH}$;



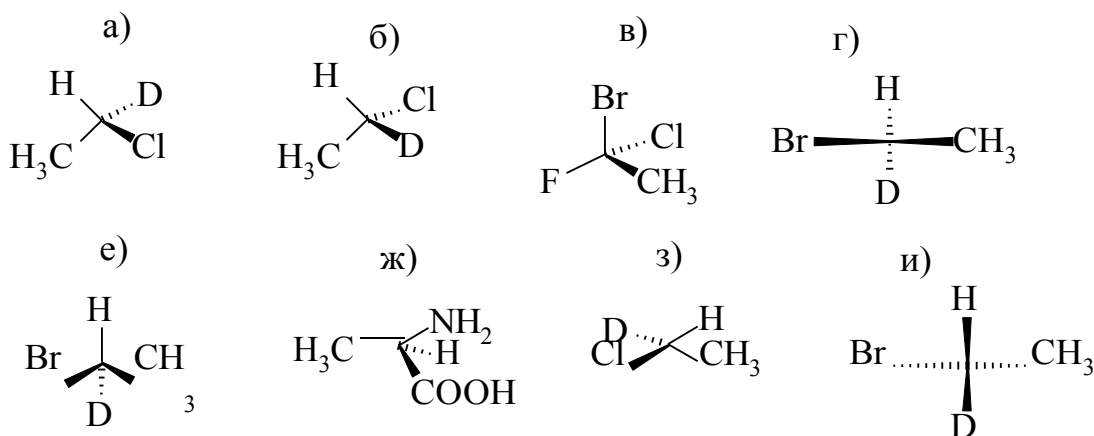
3.6. Расположите следующие группы в порядке уменьшения старшинства:

- а) $-\text{Br}$, $-\text{CH}_3$, $-\text{CF}_3$, $-\text{CH}_2\text{CH}_3$, CD_3 ;
 б) $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CCl}_3$, $-\text{CHClCH}_2\text{CH}_3$;
 в) $-\text{Cl}$, $-\text{CH}_2\text{Cl}$, $-\text{OCl}$, $-\text{CCl}_3$;
 г) $-\text{NH}_2$, $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$, $-\text{NHCH}_3$;
 д) $-\text{C}\equiv\text{CH}$, $-\text{CN}$, $-\text{CH}=\text{CH}_2$, $-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$;
 е) $-\text{CH}_2(\text{CH}_2)_8\text{CCl}_3$, $-\text{CH}_2(\text{CH}_2)_7\text{CH}_2\text{Cl}$, $-\text{CH}_2\text{CCl}_3$, $-\text{CHClCH}_3$.

3.7. Определите, какие из приведенных структур существуют в виде энантиомеров, какова их конфигурация. Укажите центр или плоскость симметрии в остальных структурах.

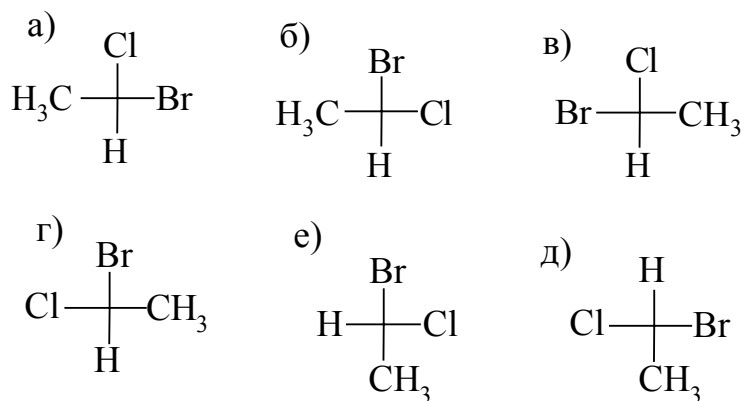


3.8. Изобразите фишеровские проекции следующих соединений:



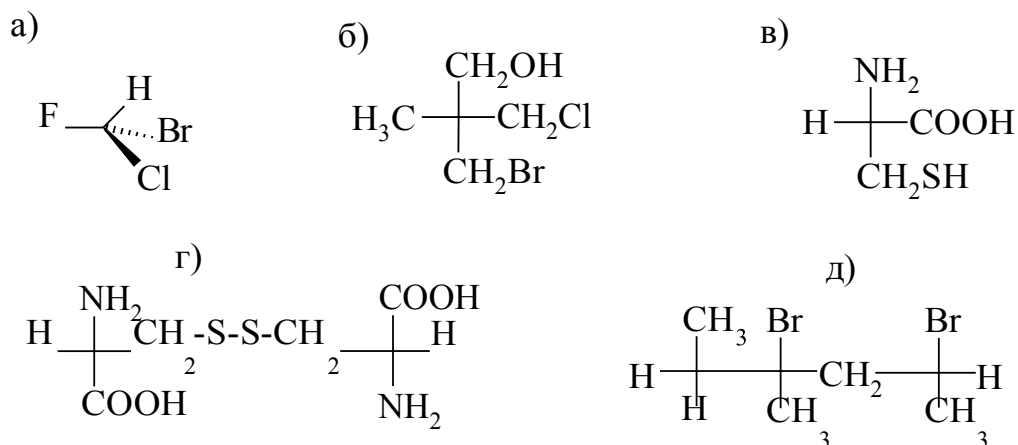
Определите абсолютные конфигурации соединений.

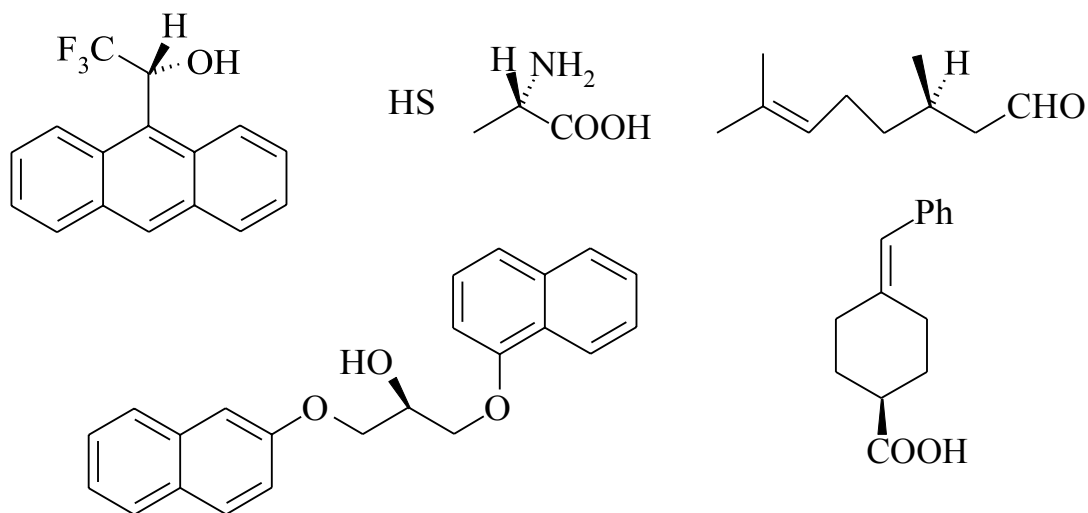
3.9. Преобразуйте следующие проекционные формулы Фишера в соответствующие клиновидные проекции. Какие из них являются идентичными?



Определите абсолютные конфигурации соединений.

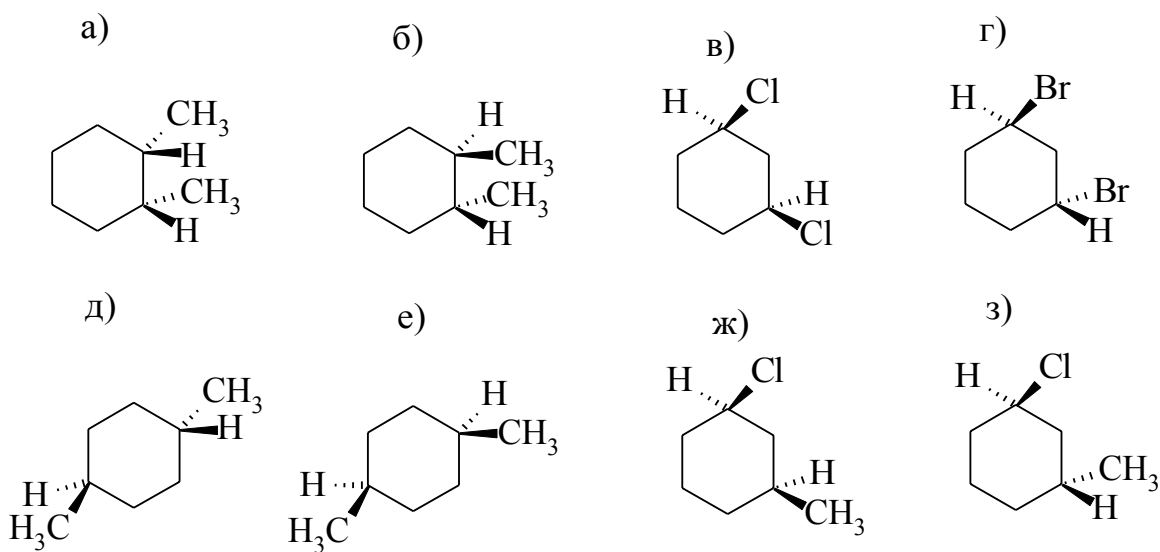
3.10. В некоторых из приведенных ниже соединений имеются хиральные центры. Определите их абсолютную конфигурацию.





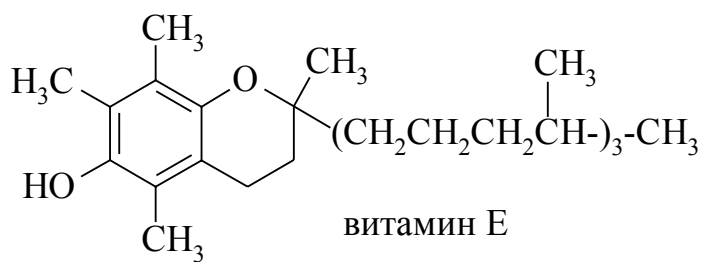
3.14. Напишите формулы: *E*-изомеров 5-метилгептен-4-ин-2 и 3-этилгексен-2-ин-5; *Z*-изомеров 1-хлор-2-бромбутен-1 и 1-хлор-1-бромбутен-1.

3.15. Назовите следующие соединения. Определите абсолютную конфигурацию хиральных центров. Обладают ли эти соединения оптической активностью?

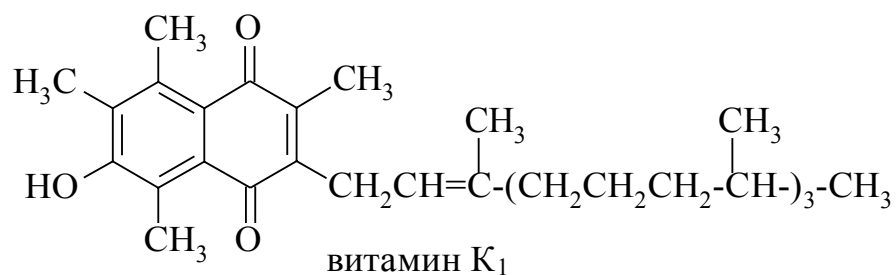


3.16. Сколько стереоизомеров возможно:

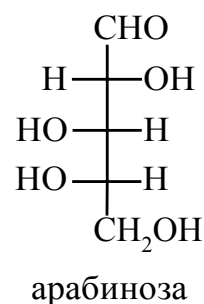
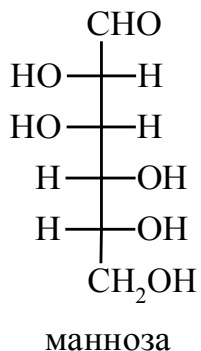
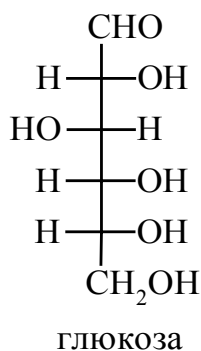
а) для витамина Е:



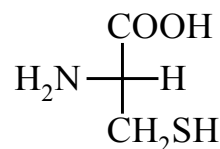
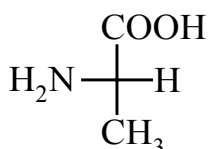
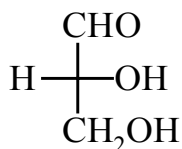
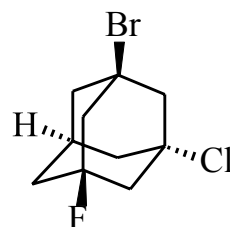
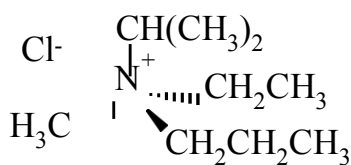
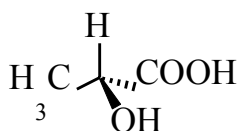
б) для витамина K₁:

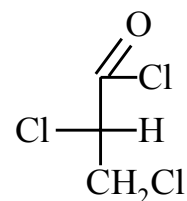
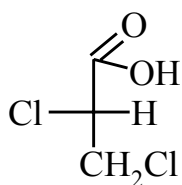


3.17. Ниже приведены формулы природных моносахаридов. Определите их принадлежность к D,L-ряду, а также абсолютную конфигурацию всех их хиральных центров.

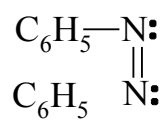
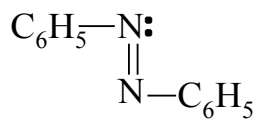
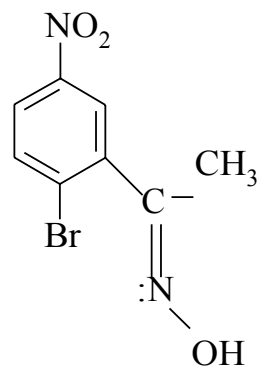
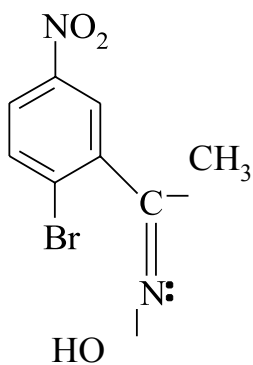
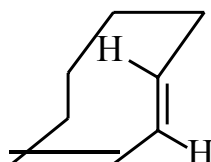
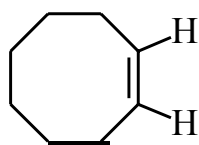
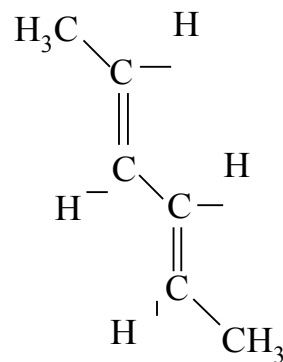
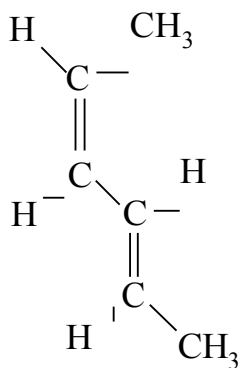
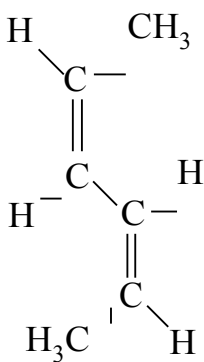


3.18. Приведите полные (с учетом конфигурации) названия следующих соединений:



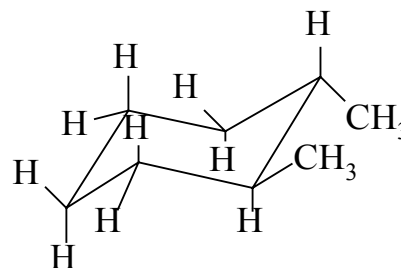
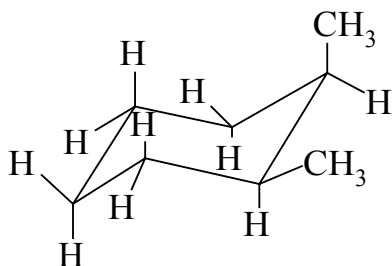
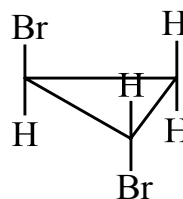
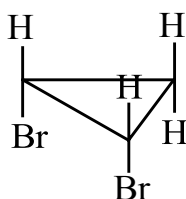
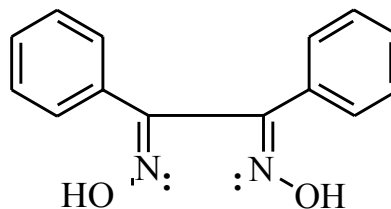
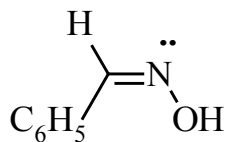
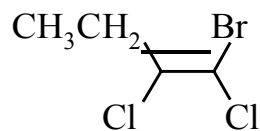
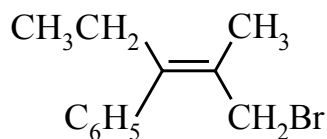


3.19. Приведите полные (с учетом конфигурации) названия следующих соединений:



Обладают ли они оптической активностью?

