

Министерство образования и науки РФ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени С.М. Кирова»

---

*Кафедра химии*

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА  
ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

---

ИНФРАКРАСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

Методические указания  
к выполнению лабораторного практикума  
для бакалавров по направлениям 18.03.01  
«Химическая технология» и 18.03.02 «Энерго-  
ресурсосберегающие процессы в химической технологии  
и биотехнологии»

Санкт-Петербург  
2015

Рассмотрены и рекомендованы к изданию  
Научно-методическим советом  
Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета  
18 февраля 2015 г.

С о с т а в и т е л и :

кандидат химических наук, доцент **Е.В. Гриненко**,  
кандидат химических наук, доцент **Д.С. Рябухин**,  
доктор химических наук, профессор **А.В. Васильев**

**Инструментальные методы анализа органических соединений.**  
**Инфракрасная спектроскопия:** методические указания, контрольные вопросы и задачи для бакалавров направлений 18.03.01 «Химическая технология» и 18.03.02 «Энерго-ресурсосберегающие процессы в химической технологии и биотехнологии» / сост.: Е.В. Гриненко, Д.С. Рябухин, А.В. Васильев. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014. – 60 с.

Методические указания содержат справочные данные, контрольные вопросы и задачи по теме «Инфракрасная спектроскопия» в рамках дисциплины «Инструментальные методы анализа органических соединений» для бакалавров факультета химической технологии и биотехнологии по направлениям 18.03.01 и 18.03.02.

Темплан 2015 г. Изд. № 201.

## О г л а в л е н и е

|  |    |
|--|----|
| 1. Порядок выполнения лабораторных работ.....  | 4  |
| 2. Введение. Основы инфракрасной спектроскопии органических соединений.....                      | 5  |
| 3. Таблица характеристичных колебательных частот связей в молекулах органических соединений..... | 8  |
| 4. Контрольные вопросы по теме «Инфракрасная спектроскопия органических соединений».....         | 17 |
| 5. Задачи.....   | 19 |
| 6. Библиографический список.....   | 62 |

## 1. Порядок выполнения лабораторных работ

При подготовке к лабораторным занятиям студенты должны ознакомиться с материалом лекций по разделу «Инфракрасная спектроскопия». Студенты выполняют три лабораторные работы: № 1 – «Инфракрасная спектроскопия углеводов»; № 2 – «Инфракрасная спектроскопия функциональных органических соединений»; № 3 – «Идентификация органических соединений по инфракрасным спектрам».

Перед проведением лабораторных работ необходимо проработать следующие разделы учебного пособия «Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений» (авторы А.В. Васильев, Е.В. Гриненко, А.О. Щукин, Т.Г. Федулина, изд-во Герда, СПб, 2007, 64 с.): по работе № 1 – разделы 2 и 3, по работе № 2 – разделы 4 и 5, по работе № 3 – Приложение.

Студенты должны провести самоподготовку по контрольным вопросам, приведенным в разделе 4 данных методических указаний: по работе № 1 – вопросы 9-17, по работе № 2 – вопросы 18-24, по работе № 3 – вопросы 1-8.

При прохождении лабораторного практикума студенты знакомятся с устройством и принципом работы инфракрасного спектрометра, подготовкой образцов, регистрацией и интерпретацией спектров. После самостоятельного выполнения подготовки образца и регистрации его спектра студенты получают дополнительно задачи из раздела 5 данных методических указаний: по работе № 1 – задачи 1-18, по работе № 2 – задачи 19-41, по работе № 3 – задачи 42-89. Получив задачу, студенты должны провести интерпретацию спектральных данных, составить отчет и обсудить результаты спектральной информации и решение задач на лабораторном занятии.

## 2. Введение. Основы инфракрасной спектроскопии органических соединений.

Инфракрасный спектр химического соединения является одной из его наиболее важных характеристик.

Инфракрасная область спектра занимает диапазон длин волн от границы видимой до микроволновой области, т.е. от 0.5 до 1000 мкм. Однако в спектроскопии под инфракрасной областью подразумевают более узкий интервал от 2.5 до 16 мкм. Более коротковолновый и длинноволновый участки спектра называют соответственно ближней и дальней инфракрасными областями.