3.20. Приведите полные (с учетом конфигурации) названия следующих соединений:



3.21. Возможно ли для соединений с одинаковым строением: а) существование одних только энантиомеров, но не диастереомеров; б) существование одних только диастереомеров, но не энантиомеров; в) существование как энантиомеров, так и диастереомеров. Приведите примеры.

3.22. Укажите, являются ли приведенные ниже пары соединений энантиомерами или диастереомерами:

- (+)- и (-)-винные кислоты;
- (-)-винная и мезовинная кислоты;
- цис*- и *транс*-1,2-дихлорэтилены;
- (+)- и (-)-*цис*-3-метилциклогексанола;
- цис*- и *транс*-3-метилциклогексанола.

3.23. Напишите проекционные формулы Фишера для следующих соединений:

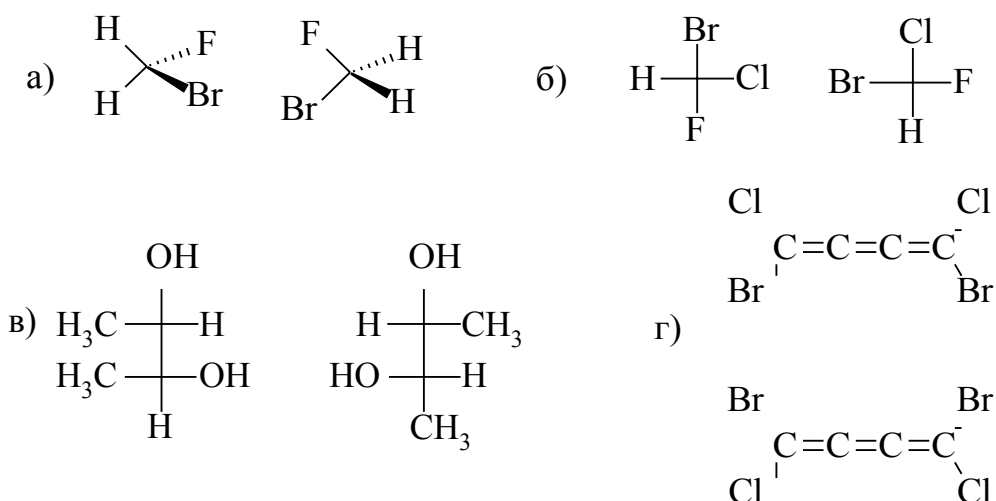
- R*-молочная кислота;

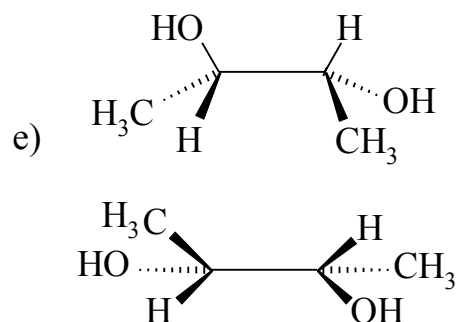
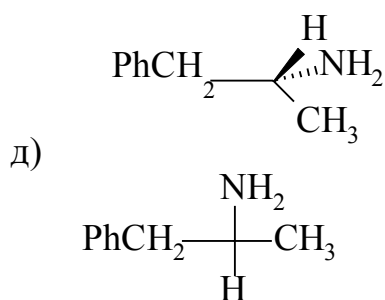
- б) *S*-аланин;
 в) *R*-метилфенилкарбинол;
 г) *S*-этанол-1-D;
 д) *R,R*-винная кислота;
 е) *S*-3-метилпентен-1;
 ж) *R,R*-циклогександиол-1,3.

3.24. Какие из следующих соединений будут оптически активны?

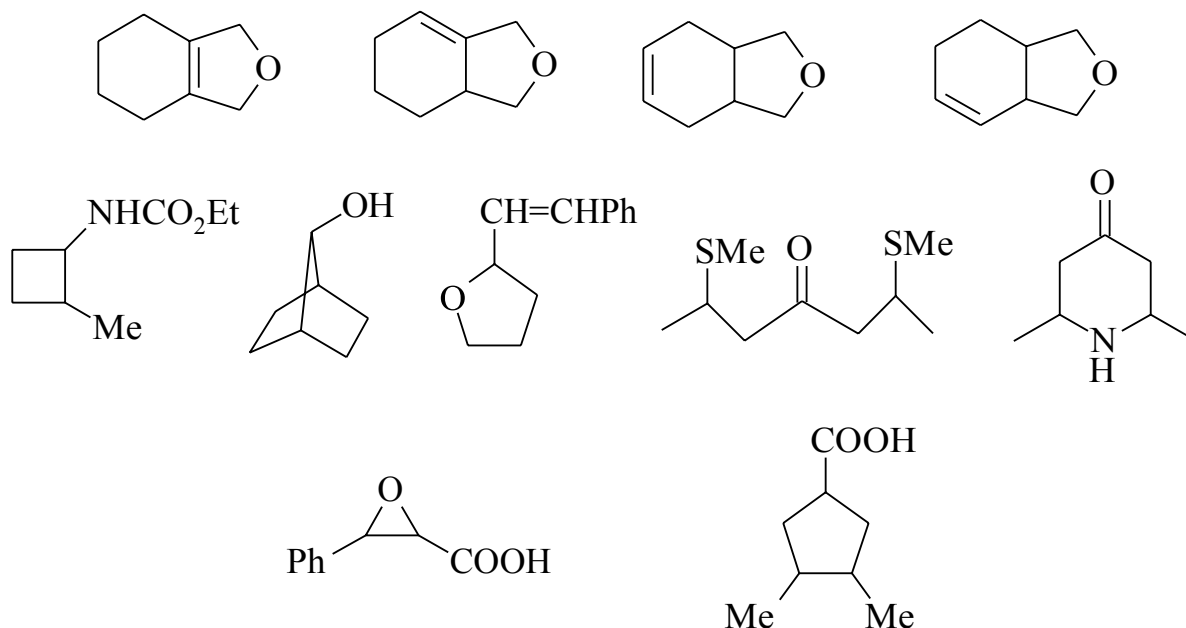
- а) *мезо*-2,3-дибромбутан;
 б) (+)-2,3-дибромбутан;
 в) (–)-2,3-дибромбутан;
 г) смесь 1 г (+)-*эритро*-2-бром-3-хлорбутана и 0,5 г (–)-*эритро*-2-бром-3-хлорбутана;
 д) (–)-*трео*-2-бром-3-хлорбутан;
 е) *трео*-2-бром-3-хлорбутан;
 ж) *эритро*-2,3-дибромпентан;
 з) смесь 1 г (+)-*эритро*-2-бром-3-хлорбутана и 1 г (–)-*трео*-2-бром-3-хлорбутана.

3.25. Укажите, какие из следующих соединений являются идентичными, энантиомерами, диастереомерами.





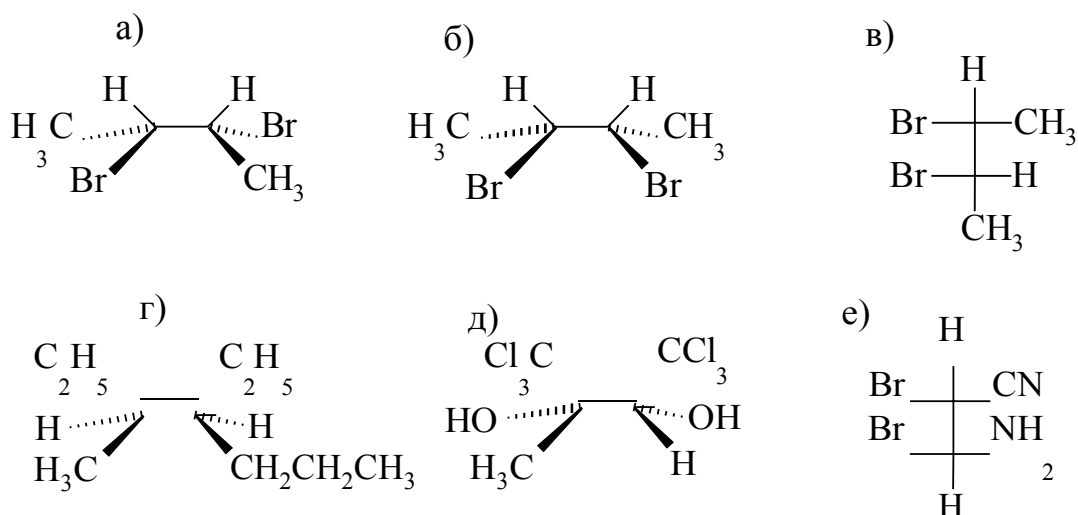
3.26. Определите число стереоизомеров, напишите пространственные формулы для каждого из них:



3.27. Сколько дибромидов получится при свободнорадикальном бромировании приведенных ниже соединений. Какие из них являются структурными изомерами, диастереомерами, энантиомерами?

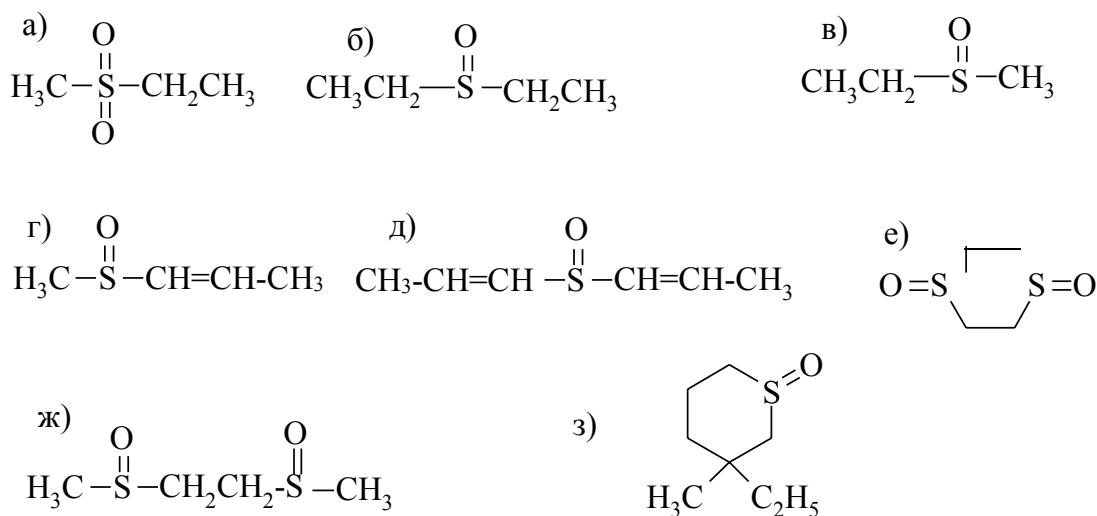
- а) этан;
б) пропан;
в) бутан;
г) 2-метилбутан;
д) 2,2-диметилпропан;
е) 2,2-диметилбутан
ж) пентан.

3.28. Определите каждое из следующих соединений как а) *мезо*, б) D,L, в) *трео*- или *эритро*-.



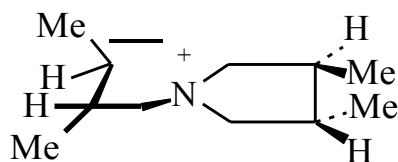
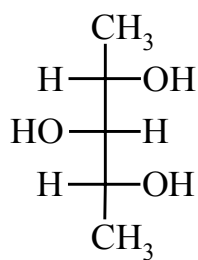
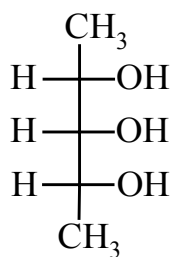
3.29. Свободнорадикальное хлорирование (*R*)-2-бромбутана приводит к двум 2-бром-3-хлорбутанам. Изобразите их структуру, назовите. Обладают ли они оптической активностью? Образуются ли они в одинаковых количествах? Почему?

3.30. Отметьте все возможные стереоизомеры (если они есть) для следующих соединений. Определите энантимеры и диастереомеры.

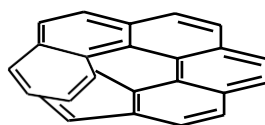
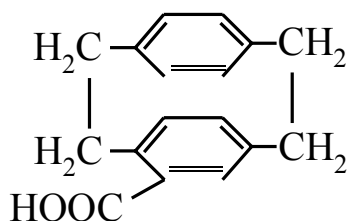
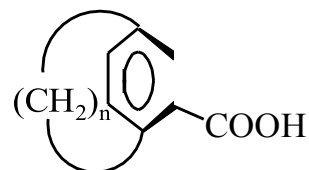
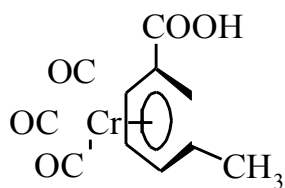
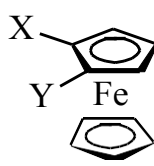
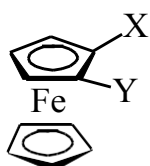
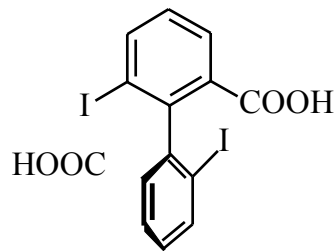
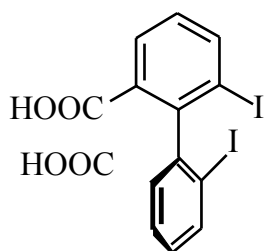
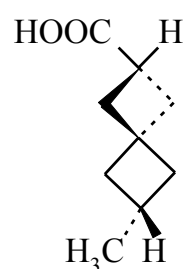
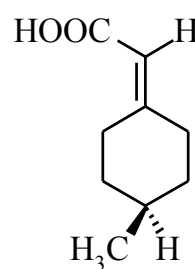
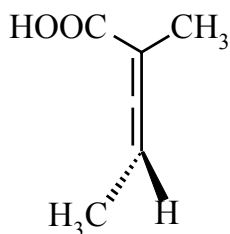
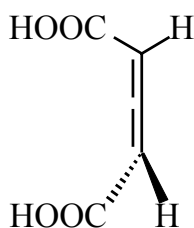
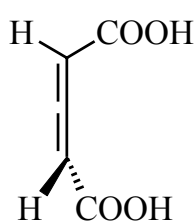


3.31. Инозиты – это 1,2,3,4,5,6-гексаоксициклогексаны. Из восьми диастереомерных инозитов семь не обладают оптической активностью и только один является хиральным. Напишите их формулы (конформации указывать необязательно).

3.32. Приведенные ниже соединения являются ахиральными. Определите причину их ахиральности.

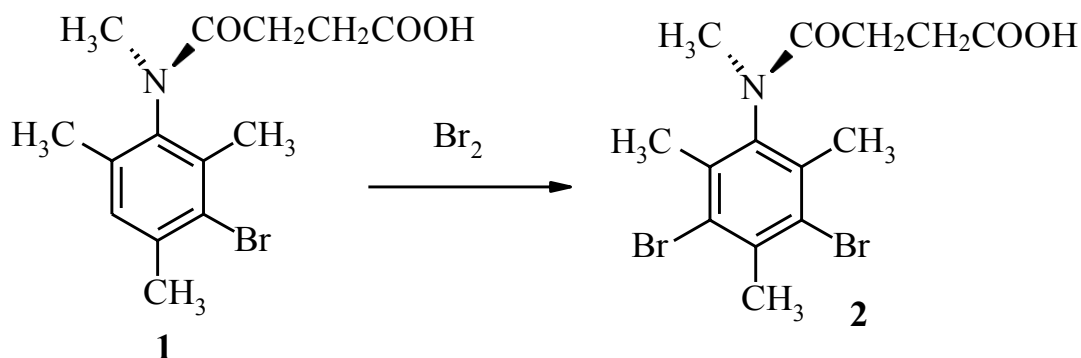


3.33. Определите тип хиральности и абсолютную конфигурацию следующих соединений (за исключением соединений с планарной хиральностью):

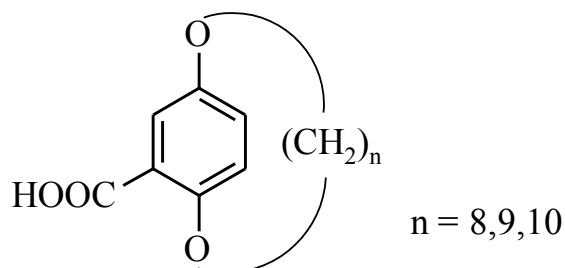


энантиомеры гексагелицена

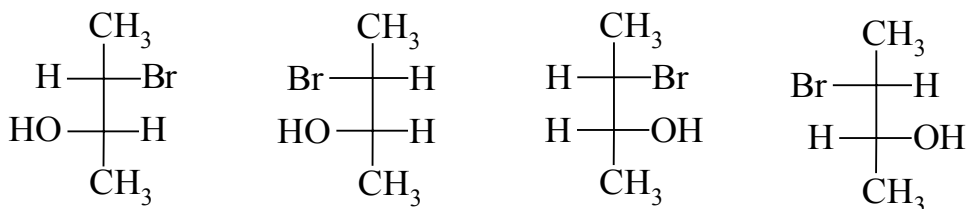
3.34. Соединение **1** может быть расщеплено на антиподы, тогда как продукт его бромирования **2** – ахирален и оптически неактивен. Почему? Какой тип хиральности характерен для соединения **1**.



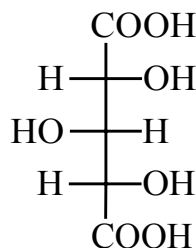
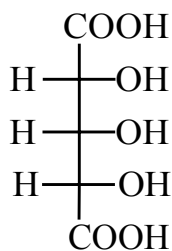
3.35. В приведенном ниже примере анса-соединения при $n = 10$ вращение свободное и соединение ахирально; при $n = 9$ вращение затруднено и соединение расщепляется на антиподы, последние, однако, рацемизируются при нагревании; при $n = 8$ рацемизация не происходит. Объясните эти результаты.



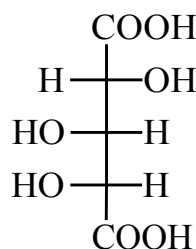
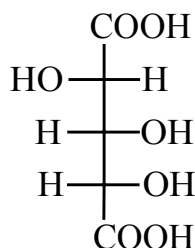
3.36. Определите абсолютную конфигурацию хиральных центров приведенных ниже стереоизомеров. Какие из них составляют пару *трео*-изомеров, какие - *эритро*-изомеров? Определите среди них энантиомеры и диастереомеры.



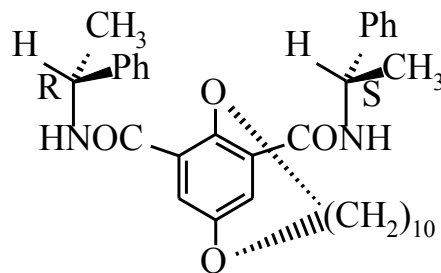
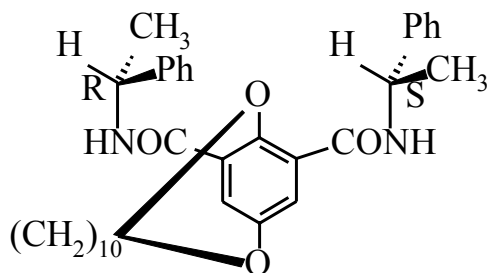
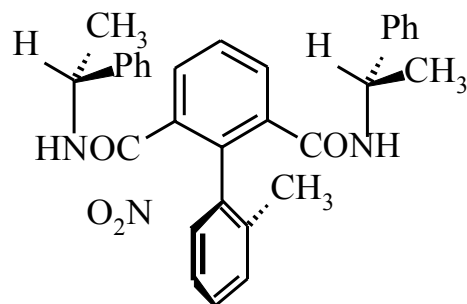
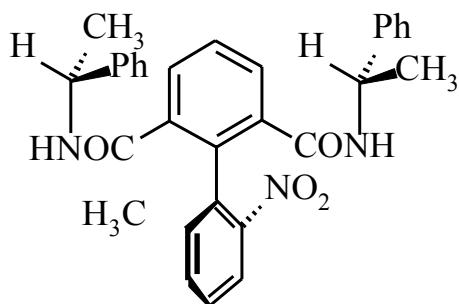
3.37. Какой атом углерода называют псевдоасимметрическим? Как определяется и обозначается его конфигурация? Почему соединения с псевдоасимметрическим атомом углерода всегда ахиральны и оптически неактивны?



3.38. Определите статус (асимметрический, неасимметрический, псевдоасимметрический) центрального атома углерода стереоизомеров триоксиглutarовой кислоты. Являются ли они энантиомерами, диастереомерами? Проявляют ли оптическую активность?



3.39. Ниже приведены пары соединений с псевдохиральной осью и с псевдохиральной плоскостью. Найдите элемент симметрии, объясняющий их ахиральность и оптическую неактивность.



3.40. Что такое рацемат? В чем причины оптической неактивности рацематов? Каков общий принцип расщепления рацематов?

3.41. Вычислите процентное содержание энантиомера, являющегося примесью, если в ходе расщепления рацемата достигнута оптическая чистота

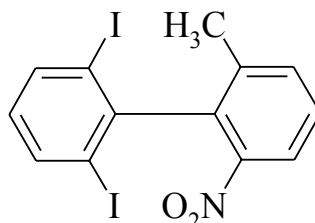
та: а) 90%; б) 99%.

3.42. Вычислите процентное содержание энантиомера, являющегося основным, если в ходе расщепления рацемата достигнута оптическая чистота:
а) 80%; б) 98%.

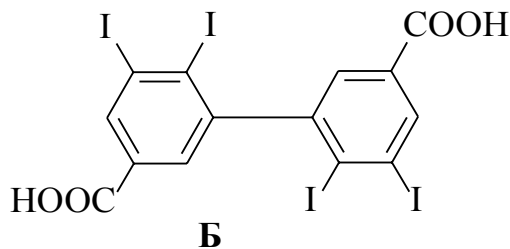
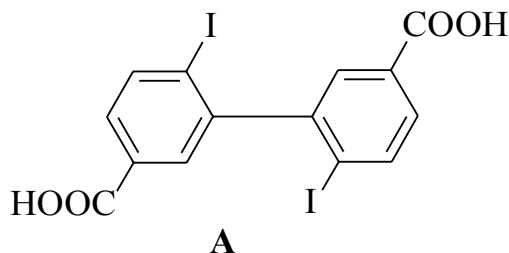
3.43. Что такое рацемизация, эпимеризация? Чем они отличаются? Чем отличается физическая рацемизация от химической? В каком случае говорят о конформационном маршруте рацемизации?

3.44. Объясните, почему 1-аминобутан образует с (*R*)-4-хлорпентановой кислотой одну соль, а 2-аминобутан – две различные соли.

3.45. Можно ли расщепить на оптические антиподы следующее соединение?

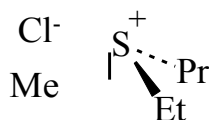
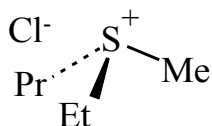


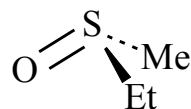
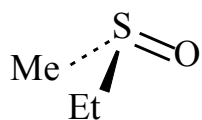
3.46. Почему соединение **А** рацемизуется при нагревании в 30 000 раз быстрее, чем соединение **Б** в одинаковых условиях?



3.47. Можно ли расщепить на энантиомеры следующие кислоты: а) 6,6'-дибромдифенил-2,2'-дикарбоновую; б) 2',6'-дибромдифенил-2,6-дикарбоновую; в) 2,2',6,6'-тетраметилдифенил-3,3'-дикарбоновую; г) 2,2',6,6'-тетраметилдифенил-4,4'-дикарбоновую.

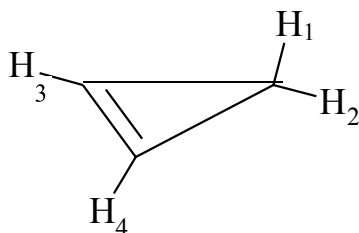
3.48. Приведите полные (с учетом конфигурации) названия следующих соединений:



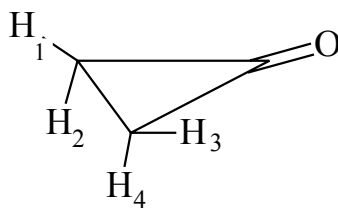


4. Концепция «топных отношений»

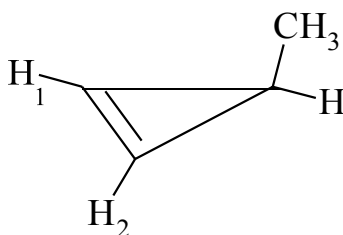
4.1. Определите топные отношения между атомами H_1 и H_2 , H_3 и H_4 в молекуле циклопропена:



4.2. Определите топные отношения между атомами H_1 и H_3 , H_2 и H_4 в молекуле циклопропанона:



4.3. Определите топные отношения между атомами H_1 и H_2 , H_2 и H_4 в молекуле 3-метилциклопропена:



4.4. Определите пару энантиотопных групп для каждого из следующих соединений:

а) CH_2ClBr ;

б) $CHCl(CH_3)_2$;

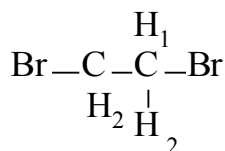
в) $CHCl(CH_2CH_3)_2$;

г) $ClCH_2CH_2Cl$;

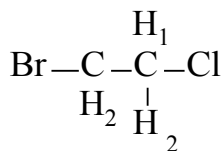
д) $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Br}$.

4.5. Для каждой из нижеследующих структур укажите, являются ли пары водорода (H_1 и H_2) *идентичными*, *энантиотопными* или *диастереотопными*.

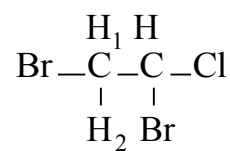
а)



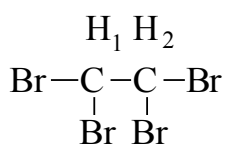
б)



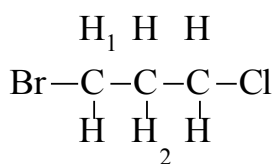
в)



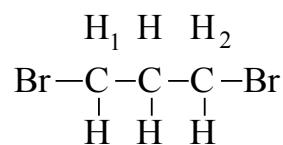
г)



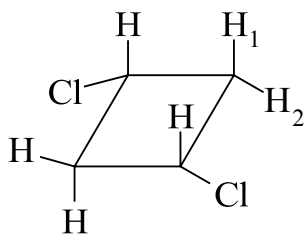
д)



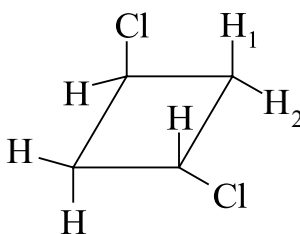
е)



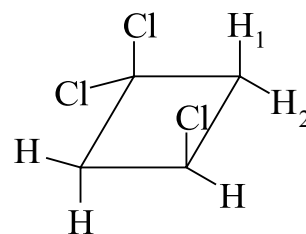
ж)



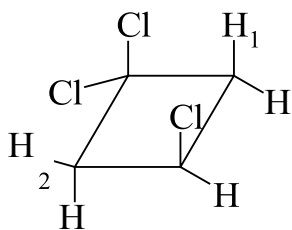
з)



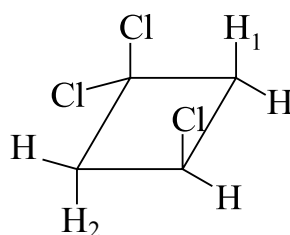
и)



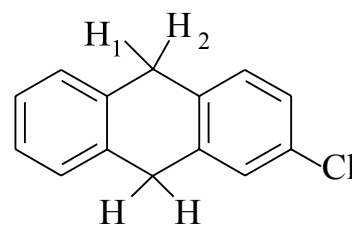
к)



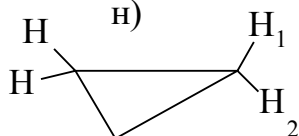
л)



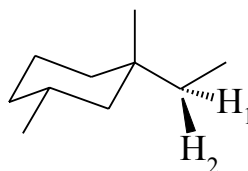
м)



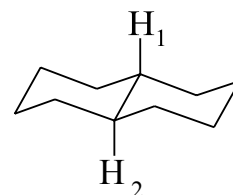
н)



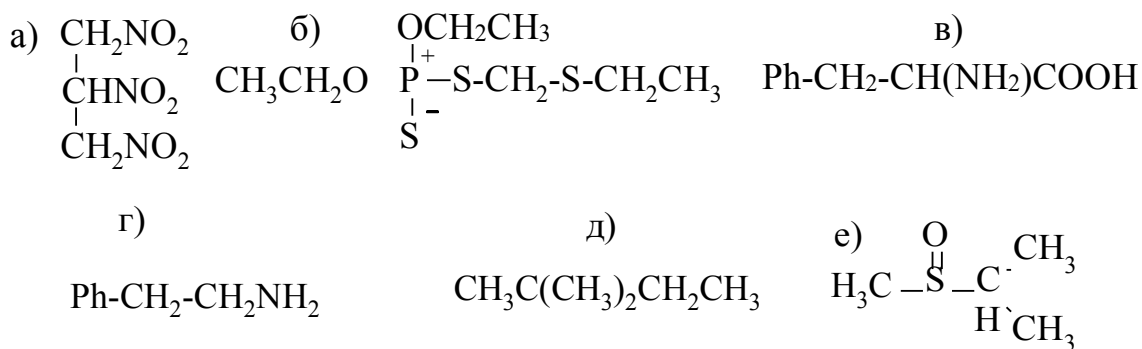
о)



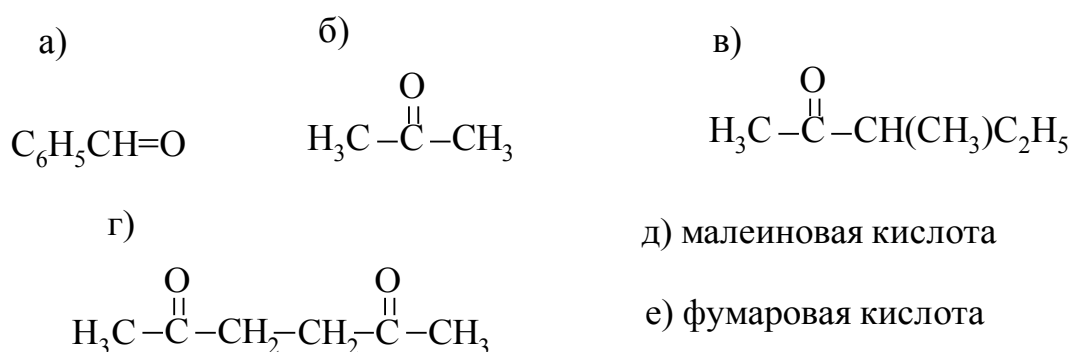
п)



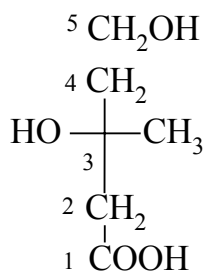
4.6. Укажите все прохиральные центры следующих соединений:



4.7. Укажите, являются ли обе стороны двойной связи (C=O или C=C) в приведенных ниже соединениях эквивалентными (гомотопными), энантиотопными или диастереотопными:

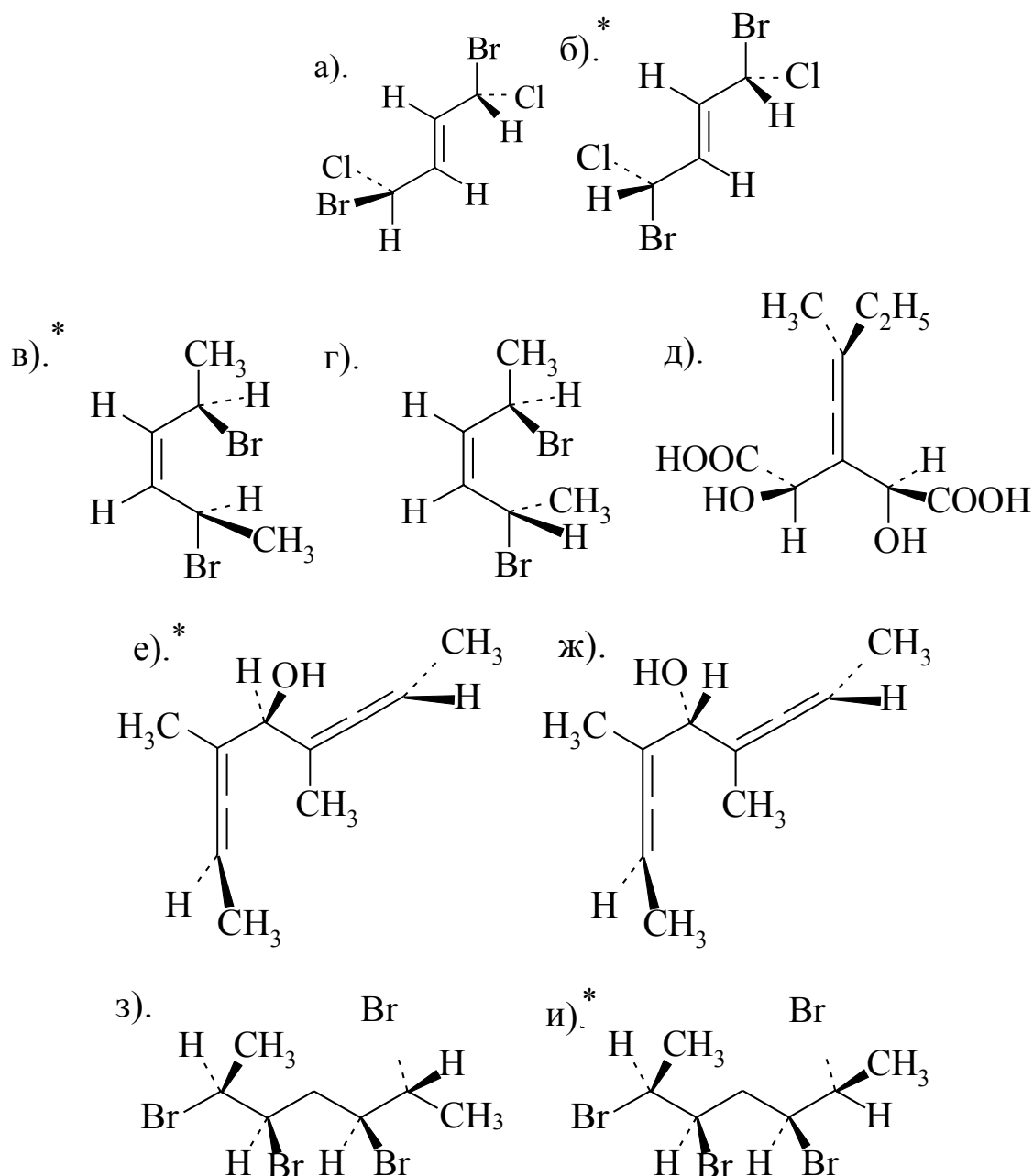


4.8. Определите абсолютную конфигурацию природной мевалоновой кислоты. Укажите все пары прохиральных атомов водорода. Какой атом водорода метиленовых групп нужно заменить на дейтерий, чтобы изменить абсолютную конфигурацию при C_3 -атоме мевалоновой кислоты?