Для характеристики инфракрасного излучения обычно используют волновые числа, – обратные длинам волн, измеряемым в обратных сантиметрах ( $см^{-1}$ ). Так, интервал 2.5-16 мкм соответствует интервалу 4000-625  $см^{-1}$ .

Движение химически связанных атомов в составе молекул напоминает непрерывное колебание системы шариков, связанных пружинами. Их движение можно рассматривать как результат наложения двух колебаний – валентного  $\nu$  (изменение длины связи) и деформационного  $\delta$  (изменение угла связи). Частоты колебаний зависят не только от самой природы отдельных связей, таких, как C–H или C–O, но и от всей молекулы и ее окружения. Аналогично в системе шариков, связанных пружинами, на колебание одной пружины воздействует вся система в целом. В результате удара амплитуды колебаний в такой системе возрастают. Подобно этому амплитуды колебаний связей и вместе с ними колебаний электрических зарядов увеличиваются, когда на них воздействуют электромагнитные волны (инфракрасное излучение). Различие между молекулой и системой шариков заключается в том, что колебательные энергетические уровни молекулы квантованы. Поэтому молекулой поглощаются только те частоты инфракрасного излучения, энергия которых точно соответствует разности между двумя уровнями энергии связи. Амплитуда данного колебания, следовательно, возрастает

не постепенно, а скачкообразно. Таким образом, при облучении образца инфракрасным светом с непрерывно меняющейся частотой определенные участки спектра излучения должны поглощаться молекулой, вызывая растяжение или изгиб соответствующих связей. Излучение, проходящее через вещество, ослабляется в области поглощения. Регистрируя интенсивность прошедшего излучения в зависимости от волновых чисел, получают кривую, на которой видны полосы поглощения. Это и есть инфракрасный спектр.

Выше уже указывалось, что на частоты колебаний отдельных связей в молекуле влияет все ее окружение в целом. Однако некоторые связи имеют характерные свойства: кратные связи сильнее одинарных, а связи типа X–H (N–H, O–H, C–H и т.д.) имеют легкий концевой атом водорода. Первые соответствуют весьма сильным пружинам, вторые – пружинам, связывающим особенно легкие концевые шарики. И подобно происходящему в системе шариков на пружинах колебания такого рода связей в молекуле испытывают лишь незначительные воздействия со стороны остальной части молекулы. Таким образом, валентные колебания этих специфических связей лежат в области частот, характерной для соответствующего типа связей; все вместе они проявляются в диапазоне  $3600\text{--}1500\text{ см}^{-1}$ .

В области ниже  $1600\text{ см}^{-1}$  проявляются полосы поглощения, обусловленные валентными и деформационными колебаниями связей (C–C, C–N, C–O, C–Hlg и т.д.). Силы всех одинарных связей приблизительно одного порядка, и, кроме того, они обычно соединены кумулятивно, например C–C–C–O. Это приводит к более сильному взаимодействию между связями, расширению области появления соответствующих полос поглощения и большой чувствительности положения полос даже к небольшим изменениям структуры. Низкочастотная область инфракрасного спектра ( $1500\text{--}500\text{ см}^{-1}$ ) известна как область «отпечатков пальцев», в которой каждое соединение имеет свою специфическую спектральную картину поглощения.

Рассмотрим факторы, определяющие положение и интенсивность полос поглощения. Положение полосы определяется силой связи и массой связывающих атомов. Чем сильнее связь и чем меньше массы атомов, тем выше частота поглощения данной связи, т.е. тем больше энергии нужно затратить на колебание связи. Так, например, сила связи возрастает при переходе от одинарной к двойной и тройной связям, и соответственно возрастают частоты валентных колебаний от 1500–700 до 1800–1600, и до 2500–2000  $\text{см}^{-1}$ . Частота валентного колебания связи O–H, равна 3600  $\text{см}^{-1}$ , но она снижается до 2630  $\text{см}^{-1}$  для связи O–D, у которой сила связи та же самая, а масса одного из атомов больше. Частота валентного колебания C=O проявляется в области 2000–1500  $\text{см}^{-1}$  и очень чувствительна к изменениям структуры молекулы и ее окружению, а поэтому информация о поглощении карбонильной группы оказывается чрезвычайно полезной при исследовании органических соединений.