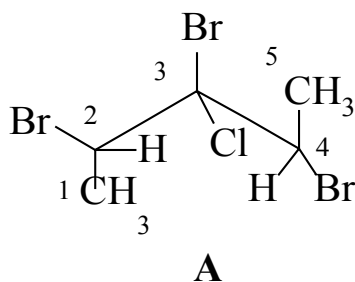


5. Комбинированные задачи

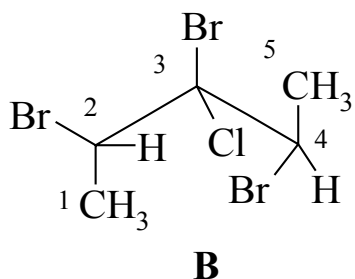
5.1. Являются ли приведенные ниже соединения хиральными и оптически активными или нет? В случае ахиральности, укажите причину. Определите конфигурацию каждого асимметрического или псевдоасимметрического элемента молекулы.



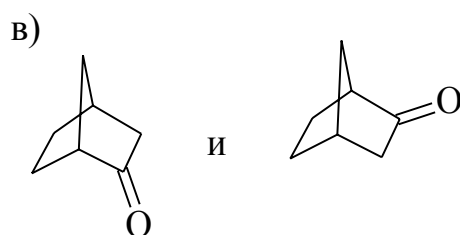
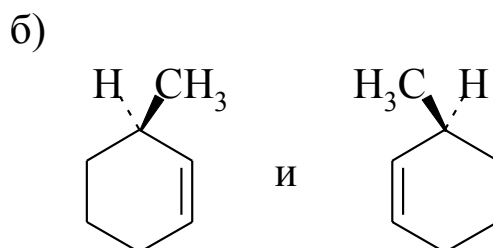
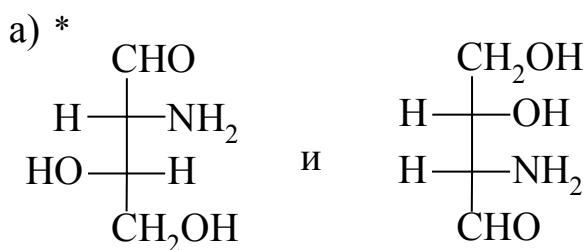
5.2.* Ниже приведена одна из множества конформаций соединения А. Ответьте на следующие вопросы: а) каковы конформации относительно связи C_2-C_3 и C_3-C_4 (обозначьте соответствующими символами); б) являются ли атомы C_2 , C_3 и C_4 соединения А асимметрическими, неасимметрическими или псевдоасимметрическими; укажите их конфигурацию; в). является ли соединение А хиральным или ахиральным.

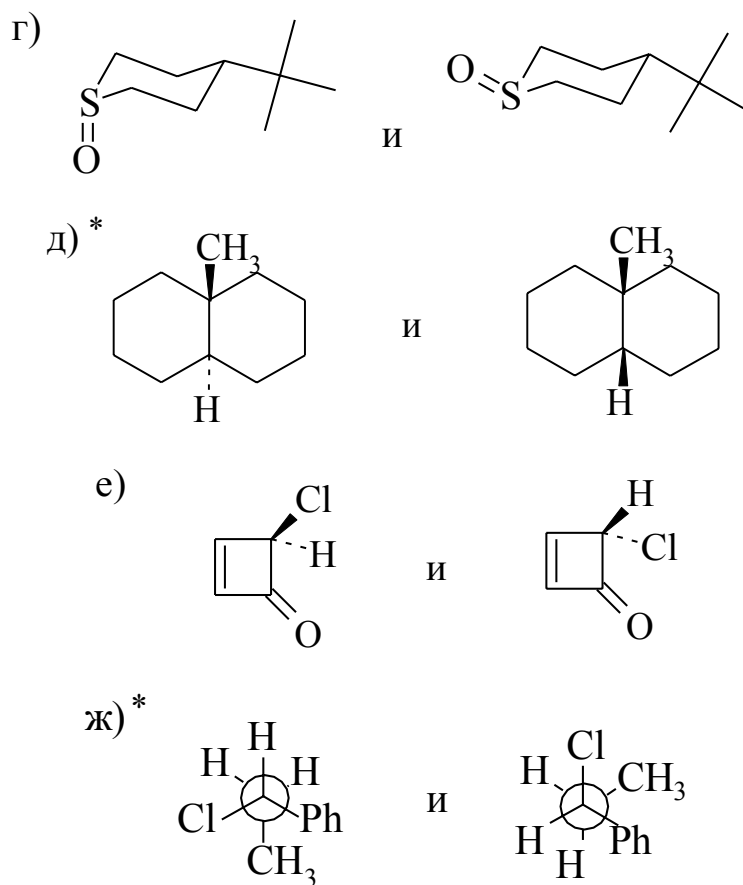


5.3. Ниже приведена одна из множества конформаций соединения **B**. Ответьте на следующие вопросы: а) каковы конформации относительно связи C_2-C_3 и C_3-C_4 (обозначьте соответствующими символами); б) являются ли атомы C_2 , C_3 и C_4 соединения **B** асимметрическими, неасимметрическими или псевдоасимметрическими; укажите их конфигурацию; в). является ли соединение **B** хиральным или ахиральным.

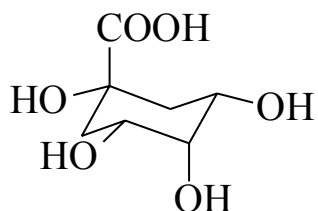


5.4. Укажите, являются ли соединения в каждой паре идентичными, энантиомерными или диастереомерными:

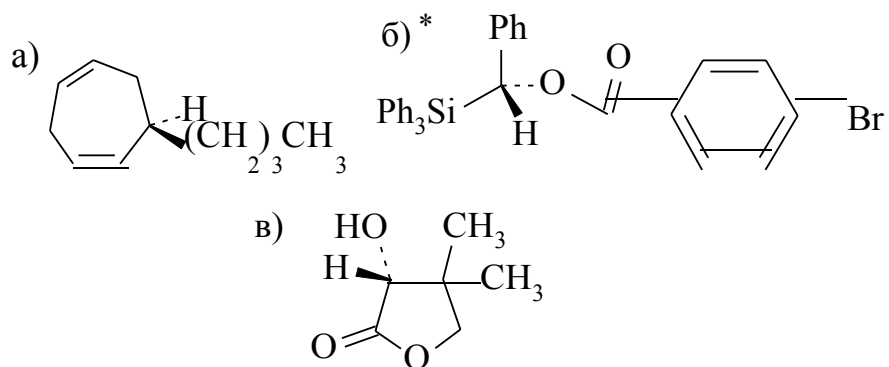


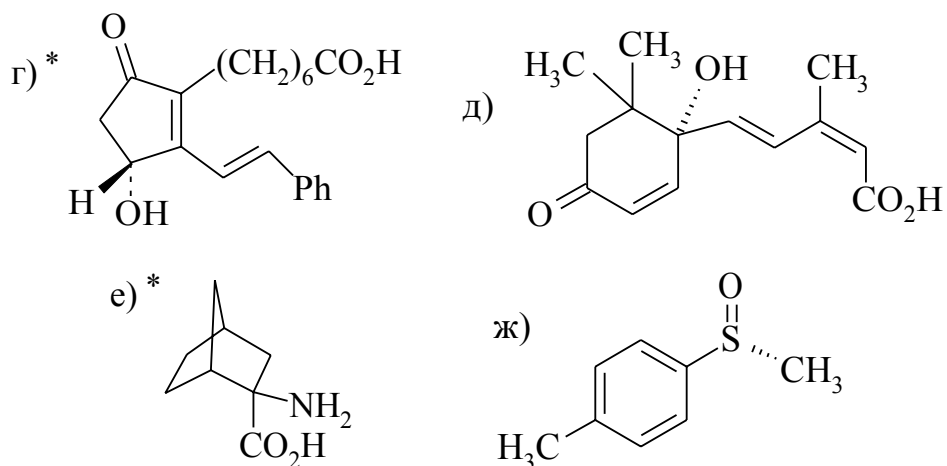


5.5. Первоначально предложенная структура для оптически активного соединения ($[\alpha]_D = +40.3^\circ$) оказалась ошибочной. Предположите, почему предложенная ниже структура была отвергнута.



5.6. Определите конфигурацию каждого стереогенного центра в следующих молекулах:





5.7. Напишите стереохимические формулы следующих соединений:

(а)* (*E*)-3,7-диметил-2,6-октадиен-1-ол (гераниол);

(б) (*R*)-4-methyl-4-фенил-2-циклогексенон;

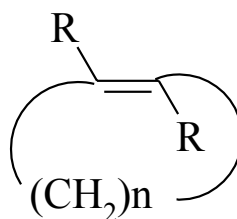
(в)* *L*-эритро-2-(метиламино)-1-фенилпропан-1-ол [(-)-эфедрин];

(г)* (*7R,8S*)-7,8-эпокси-2-метилоктадекан (половой аттрактант женской особи моли);

(д)* метил (*1S*)-циано-(*2R*)-фенилциклопропанкарбоксилат;

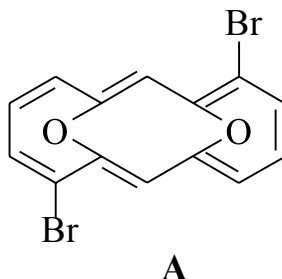
(е) (*Z*)-2-метил-2-бутенол.

5.8. * Рацемизация *транс*-циклоалкенов со средним размером цикла зависит от размера кольца и заместителей. Объясните данные по рацемизации циклоалкенов, представленные в таблице.



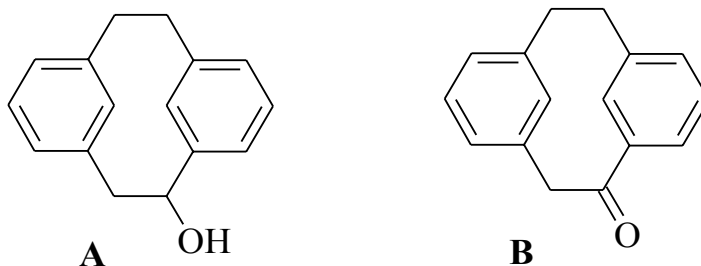
Размер кольца	n	R	Период полупревращения для рацемизации
8	6	H	10 ⁵ лет при 25 °C
9	7	H	10 с при 25 °C
10	8	CH ₃	3 дня при 100 °C
12	10	CH ₃	1 день при 25 °C

5.9.* Соединение **A** может быть получено в энантиомерно чистом виде. При нагревании до 120° С оно рацемизируется. Предложите механизм этого процесса.

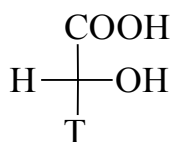


5.10.* Реакция 1,3,5-трис(тиометил)бензола с KOH и затем с трис(2-бромэтил)метаном дает продукт C₁₆H₂₂S₃, имеющий следующий спектр ЯМР ¹H: δ –1.7, септет, 1H; 1.0, мультиплет, 6H; 2.1, мультиплет, 6H; 3.0, синглет, 6H; 7.1, синглет, 3H. Предложите структуру, удовлетворяющую этим данным, и объясните основу своего предположения.

5.11.* Соединение **A** может быть получено в энантиомерно чистом виде: [α] = –124°. Окисление дает оптически активный кетон **B** ([α] ~ –439°). Нагревание спирта **A** приводит к частичному превращению (устанавливается равновесие) в изомер с [α] = +22°. Окисление этого изомера дает энантиомер кетона **B**. Нагревание любого энантиомера кетона приводит к рацемической смеси. Объясните стереохимические взаимоотношения между этими соединениями.

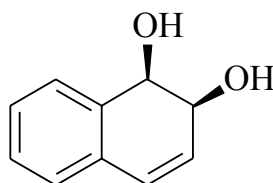


5.12.* Ферментативное окисление гликолевой кислоты (HOCH₂COOH) приводит к глиоксальной кислоте (O=CHCOOH), причем в ходе окисления удаляется только про-*R* водородный атом гликолевой кислоты. В реакцию ввели меченый тритием (³H = T) энантиомер гликолевой кислоты:

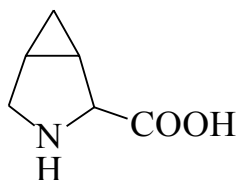


Содержит ли продукт реакции тритий?

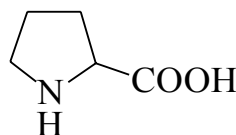
5.13. * Энзиматическое окисление нафталина бактериями протекает через промежуточный *цис*-диол, показанный ниже. Какая прохиральная сторона относительно C₁ и C₂ нафталина подвергаются гидроксильрованию в этом процессе?



5.14. * Из конского каштана была выделена аминокислота, структурная формула которой представлена ниже. Конфигурационно она соответствует L-пролину и имеет R-конфигурацию при C₃-атоме. Напишите правильную стереохимическую формулу этой кислоты:



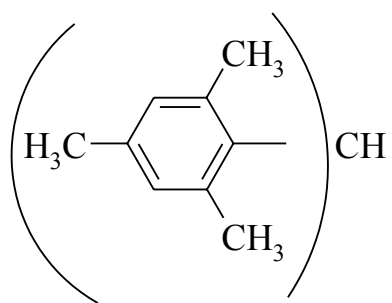
аминокислота из
конского каштана



пролин (без стереохимии)

5.15. * Один из диастереомеров 2,6-диметилциклогексилбензильного эфира имеет два дублета бензильных протонов в ЯМР спектре. Приведите возможную стереоструктуру этого изомера.

5.16. * ЯМР спектр тримезитилметана указывает на наличие двух энантиомерных частиц в растворе, барьер взаимопревращения между которыми составляет 22 ккал/моль. Объясните причину хиральности этой молекулы.

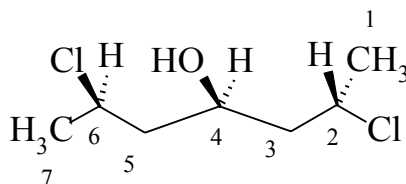


6. Тестовые задания для контроля знаний студентов

6.1. Контрольная работа № 1*

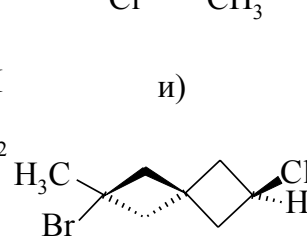
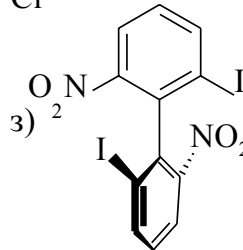
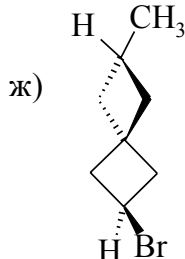
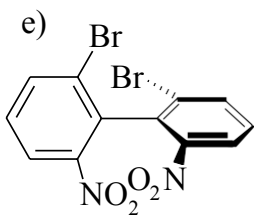
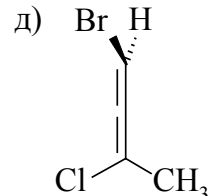
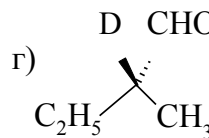
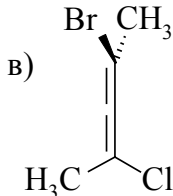
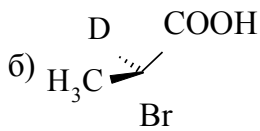
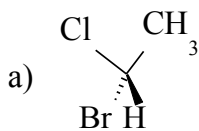
Вариант № 1.

1. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



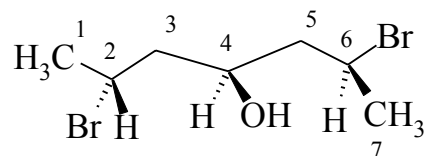
- С₆-атом является асимметрическим;
- это соединение хирально;
- С₂-атом не является асимметрическим;
- С₆-атом не является асимметрическим;
- С₄-атом является асимметрическим;
- С₂-атом является асимметрическим;
- это соединение оптически неактивно;
- С₄-атом является неасимметрическим;
- С₄-атом имеет *R*-конфигурацию;
- это соединение ахирально;
- одновременное изменение конфигурации С₂- , С₄- и С₆-атомов приведет к энантиомеру;
- это соединение оптически активно;
- одновременное изменение конфигурации С₂- , С₄- и С₆-атомов приведет к идентичному соединению;
- С₄-атом является псевдоасимметрическим;
- С₄-атом имеет *s*-конфигурацию;
- изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- С₄-атом имеет *S*-конфигурацию;
- С₄-атом имеет *r*-конфигурацию.

2. Какие из приведенных соединений относятся к *R*-ряду:



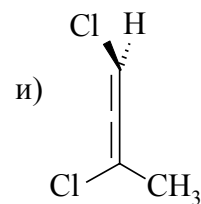
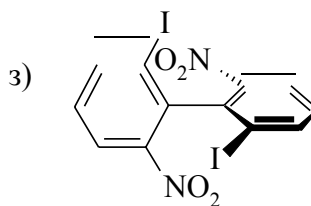
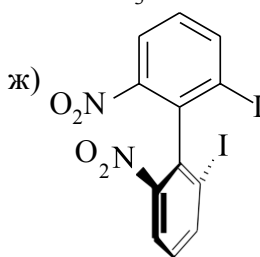
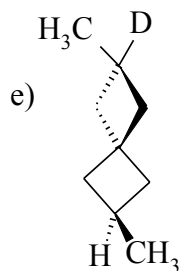
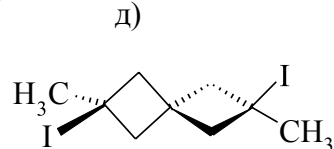
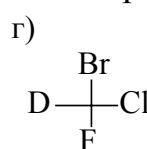
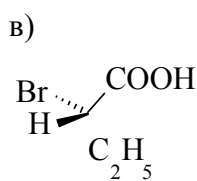
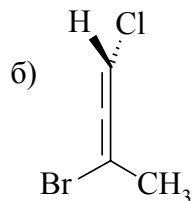
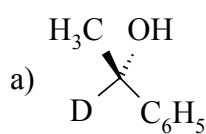
Вариант № 2.

1. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



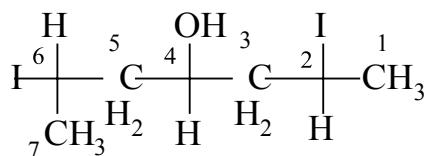
- а) C_2 -атом является асимметрическим;
- б) C_4 -атом является неасимметрическим;
- в) одновременное изменение конфигурации C_2 -, C_4 - и C_6 -атомов приведет к идентичному соединению;
- г) это соединение оптически активно;
- д) одновременное изменение конфигурации C_2 -, C_4 - и C_6 -атомов приведет к энантиомеру;
- е) C_6 -атом является асимметрическим;
- ж) это соединение хирально;
- з) это соединение ахирально;
- и) это соединение оптически неактивно;
- к) C_4 -атом имеет *R*-конфигурацию;
- л) изменение конфигурации C_4 -атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- м) C_4 -атом является асимметрическим;
- н) C_4 -атом является псевдоасимметрическим;
- о) изменение конфигурации C_4 -атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- п) C_4 -атом имеет *S*-конфигурацию;
- р) C_4 -атом имеет *r*-конфигурацию;
- с) C_4 -атом имеет *s*-конфигурацию;
- т) C_2 -атом не является асимметрическим;
- у). C_6 -атом не является асимметрическим.

2. Какие из приведенных соединений относятся к *S*-ряду:



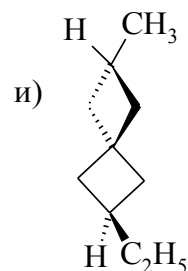
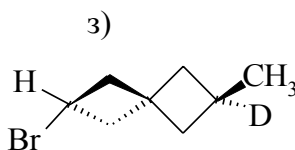
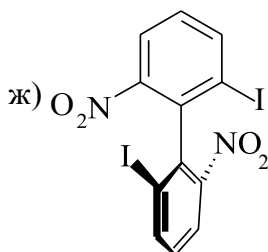
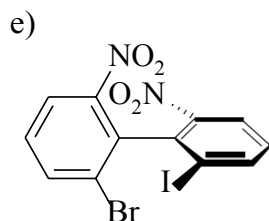
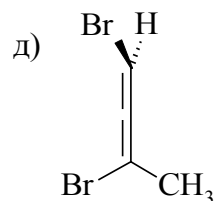
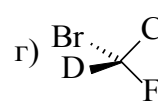
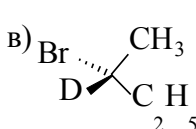
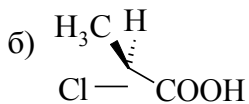
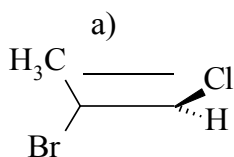
Вариант № 3.

1. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



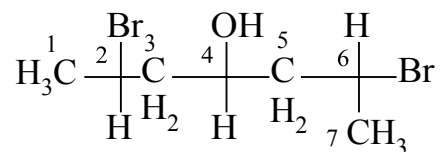
- а) С₄-атом имеет *s*-конфигурацию;
- б) это соединение оптически неактивно;
- в) С₂-атом не является асимметрическим;
- г) одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к энантиомеру;
- д) С₂-атом является асимметрическим;
- е) С₆-атом не является асимметрическим;
- ж) одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к идентичному соединению;
- з) С₄-атом является неасимметрическим;
- и) С₄-атом является асимметрическим;
- к) С₄-атом является псевдоасимметрическим;
- л) С₄-атом имеет *S*-конфигурацию;
- м) С₄-атом имеет *R*-конфигурацию;
- н) С₄-атом имеет *r*-конфигурацию;
- о) С₆-атом является асимметрическим;
- п) это соединение оптически активно;
- р) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- с) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- т) это соединение ахирально;
- у) это соединение хирально.

2. Какие из приведенных соединений относятся к *R*-ряду:



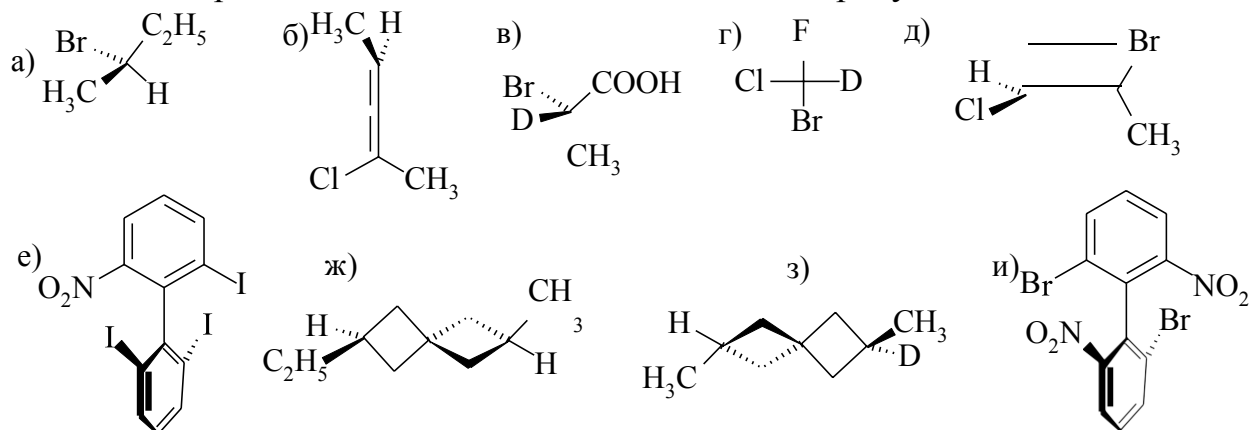
Вариант № 4.

1. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



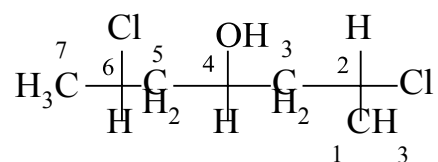
- а) это соединение хирально;
- б) это соединение оптически неактивно;
- в) С₂-атом не является асимметрическим;
- г) это соединение оптически активно;
- д) С₆-атом не является асимметрическим;
- е) С₆-атом является асимметрическим;
- ж) это соединение ахирально;
- з) одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к идентичному соединению;
- и) С₄-атом является неасимметрическим;
- к) С₂-атом является асимметрическим;
- л) С₄-атом является псевдоасимметрическим;
- м) С₄-атом является асимметрическим;
- н) С₄-атом имеет *s*-конфигурацию;
- о) С₄-атом имеет *r*-конфигурацию;
- п) С₄-атом имеет *S*-конфигурацию;
- р) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- с) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- т) С₄-атом имеет *R*-конфигурацию;
- у). одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к энантиомеру.

2. Какие из приведенных соединений относятся к *S*-ряду:



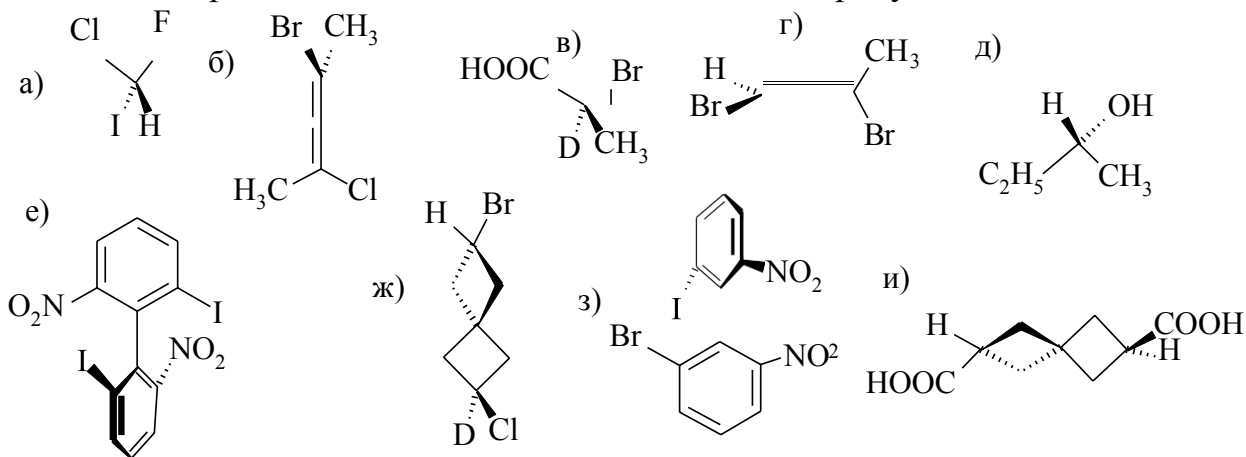
Вариант № 5.

1. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



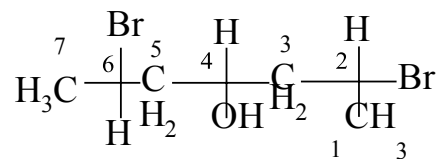
- С₄-атом имеет *R*-конфигурацию;
- это соединение хирально;
- С₂-атом не является асимметрическим;
- С₆-атом не является асимметрическим;
- С₄-атом является псевдоасимметрическим;
- С₂-атом является асимметрическим;
- С₄-атом является неасимметрическим;
- это соединение оптически неактивно;
- С₆-атом является асимметрическим;
- С₄-атом имеет *S*-конфигурацию;
- одновременное изменение конфигурации С₂- , С₄- и С₆-атомов приведет к энантиомеру;
- это соединение оптически активно;
- одновременное изменение конфигурации С₂- , С₄- и С₆-атомов приведет к идентичному соединению;
- С₄-атом является асимметрическим;
- С₄-атом имеет *s*-конфигурацию;
- изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- это соединение ахирально;
- С₄-атом имеет *r*-конфигурацию.

2. Какие из приведенных соединений относятся к *R*-ряду:



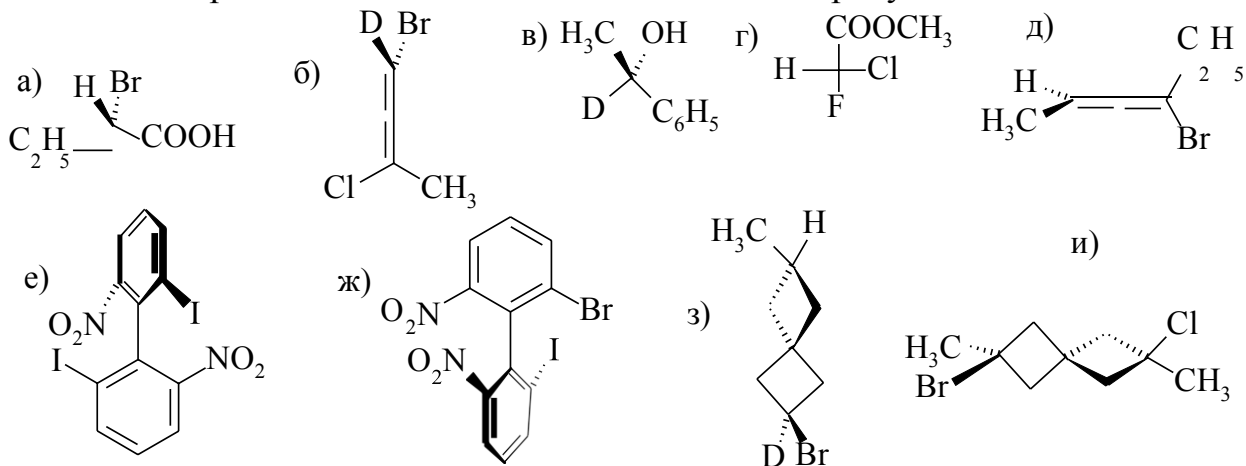
Вариант № 6.

1. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



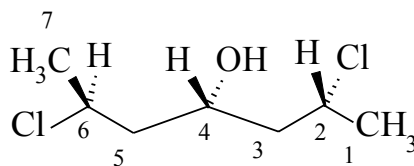
- а) это соединение хирально;
- б) С₆-атом является асимметрическим;
- в) одновременное изменение конфигурации С₂- , С₄- и С₆-атомов приведет к идентичному соединению;
- г) это соединение оптически активно;
- д) одновременное изменение конфигурации С₂- , С₄- и С₆-атомов приведет к энантиомеру;
- е) С₄-атом является неасимметрическим;
- ж) С₂-атом является асимметрическим;
- з) это соединение ахирально;
- и) это соединение оптически неактивно;
- к) С₄-атом имеет *r*-конфигурацию;
- л) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- м) С₄-атом является асимметрическим;
- н) С₆-атом не является асимметрическим;
- о) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- п) С₄-атом имеет *S*-конфигурацию;
- р) С₄-атом имеет *s*-конфигурацию;
- с) С₄-атом имеет *R*-конфигурацию;
- т) С₂-атом не является асимметрическим;
- у). С₄-атом является псевдоасимметрическим.

2. Какие из приведенных соединений относятся к *S*-ряду:



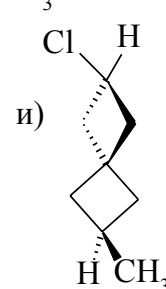
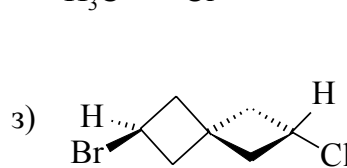
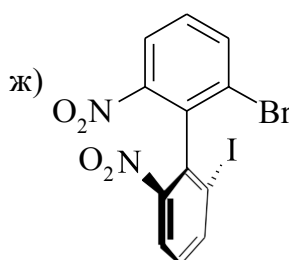
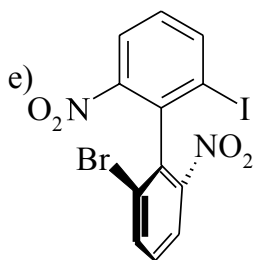
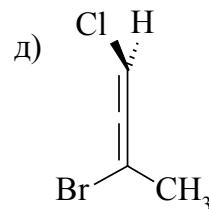
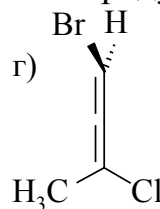
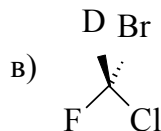
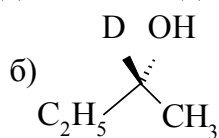
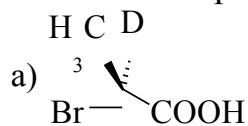
Вариант № 7.

1. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



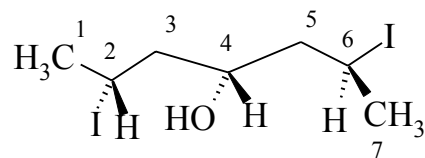
- это соединение оптически активно;
- это соединение оптически неактивно;
- C_2 -атом не является асимметрическим;
- это соединение ахирально;
- C_2 -атом является асимметрическим;
- C_4 -атом является асимметрическим;
- это соединение хирально;
- C_4 -атом является неасимметрическим;
- C_6 -атом не является асимметрическим;
- C_4 -атом является псевдоасимметрическим;
- C_4 -атом имеет *S*-конфигурацию;
- C_6 -атом является асимметрическим;
- C_4 -атом имеет *r*-конфигурацию;
- C_4 -атом имеет *R*-конфигурацию;
- C_4 -атом имеет *s*-конфигурацию;
- изменение конфигурации C_4 -атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- изменение конфигурации C_4 -атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- одновременное изменение конфигурации C_2 -, C_4 - и C_6 -атомов приведет к энантиомеру;
- одновременное изменение конфигурации C_2 -, C_4 - и C_6 -атомов приведет к идентичному соединению.

2. Какие из приведенных соединений относятся к *R*-ряду:



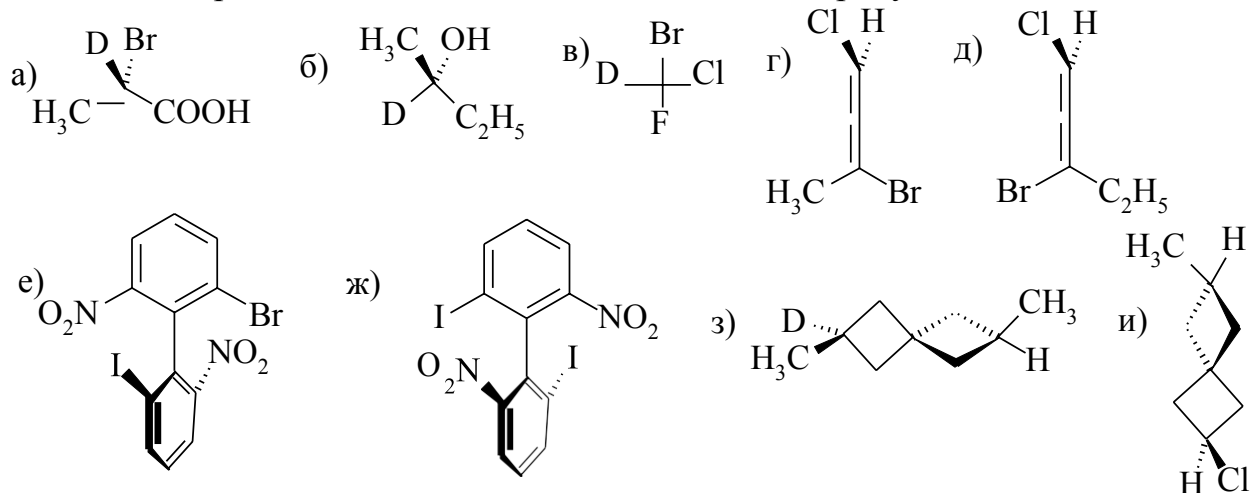
Вариант № 8.

1. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



- а) это соединение ахирально;
- б) С₂-атом не является асимметрическим;
- в) это соединение оптически неактивно;
- г) это соединение оптически активно;
- д) С₆-атом не является асимметрическим;
- е) С₆-атом является асимметрическим;
- ж) это соединение хирально;
- з) С₄-атом является неасимметрическим;
- и) С₂-атом является асимметрическим;
- к) С₄-атом имеет *R*-конфигурацию;
- л) С₄-атом является псевдоасимметрическим;
- м) С₄-атом является асимметрическим;
- н) С₄-атом имеет *r*-конфигурацию;
- о) С₄-атом имеет *s*-конфигурацию;
- п) С₄-атом имеет *S*-конфигурацию;
- р) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- с) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- т) одновременное изменение конфигурации С₂- , С₄- и С₆-атомов приведет к идентичному соединению;
- у). одновременное изменение конфигурации С₂- , С₄- и С₆-атомов приведет к энантиомеру.

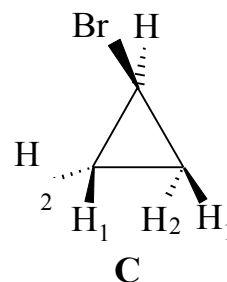
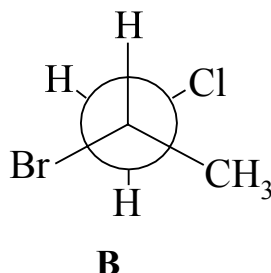
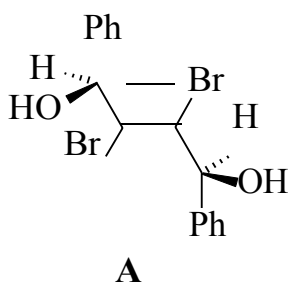
2. Какие из приведенных соединений относятся к *S*-ряду:



6.2. Контрольная работа № 2*

Вариант № 1.

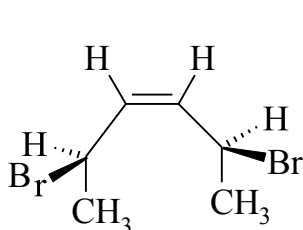
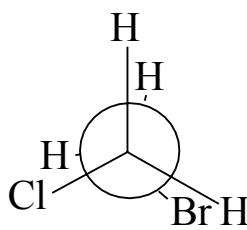
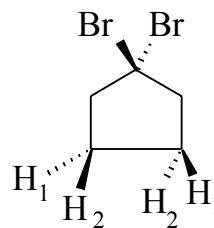
Выберите правильные утверждения в отношении следующих соединений:



- 1) **A**: соединение оптически неактивно;
- 2) **A**: соединение оптически активно;
- 3) **A**: атомы брома соединения диастереотопны;
- 4) **A**: атомы брома соединения гомотопны;
- 5) **A**: атомы брома соединения энантиотопны;
- 6) **A**: соединение ахирально;
- 7) **A**: соединение хирально;
- 8) **A**: замена любого из гидроксильных групп на атом водорода приведет к хиральному продукту;
- 9) **A**: замена любого из гидроксильных групп на атом водорода приведет к ахиральному продукту;
- 10) **B**: (+*ac*)-конформация;
- 11) **B**: (*ap*)-конформация;
- 12) **B**: (*sp*)-конформация;
- 13) **B**: (+*sc*)-конформация;
- 14) **B**: (-*ac*)-конформация;
- 15) **B**: (-*sc*)-конформация;
- 16) **B**: ахиральное соединение;
- 17) **B**: хиральное соединение;
- 18) **C**: атомы H₁ энантиотопны;
- 19) **C**: атомы H₁ гомотопны;
- 20) **C**: атомы H₁ диастереотопны;
- 21) **C**: атомы H₁ и H₂ энантиотопны;
- 22) **C**: атомы H₁ и H₂ гомотопны;
- 23) **C**: атомы H₁ и H₂ диастереотопны;
- 24) **C**: атомы H₂ гомотопны;
- 25) **C**: атомы H₂ энантиотопны;
- 26) **C**: атомы H₂ диастереотопны.

Вариант № 2.

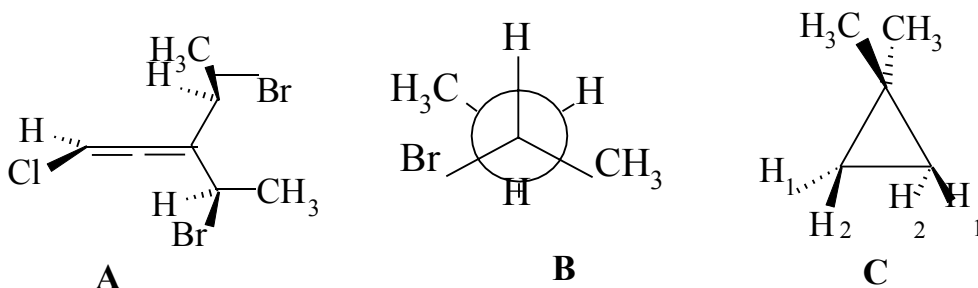
Выберите правильные утверждения в отношении следующих соединений:

**A****B****C**

- 1) **A**: соединение оптически неактивно;
- 2) **A**: соединение оптически активно;
- 3) **A**: метильные группы соединения энантиотопны;
- 4) **A**: метильные группы соединения гомотопны;
- 5) **A**: метильные группы соединения диастереотопны;
- 6) **A**: соединение ахирально;
- 7) **A**: соединение хирально;
- 8) **A**: замена любой из метильных групп на атом водорода приведет к ахиральному продукту;
- 9) **A**: замена любой из метильных групп на атом водорода приведет к хиральному продукту;
- 10) **B**: (+*ac*)-конформация;
- 11) **B**: (*ap*)-конформация;
- 12) **B**: (*sp*)-конформация;
- 13) **B**: (+*sc*)-конформация;
- 14) **B**: (-*ac*)-конформация;
- 15) **B**: (-*sc*)-конформация;
- 16) **B**: хиральное соединение;
- 17) **B**: ахиральное соединение;
- 18) **C**: атомы H₁ энантиотопны;
- 19) **C**: атомы H₁ гомотопны;
- 20) **C**: атомы H₁ диастереотопны;
- 21) **C**: атомы H₁ и H₂ энантиотопны;
- 22) **C**: атомы H₁ и H₂ диастереотопны;
- 23) **C**: атомы H₁ и H₂ гомотопны;
- 24) **C**: атомы H₂ энантиотопны;
- 25) **C**: атомы H₂ диастереотопны;
- 26) **C**: атомы H₂ гомотопны.

Вариант № 3.

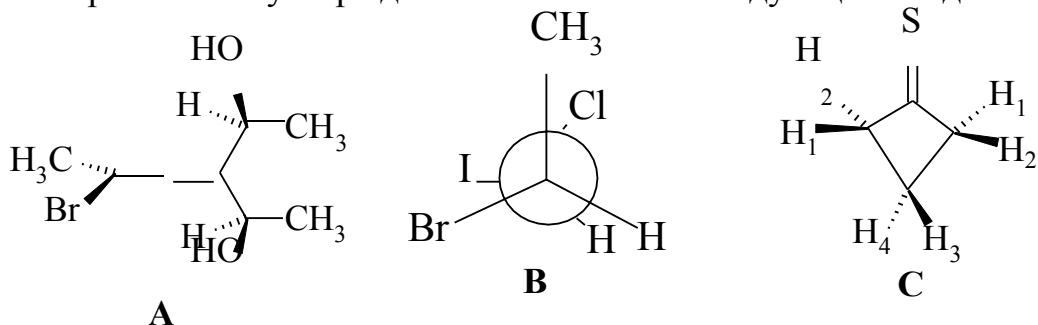
Выберите правильные утверждения в отношении следующих соединений:



- 1) **A**: соединение оптически активно;
- 2) **A**: соединение оптически неактивно;
- 3) **A**: атомы брома соединения диастереотопны;
- 4) **A**: атомы брома соединения гомотопны;
- 5) **A**: атомы брома соединения энантиотопны;
- 6) **A**: соединение ахирально;
- 7) **A**: соединение хирально;
- 8) **A**: замена любой из метильных групп на атом водорода приведет к хиральному продукту;
- 9) **A**: замена любой из метильных групп на атом водорода приведет к ахиральному продукту;
- 10) **B**: (+*ac*)-конформация;
- 11) **B**: (*ap*)-конформация;
- 12) **B**: (*sp*)-конформация;
- 13) **B**: (+*sc*)-конформация;
- 14) **B**: (-*ac*)-конформация;
- 15) **B**: (-*sc*)-конформация;
- 16) **B**: ахиральное соединение;
- 17) **B**: хиральное соединение;
- 18) **C**: атомы H₁ энантиотопны;
- 19) **C**: атомы H₁ гомотопны;
- 20) **C**: атомы H₁ диастереотопны;
- 21) **C**: атомы H₁ и H₂ гомотопны;
- 22) **C**: атомы H₁ и H₂ энантиотопны;
- 23) **C**: атомы H₁ и H₂ диастереотопны;
- 24) **C**: атомы H₂ энантиотопны;
- 25) **C**: атомы H₂ гомотопны;
- 26) **C**: атомы H₂ диастереотопны.

Вариант № 4.

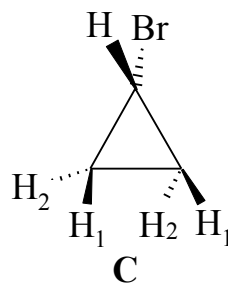
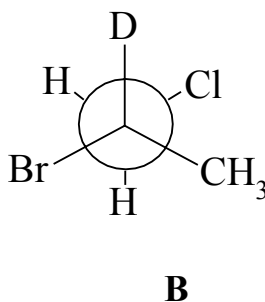
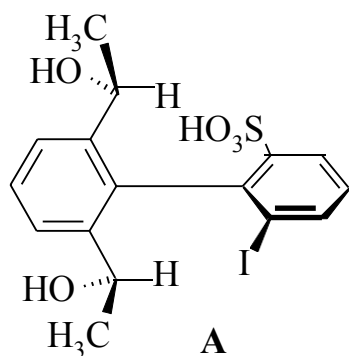
Выберите правильные утверждения в отношении следующих соединений:



- 1) **A**: соединение оптически активно;
- 2) **A**: соединение оптически неактивно;
- 3) **A**: метильные группы соединения диастереотопны;
- 4) **A**: метильные группы соединения гомотопны;
- 5) **A**: метильные группы соединения энантиотопны;
- 6) **A**: соединение ахирально;
- 7) **A**: соединение хирально;
- 8) **A**: замена любой из гидроксильных групп на атом водорода приведет к ахиральному продукту;
- 9) **A**: замена любой из гидроксильных групп на атом водорода приведет к хиральному продукту;
- 10) **B**: (+*ac*)-конформация;
- 11) **B**: (*ap*)-конформация;
- 12) **B**: (*sp*)-конформация;
- 13) **B**: (+*sc*)-конформация;
- 14) **B**: (-*ac*)-конформация;
- 15) **B**: (-*sc*)-конформация;
- 16) **B**: ахиральное соединение;
- 17) **B**: хиральное соединение;
- 18) **C**: атомы H₁ гомотопны;
- 19) **C**: атомы H₁ энантиотопны;
- 20) **C**: атомы H₁ диастереотопны;
- 21) **C**: атомы H₁ и H₂ гомотопны;
- 22) **C**: атомы H₁ и H₂ энантиотопны;
- 23) **C**: атомы H₁ и H₃ диастереотопны;
- 24) **C**: атомы H₁ и H₃ не участвуют в “топных” отношениях;
- 25) **C**: атомы H₂ и H₄ энантиотопны;
- 26) **C**: атомы H₂ и H₄ диастереотопны.

Вариант № 5.

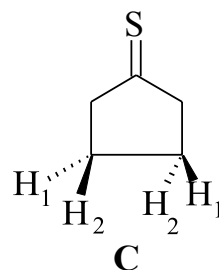
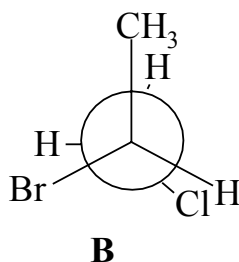
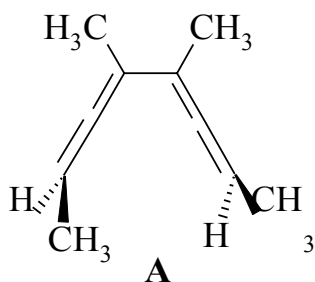
Выберите правильные утверждения в отношении следующих соединений:



- 1) **A**: соединение оптически неактивно;
- 2) **A**: соединение оптически активно;
- 3) **A**: метильные группы соединения энантиотопны;
- 4) **A**: метильные группы соединения гомотопны;
- 5) **A**: метильные группы соединения диастереотопны;
- 6) **A**: соединение ахирально;
- 7) **A**: соединение хирально;
- 8) **A**: замена любого из гидроксильных групп на атом водорода приведет к ахиральному продукту;
- 9) **A**: замена любого из гидроксильных групп на атом водорода приведет к хиральному продукту;
- 10) **B**: (+*ac*)-конформация;
- 11) **B**: (*sp*)-конформация;
- 12) **B**: (*ap*)-конформация;
- 13) **B**: (+*sc*)-конформация;
- 14) **B**: (-*ac*)-конформация;
- 15) **B**: (-*sc*)-конформация;
- 16) **B**: ахиральное соединение;
- 17) **B**: хиральное соединение;
- 18) **C**: атомы H₁ энантиотопны;
- 19) **C**: атомы H₁ гомотопны;
- 20) **C**: атомы H₁ диастереотопны;
- 21) **C**: атомы H₁ и H₂ энантиотопны;
- 22) **C**: атомы H₁ и H₂ гомотопны;
- 23) **C**: атомы H₁ и H₂ диастереотопны;
- 24) **C**: атомы H₂ гомотопны;
- 25) **C**: атомы H₂ диастереотопны;
- 26) **C**: атомы H₂ энантиотопны.

Вариант № 6.