Колебание не обязательно сопровождается появлением инфракрасной полосы поглощения. Поглощение имеет место только тогда, когда колебание приводит к изменению распределения заряда внутри молекулы. Чем больше это изменение, тем сильнее поглощение. Соответственно полосы поглощения связей C–C в углеводородах, состоящих только из атомов углерода и водорода, являются слабыми. А полосы, относящиеся к связям, соединяющим атомы, сильно различающиеся между собой по степени электроотрицательности, например C–N, C–O, C=O, C≡N, обычно довольно интенсивные. Частоты деформационных и валентных колебаний одинарных связей расположены в одной и той же области спектра, и тем не менее полосы поглощения валентных колебаний C–O и C–N могут быть обнаружены довольно легко, так как они сильнее, чем полосы валентных колебаний C–C.

Достаточно интенсивные полосы поглощения, проявляющиеся в области, характерной для определенной структурной группы в молекуле, и пригодные для идентификации этой группы, называются *характеристическими полосами поглощения* или *характеристическими частотами*.




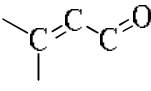
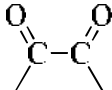
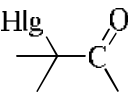
### 3. Таблица характеристичных колебательных частот связей в молекулах органических соединений.

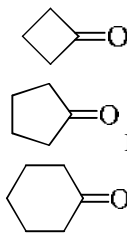
| Группы и типы колебаний  | Диапазон частот (см <sup>-1</sup> ),<br>интенсивность полос поглощения                     |
|--|--|
| <b>Алканы</b>  |  |
| <p style="text-align: center;">-CH<sub>3</sub><br/>валентные симм.<br/>валентные асимм.</p>  | <p style="text-align: center;">2885-2860<br/>2975-2950</p>                                 |
| <p style="text-align: center;">-CH<sub>2</sub>-<br/>валентные симм.<br/>валентные асимм.</p>   | <p style="text-align: center;">2870-2845<br/>2940-2915</p>                                 |
| <p style="text-align: center;">-CH<br/>валентные</p>   | <p style="text-align: center;">2900-2880</p>   |
| <p style="text-align: center;">Общий диапазон валентных C<sub>sp3</sub>-H</p>  | <p style="text-align: center;">2975-2845 (сильн.)</p>                                      |
| <p style="text-align: center;">-CH<sub>3</sub><br/>деформационные симм.<br/>деформационные асимм.</p>  | <p style="text-align: center;">1395-1365 (сильн.)<br/>1470-1430 (средн.)</p>               |
| <p style="text-align: center;">-CH<sub>2</sub>-<br/>деформационные</p>   | <p style="text-align: center;">1475-1450</p>   |
| <p style="text-align: center;">Общий диапазон деформационных<br/>C<sub>sp3</sub>-H</p>   | <p style="text-align: center;">1475-1340 (средн.)</p>                                      |
| <p style="text-align: center;">валентные C<sub>sp3</sub>-C<sub>sp3</sub><br/>деформационные C<sub>sp3</sub>-C<sub>sp3</sub></p>  | <p style="text-align: center;">1250-1140 (слаб.)<br/>810-720</p>                           |
| <b>Циклоалканы</b>   |  |
| <p style="text-align: center;"> <math>\begin{array}{c} \text{H}_2 \\   \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \end{array}</math>           Циклопропан<br/>валентные C<sub>sp3</sub>-H<br/>валентные C<sub>sp3</sub>-C<sub>sp3</sub> </p> | <p style="text-align: center;">3100-3050<br/>3035-2995 (сильн.)<br/>1020-1000 (средн.)</p> |
| <p style="text-align: center;"> <math>\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \end{array}</math>           Циклобутан<br/>валентные C<sub>sp3</sub>-C<sub>sp3</sub> </p>  | <p style="text-align: center;">1000-866 (средн.)</p>                                       |

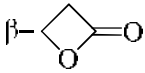
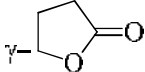
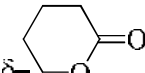
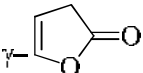
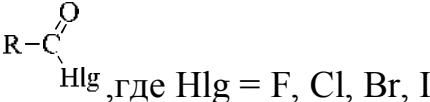
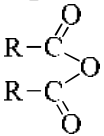


| Галогеналканы  |  |
|--|--|
| валентные<br>C–F<br>C–Cl<br>C–Br<br>C–I  | 1400-1000 (оч. сильн.)<br>800-600 (сильн.)<br>600-500 (сильн.)<br>< 500 (сильн.) |
| Алкены   |  |
| валентные<br>C=C<br>RHC=CH <sub>2</sub><br>R <sub>2</sub> C=CR <sub>2</sub><br>RHC=CR <sub>2</sub><br>RHC=CHR транс-<br>RHC=CHR цис- | 1680-1620 (перем.)<br>1640<br>1650<br>1670<br>1675<br>1660                       |
| деформационные C <sub>sp<sup>2</sup></sub> -H<br>плоскостные<br>внеплоскостные   | 1420-1410 (сильн.)<br>915-885 (сильн.)   |
|  транс-<br>плоскостные<br>внеплоскостные          | 970-960 (сильн.)<br>1310-1295 (сильн.)   |
|  цис- внеплоскостные                              | 730-665 (сильн.)   |
| Сопряженные алкены   |  |
| валентные C=C<br>валентные C <sub>sp<sup>2</sup></sub> -H  | 1645-1600 (сильн.)<br>3095-3010 (средн.)   |
| Сопряженные полиены  |  |
| валентные C=C-(C=C) <sub>n</sub>   | 1650-1580 (сильн.)   |
| Аллены (кумулены)  |  |
| валентные C=C=C  | 1950 (сильн.)<br>1060 (средн.)   |
| Алкины   |  |
| валентные<br>внутренние –C≡C–<br>терминальные HC≡C–<br>валентные C <sub>sp</sub> -H  | 2260-2190 (слаб.)<br>2140-2100 (перем.)<br>3340-3250 (сильн.)                    |
| деформационные C <sub>sp</sub> -H  | 680-610 (средн.)<br>1300-1200 (обертон)  |

| Арены   |                             |
|---|-----------------------------|
| валентные $C_{\text{аром.}}-H$                                | 3100-3010 (средн.)          |
| область составных частот и обертонов                          | 2000-1660                   |
| валентные $C_{\text{аром.}}-C_{\text{аром.}}$                 | 1625-1450 (средн.)          |
| деформационные:<br>плоскостные $C_{\text{аром.}}-H$           | 1250-950 (средн.)           |
| внеплоскостные $C_{\text{аром.}}-H$                           | 900-720 (средн.)            |
| Гетероароматические соединения                                |                             |
| валентные $C_{\text{гетар.}}-H$                               | 3100-3000 (средн.)          |
| валентные $C_{\text{гетар.}}-C_{\text{гетар.}}$               | 1660-1480 (сильн.)          |
| деформационные:<br>плоскостные $C_{\text{гетар.}}-H$ (пиррол) | 770-710 (средн.)            |
| внеплоскостные $C_{\text{гетар.}}-H$ (фуран,<br>тиофен)       | 990-700 (средн.)            |
| Кислородсодержащие соединения                                 |                             |
| Спирты и фенолы   |                             |
| валентные $O-H$ (свободная)                                   | 3650-3580 (сильн.)          |
| валентные $O-H$ (связанные):<br>димеры                        | 3550-3450 (средн., широкая) |
| олигомерные ассоциаты   | 3400-3200 (средн., широкая) |
| деформационные внеплоскостные $O-H$                           | 750-650 (средн.)            |
| деформационные плоскостные $O-H$                              |                             |
| $RCH_2OH$ (первичные)   | 1350-1250 (сильн.)          |
| $R_2CHOH$ (вторичные)   | 1350-1260 (сильн.)          |
| $R_3COH$ (третичные)  | 1450-1310 (сильн.)          |
| $ArOH$ (фенолы)   | 1410-1310 (сильн.)          |
| валентные $C-O$   | 1260-1000 (сильн.)          |
| $RCH_2OH$ (первичные)   | 1075-1000 (сильн.)          |
| $R_2CHOH$ (вторичные)   | 1125-1000 (сильн.)          |
| $R_3COH$ (третичные)  | 1210-1100 (сильн.)          |
| $ArOH$ (фенолы)   | 1260-1180 (сильн.)          |