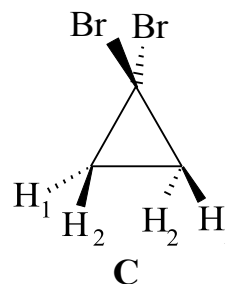
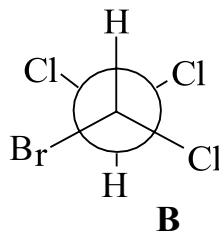
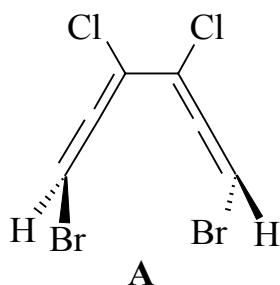
Выберите правильные утверждения в отношении следующих соединений:



- 1) **A**: соединение оптически неактивно;
- 2) **A**: соединение оптически активно;
- 3) **A**: метильные группы соединения диастереотопны;
- 4) **A**: метильные группы соединения гомотопны;
- 5) **A**: метильные группы соединения энантиотопны;
- 6) **A**: соединение ахирально;
- 7) **A**: соединение хирально;
- 8) **A**: замена любой из метильных групп на атом водорода приведет к ахиральному продукту;
- 9) **A**: замена любой из метильных групп на атом водорода приведет к хиральному продукту;
- 10) **B**: (+*ac*)-конформация;
- 11) **B**: (*ap*)-конформация;
- 12) **B**: (*sp*)-конформация;
- 13) **B**: (+*sc*)-конформация;
- 14) **B**: (-*ac*)-конформация;
- 15) **B**: (-*sc*)-конформация;
- 16) **B**: хиральное соединение;
- 17) **B**: ахиральное соединение;
- 18) **C**: атомы H₁ гомотопны;
- 19) **C**: атомы H₁ энантиотопны;
- 20) **C**: атомы H₁ диастереотопны;
- 21) **C**: атомы H₁ и H₂ энантиотопны;
- 22) **C**: атомы H₁ и H₂ гомотопны;
- 23) **C**: атомы H₁ и H₂ диастереотопны;
- 24) **C**: атомы H₂ гомотопны;
- 25) **C**: атомы H₂ энантиотопны;
- 26) **C**: атомы H₂ диастереотопны.

Вариант № 7.

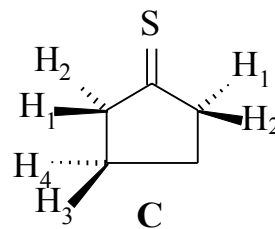
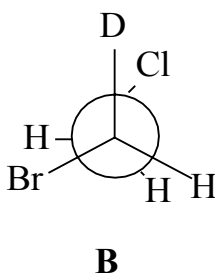
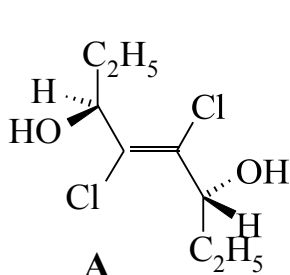
Выберите правильные утверждения в отношении следующих соединений:



- 1) **A**: соединение оптически неактивно;
- 2) **A**: соединение оптически активно;
- 3) **A**: атомы брома соединения диастереотопны;
- 4) **A**: атомы брома соединения гомотопны;
- 5) **A**: атомы брома соединения энантиотопны;
- 6) **A**: соединение ахирально;
- 7) **A**: соединение хирально;
- 8) **A**: замена любого из атомов брома на атом водорода приведет к ахиральному продукту;
- 9) **A**: замена любого из атомов брома на атом водорода приведет к хиральному продукту;
- 10) **B**: (+*ac*)-конформация;
- 11) **B**: (*ap*)-конформация;
- 12) **B**: (*sp*)-конформация;
- 13) **B**: (+*sc*)-конформация;
- 14) **B**: (-*ac*)-конформация;
- 15) **B**: (-*sc*)-конформация;
- 16) **B**: ахиральное соединение;
- 17) **B**: хиральное соединение;
- 18) **C**: атомы H₁ энантиотопны;
- 19) **C**: атомы H₁ гомотопны;
- 20) **C**: атомы H₁ диастереотопны;
- 21) **C**: атомы H₁ и H₂ энантиотопны;
- 22) **C**: атомы H₁ и H₂ гомотопны;
- 23) **C**: атомы H₁ и H₂ диастереотопны;
- 24) **C**: атомы H₂ гомотопны;
- 25) **C**: атомы H₂ энантиотопны;
- 26) **C**: атомы H₂ диастереотопны.

Вариант № 8.

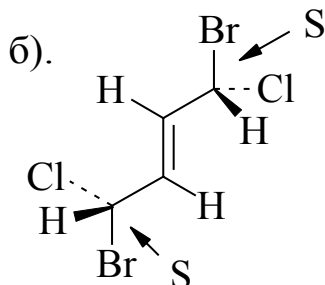
Выберите правильные утверждения в отношении следующих соединений:



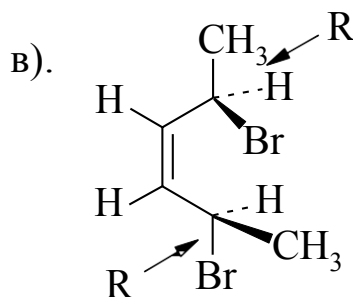
- 1) **A**: соединение оптически неактивно;
- 2) **A**: соединение оптически активно;
- 3) **A**: атомы хлора соединения диастереотопны;
- 4) **A**: атомы хлора соединения гомотопны;
- 5) **A**: атомы хлора соединения энантиотопны;
- 6) **A**: соединение хирально;
- 7) **A**: соединение ахирально;
- 8) **A**: замена любой из гидроксильных групп на атом водорода приведет к ахиральному продукту;
- 9) **A**: замена любой из гидроксильных групп на атом водорода приведет к хиральному продукту;
- 10) **B**: (+*ac*)-конформация;
- 11) **B**: (*ap*)-конформация;
- 12) **B**: (*sp*)-конформация;
- 13) **B**: (+*sc*)-конформация;
- 14) **B**: (-*ac*)-конформация;
- 15) **B**: (-*sc*)-конформация;
- 16) **B**: хиральное соединение;
- 17) **B**: ахиральное соединение;
- 18) **C**: атомы H₁ гомотопны;
- 19) **C**: атомы H₁ энантиотопны;
- 20) **C**: атомы H₁ диастереотопны;
- 21) **C**: атомы H₁ и H₂ гомотопны;
- 22) **C**: атомы H₁ и H₂ энантиотопны;
- 23) **C**: атомы H₁ и H₃ диастереотопны;
- 24) **C**: атомы H₁ и H₃ не участвуют в “топных” отношениях;
- 25) **C**: атомы H₂ и H₄ энантиотопны;
- 26) **C**: атомы H₂ и H₄ диастереотопны.

Ответы

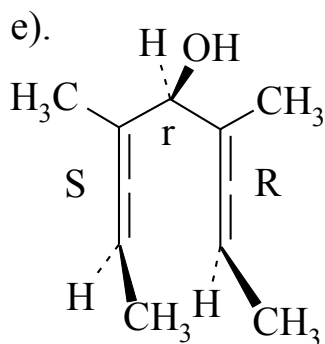
5.1. б). Молекула хиральна и оптически активна, поскольку ни в одной из своих конформаций она не имеет элементов симметрии:



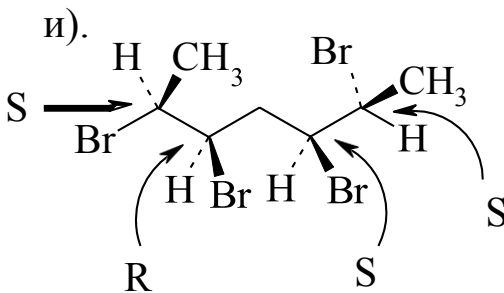
в). Молекула хиральна и оптически активна, поскольку ни в одной из своих конформаций она не имеет элементов симметрии:



е). Молекула ахиральна и оптически неактивна, поскольку в одной из своих конформаций она имеет плоскость симметрии:



и). Молекула хиральна и оптически активна, поскольку ни в одной из своих конформаций она не имеет элементов симметрии:



5.2. a) C₂-C₃ – (+ *sc*), C₃-C₄ – (- *ac*);

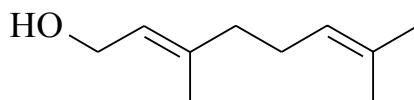
б) C_2 и C_4 – асимметрические; оба имеют S -конфигурацию; C_3 – неасимметрический;

в) соединение **A** хирально и оптически активно.

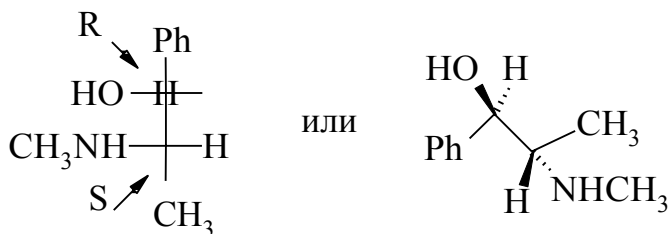
5.4. а) диастереомеры; д) диастереомеры; ж) энантиомеры.

5.6. б) R ; г) R ; е) R .

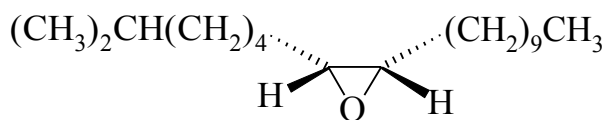
5.7. (а) (E)-3,7-диметил-2,6-октадиен-1-ол (гераниол):



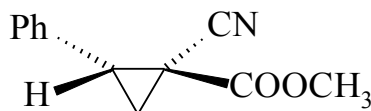
(в) L-эритро-2-(метиламино)-1-фенилпропан-1-ол [(-)-эфедрин]:



(г) (7*R*,8*S*)-7,8-эпокси-2-метилоктадекан (половой аттрактант женской особи моли):



(д) метил (1S)-циано-(2R)-фенилциклопропанкарбоксилат:



5.8. *Транс*-циклооктен ($n = 6$) существует в виде стабильной пары энантиомеров, поскольку полиметиленовый мостик, смыкающий концы двойной

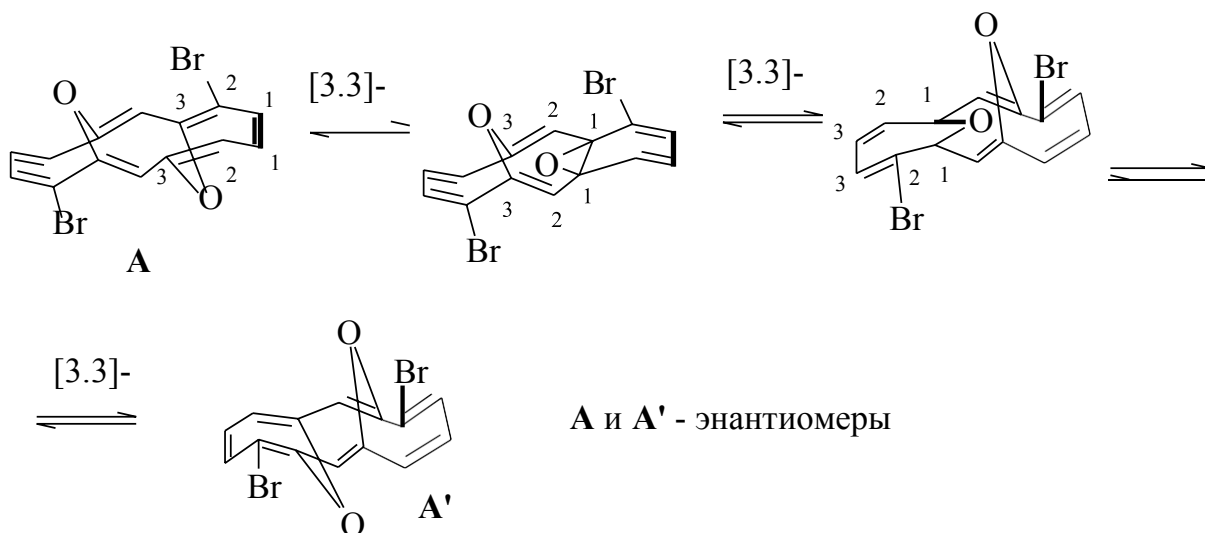
связи, выходит из ее плоскости:



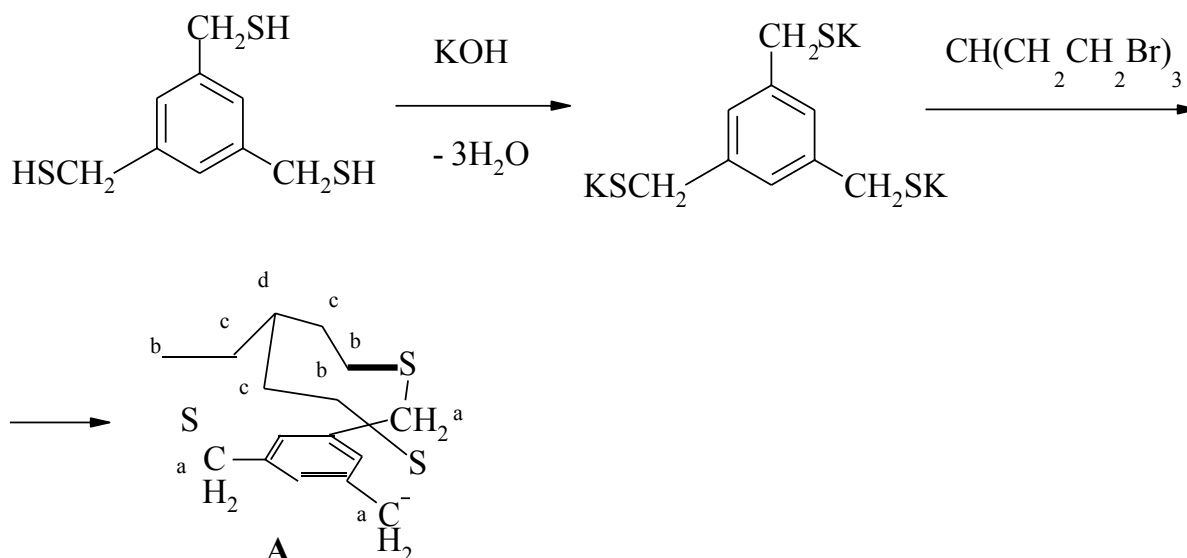
энантиомеры *транс*-циклооктена

При переходе к гомологам с большим числом звеньев в цикле возрастает возможность проворачивания *транс*-олефинового фрагмента в пределах цикла, что и приводит к рацемизации.

5.9. Рацемизацию соединения **A** можно представить как три последовательные [3.3]-сигматропные перегруппировки, в ходе которых меняется взаимное *транс*-расположение атомов кислорода:



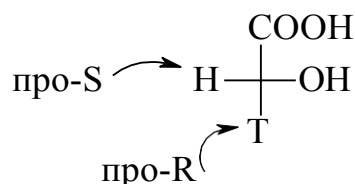
5.10. Протекающие реакции:



Спектр ЯМР ^1H : δ –1.7, септет, 1H (d); 1.0, мультиплет, 6H (c); 2.1, мультиплет, 6H (b); 3.0, синглет, 6H (a); 7.1, синглет, 3H (Ar).

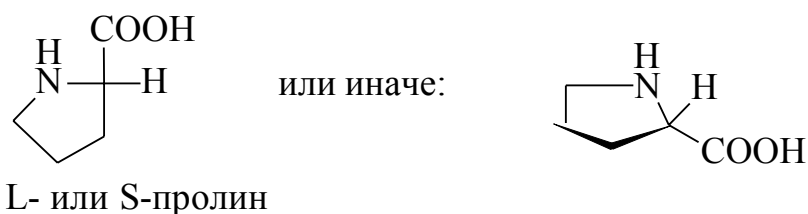
5.11. Для спирта **A** имеет место как центральная, так и планарная хиральность. Последняя обусловлена затрудненным вращением ароматических колец. У кетона **B** – только планарная хиральность. Окисление энантиомера **A** дает энантиомер кетона **B**. Нагревание спирта **A** приводит к частичному вращению ароматических колец с образованием его диастереомера с $[\alpha] = +22^\circ$. Окисление этого диастереомера дает энантиомер кетона **B**. Рацемизация кетона – результат вращению ароматических колец.

5.12. Продукт реакции не содержит трития:

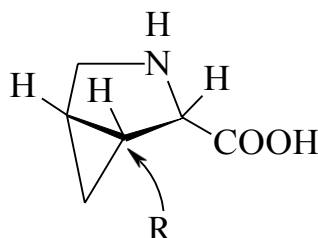


5.13. $\text{C}_1 - si$; $\text{C}_2 - si$.

5.14. Пролин имеет L-конфигурацию, что соответствует абсолютной S-конфигурации:



С учетом R-конфигурации при C_3 -атоме аминокислоты из каштана она имеет следующую стереохимическую формулу:



5.15. Два дублета протонов бензильной группы означают, что они диастереотопны. Это предполагает наличие хиральности в кольце циклогексана. Стереизомеры с *цис*-расположением метильных групп отпадают, т.к.

они ахиральны из-за наличия плоскости симметрии. Следовательно, это диастеремеры с *транс*-расположением метильных групп, например:



5.16. Молекула имеет форму трехлопастного пропеллера и существует в виде двух энантиомеров с противоположным наклоном ароматических колец (лопастей).

6.1. Контрольная работа № 1

Вариант 1: **1** а, е, ж, к, и, о, п, с. **2** в, г, е, и.