| Простые эфиры   |   |
|---|---|
| валентные C–O–C   | 1290-1030 (сильн.)                        |
| валентные диалкиловые C–O–C   | 1170-1145                                 |
| валентные алкилариловые Ar–O–Alk<br>и виниловые эфиры C=C–O–Alk                                     | 1270-1230                                 |
| <b>циклические простые эфиры,</b><br>валентные C–O–C  |   |
|  оксиран           | 1270-1230                                 |
|  оксетан           | 1030<br>915                               |
|  тетрагидрофуран   | 1070<br>915                               |
| Карбонильные соединения   |   |
| валентные C=O   | 1775-1645 (сильн.)<br>3400-3200 (обертон) |
| <b>Кетоны, валентные C=O</b>  |   |
| диалкилкетоны   | 1725-1705                                 |
| алкиларилкетоны   | 1700-1680                                 |
| диарилкетоны  | 1670-1660                                 |
|  еноны           | 1685-1665                                 |
|  α-дикетоны      | 1730-1710                                 |
|  α-галогенкетоны | 1745-1725                                 |

|  |   |
|--|---|
| <p>циклические кетоны, валентные C=O</p>  <p>циклобутанон<br/>циклопентанон<br/>циклогексанон</p>   | <p>1775<br/>1750-1740<br/>1725-1705</p>   |
| <p><b>Альдегиды</b>, (O)C–H валентные<br/>(2 полосы)</p> <p>деформационные (O)C–H (альд.)</p> <p>валентные C=O,<br/>алканыли</p> <p>ароматические альдегиды</p> <p>еныли</p>   | <p>2830-2810 (слаб.)<br/>2750-2690 (слаб.)</p> <p>975-780 (слаб.)</p> <p>1740-1720</p> <p>1715-1685</p> <p>1705-1670</p>  |
| <b>Карбоновые кислоты</b>  |   |
| <p>валентные O–H (свободная)</p> <p>валентные O–H (связанная)</p> <p>деформационные O–H<br/>(внеплоскостные)</p> <p>валентные C=O:</p> <p>насыщенные кислоты</p> <p><math>\alpha,\beta</math>-непредельные кислоты</p> <p>ароматические кислоты</p> <p><math>\alpha</math>-галогензамещенные кислоты</p> <p><b>соли карбоновых кислот</b>,<br/>валентные CO<sub>2</sub><sup>-</sup><br/>асимметричные<br/>симметричные</p> | <p>3560-3500 (средн.)</p> <p>3000-2500 (сильн., широкая)</p> <p>950-900 (средн.)</p> <p>1740-1650 (сильн.)</p> <p>1725-1700 (сильн.)</p> <p>1715-1690 (сильн.)</p> <p>1700-1680 (сильн.)</p> <p>1740-1720 (сильн.)</p> <p>1610-1550<br/>1450-1400</p> |

| Сложные эфиры   |  |
|---|--|
| валентные C–O (две полосы симм. и асимм. колебаний C–O связей группы CO <sub>2</sub> )  | 1330-1050 (сильн.)   |
| валентные C=O:<br>эфиры алифатических кислот  | 1750-1735  |
| эфиры α,β-ненасыщенных кислот   | 1730-1710  |
| <b>лактоны</b> , валентные C=O  |  |
|  β-лактон  | 1840   |
|  γ-лактон  | 1770   |
|  δ-лактон  | 1735   |
|  непредельные γ-лактоны                           | 1750   |
| Галогенангидриды кислот   |  |
|   |  |
| валентные C=O (2 полосы)<br>фторангидриды<br>хлор- и бромангидриды  | 1900-1870 (сильн.)<br>1815-1730                              |
| Ангидриды карбоновых кислот   |  |
|    |  |
| валентные C=O<br>симм.<br>асимм.<br>валентные C–O–C   | 1870-1770 (сильн.)<br>1800-1720 (сильн.)<br>1040             |
| <b>Азотсодержащие соединения</b>  |  |
| Амины   |  |
| R <sup>1</sup> NH <sub>2</sub> (первичные), валентные NH <sub>2</sub><br>R <sup>1</sup> R <sup>2</sup> NH (вторичные), валентные NH | 3500-3300 (2 полосы, средн.)<br>3450-3200 (1 полоса, средн.) |