Вариант 2: **1** а, в, е, з, и, л, н, р. **2** в, г, з, и.

Вариант 3: **1** а, б, д, ж, к, о, с, т. **2** а, в, е, з.

Вариант 4: **1** б, е, ж, з, к, л, н, р. **2** б, в, г, и.

Вариант 5: **1** д, е, з, и, н, п, с, т. **2** б, д, з, и.

Вариант 6: **1** б, в, ж, з, и, к, л, у. **2** а, г, д, е.

Вариант 7: **1** б, г, д, к, м, п, с, у. **2** б, г, ж, и.

Вариант 8: **1** а, в, е, и, л, о, с, т. **2** а, в, д, е, ж.

6.2. Контрольная работа № 2

Вариант 1: 2, 3, 7, 8, 11, 17, 18, 23, 25.

Вариант 2: 1, 5, 6, 9, 14, 17, 19, 21, 26.

Вариант 3: 1, 3, 7, 8, 13, 17, 19, 22, 25.

Вариант 4: 2, 3, 6, 9, 12, 16, 18, 22, 24.

Вариант 5: 1, 5, 6, 9, 12, 17, 18, 23, 26.

Вариант 6: 1, 3, 6, 9, 14, 16, 18, 21, 24.

Вариант 7: 2, 4, 7, 9, 15, 17, 19, 21, 24.

Вариант 8: 1, 3, 7, 9, 10, 16, 18, 22, 24.

Рекомендуемая литература

- Ногради М. Стереохимия. Основные понятия и приложения: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. –392 с.
- Потапов В.М. Стереохимия: –М.: Химия, 1976. –696 с.
- Илиэл Э. Основы стереохимии: Пер. с англ. –М.: Мир, 1971. –108 с.
- Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия. Ч. 2: Учебник. –М.: Изд-во МГУ, 1999. –624 с.
- Терней А. Современная органическая химия: В 2 т.: т. 1: Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. –678 с.
- Терней А. Современная органическая химия: В 2 т.: т. 2: Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. –651 с.
- Кери Ф., Сандберг Р. Углубленный курс органической химии. Т. 1,2. М.: Химия, 1981.
- Шабаров Ю.С. Органическая химия: В 2-х кн.: Учебник для вузов. 2-е изд., испр. –М.: Химия, 1996. –848 с.
- Дмитриев И.С. Молекулы без химических связей: –Л.: Химия, 1980. –160 с.
- Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 1: А-Дарзана/Ред-кол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) и др.–М.: Сов. энцикл., 1988. –623 с.
- Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 2: Даффа-Меди/Ред-кол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) и др.–М.: Сов. энцикл., 1990. –671 с.
- Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 3: Меди-Полимерные/Ред-кол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) и др.–М.: Большая Российская энцикл., 1992. –639 с.
- Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 4: Полимерные-Трипсин/Ред-кол.: Зефи-ров Н.С. (гл. ред.) и др.–М.: Большая Российская энцикл., 1995. –639 с.
- Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 5: Триптофан-Ятрохимия/Ред-кол.: Зе-фиров Н.С. (гл. ред.) и др.–М.: Большая Российская энцикл., 1998. –783 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

**для самостоятельной работы по
дисциплине
«Статическая стереохимия»**

для студентов направления подготовки
04.04.01 Химия
Направленность (профиль) Органическая химия

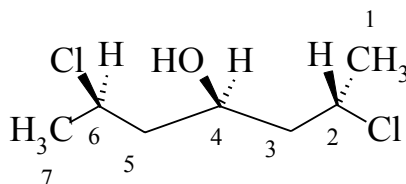
Ставрополь 2026

Тестовые задания для самоконтроля знаний студентов

Контрольная работа № 1

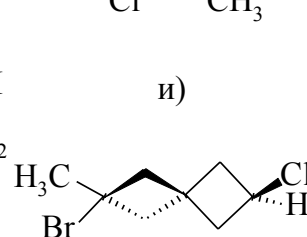
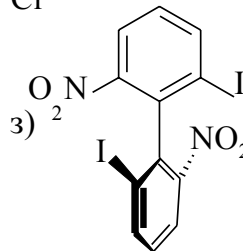
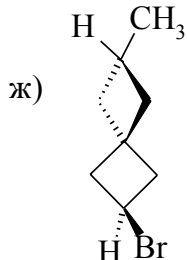
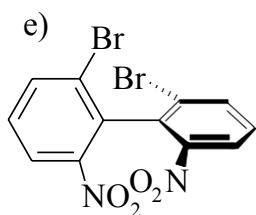
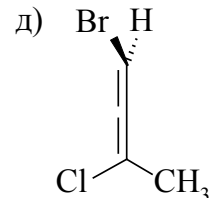
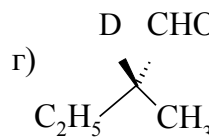
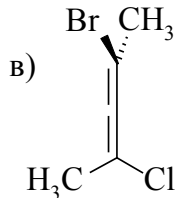
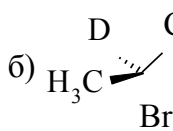
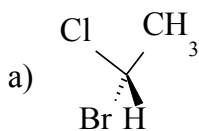
Вариант № 1.

3. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



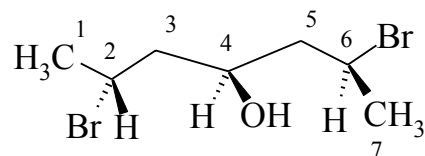
- C_6 -атом является асимметрическим;
- это соединение хирально;
- C_2 -атом не является асимметрическим;
- C_6 -атом не является асимметрическим;
- C_4 -атом является асимметрическим;
- C_2 -атом является асимметрическим;
- это соединение оптически неактивно;
- C_4 -атом является неасимметрическим;
- C_4 -атом имеет *R*-конфигурацию;
- это соединение ахирально;
- одновременное изменение конфигурации C_2 -, C_4 - и C_6 -атомов приведет к энантиомеру;
- это соединение оптически активно;
- одновременное изменение конфигурации C_2 -, C_4 - и C_6 -атомов приведет к идентичному соединению;
- C_4 -атом является псевдоасимметрическим;
- C_4 -атом имеет *s*-конфигурацию;
- изменение конфигурации C_4 -атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- изменение конфигурации C_4 -атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- C_4 -атом имеет *S*-конфигурацию;
- C_4 -атом имеет *r*-конфигурацию.

4. Какие из приведенных соединений относятся к *R*-ряду:



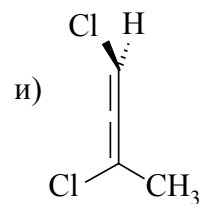
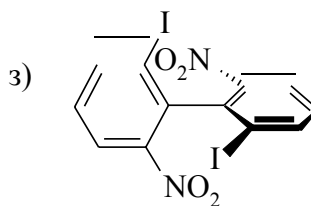
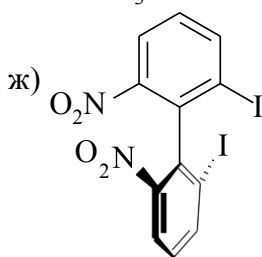
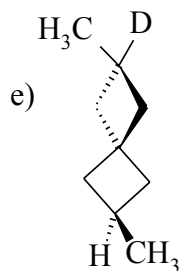
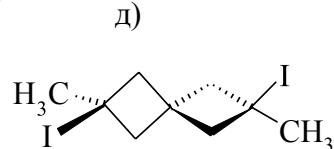
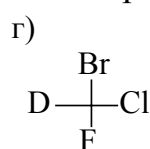
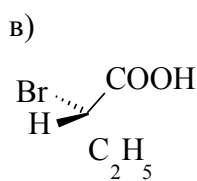
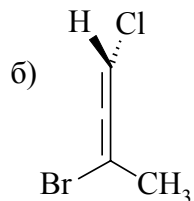
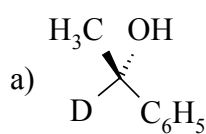
Вариант № 2.

3. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



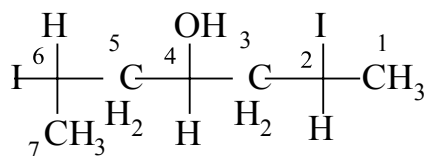
- а) С₂-атом является асимметрическим;
- б) С₄-атом является неасимметрическим;
- в) одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к идентичному соединению;
- г) это соединение оптически активно;
- д) одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к энантиомеру;
- е) С₆-атом является асимметрическим;
- ж) это соединение хирально;
- з) это соединение ахирально;
- и) это соединение оптически неактивно;
- к) С₄-атом имеет *R*-конфигурацию;
- л) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- м) С₄-атом является асимметрическим;
- н) С₄-атом является псевдоасимметрическим;
- о) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- п) С₄-атом имеет *S*-конфигурацию;
- р) С₄-атом имеет *r*-конфигурацию;
- с) С₄-атом имеет *s*-конфигурацию;
- т) С₂-атом не является асимметрическим;
- у). С₆-атом не является асимметрическим.

4. Какие из приведенных соединений относятся к *S*-ряду:



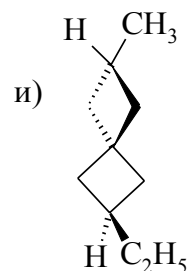
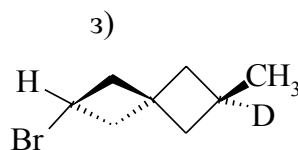
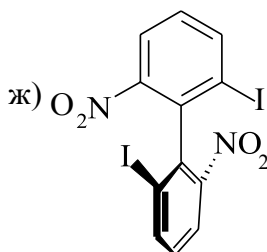
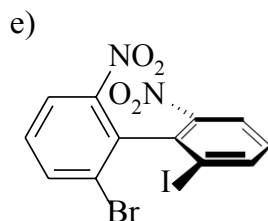
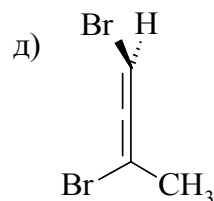
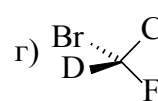
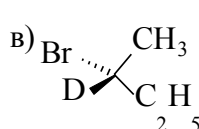
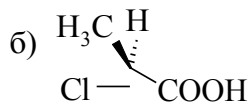
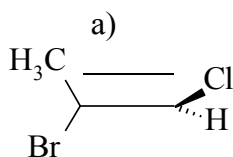
Вариант № 3.

3. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



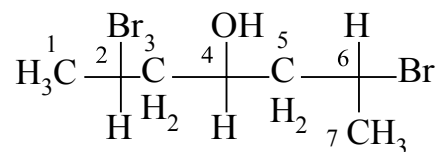
- а) С₄-атом имеет *s*-конфигурацию;
- б) это соединение оптически неактивно;
- в) С₂-атом не является асимметрическим;
- г) одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к энантиомеру;
- д) С₂-атом является асимметрическим;
- е) С₆-атом не является асимметрическим;
- ж) одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к идентичному соединению;
- з) С₄-атом является неасимметрическим;
- и) С₄-атом является асимметрическим;
- к) С₄-атом является псевдоасимметрическим;
- л) С₄-атом имеет *S*-конфигурацию;
- м) С₄-атом имеет *R*-конфигурацию;
- н) С₄-атом имеет *r*-конфигурацию;
- о) С₆-атом является асимметрическим;
- п) это соединение оптически активно;
- р) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- с) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- т) это соединение ахирально;
- у) это соединение хирально.

4. Какие из приведенных соединений относятся к *R*-ряду:



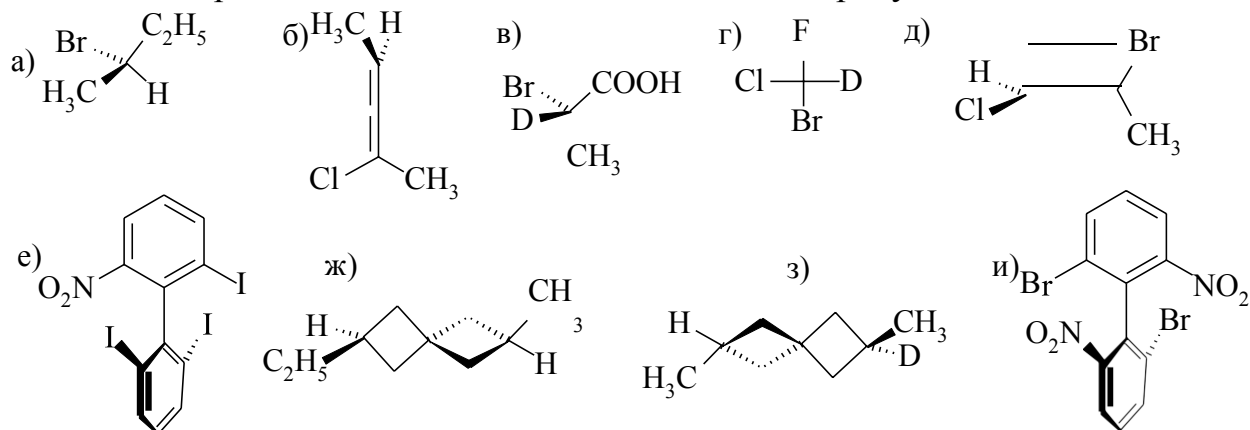
Вариант № 4.

1. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



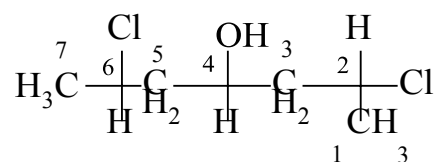
- а) это соединение хирально;
- б) это соединение оптически неактивно;
- в) С₂-атом не является асимметрическим;
- г) это соединение оптически активно;
- д) С₆-атом не является асимметрическим;
- е) С₆-атом является асимметрическим;
- ж) это соединение ахирально;
- з) одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к идентичному соединению;
- и) С₄-атом является неасимметрическим;
- к) С₂-атом является асимметрическим;
- л) С₄-атом является псевдоасимметрическим;
- м) С₄-атом является асимметрическим;
- н) С₄-атом имеет *s*-конфигурацию;
- о) С₄-атом имеет *r*-конфигурацию;
- п) С₄-атом имеет *S*-конфигурацию;
- р) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- с) изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- т) С₄-атом имеет *R*-конфигурацию;
- у). одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к энантиомеру.

2. Какие из приведенных соединений относятся к *S*-ряду:



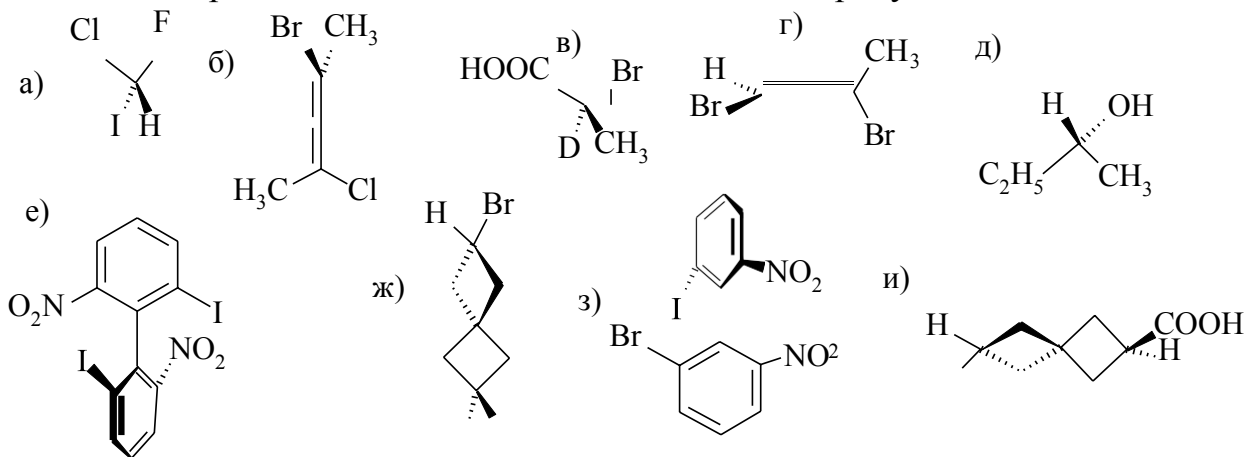
Вариант № 5.

1. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения:



- С₄-атом имеет *R*-конфигурацию;
- это соединение хирально;
- С₂-атом не является асимметрическим;
- С₆-атом не является асимметрическим;
- С₄-атом является псевдоасимметрическим;
- С₂-атом является асимметрическим;
- С₄-атом является неасимметрическим;
- это соединение оптически неактивно;
- С₆-атом является асимметрическим;
- С₄-атом имеет *S*-конфигурацию;
- одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к энантиомеру;
- это соединение оптически активно;
- одновременное изменение конфигурации С₂-, С₄- и С₆-атомов приведет к идентичному соединению;
- С₄-атом является асимметрическим;
- С₄-атом имеет *s*-конфигурацию;
- изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически активному диастереомеру;
- изменение конфигурации С₄-атома приведет к оптически неактивному диастереомеру;
- это соединение ахирально;
- С₄-атом имеет *r*-конфигурацию.

2. Какие из приведенных соединений относятся к *R*-ряду:



Вариант № 5.

1. Выберите правильные утверждения в отношении следующего соединения: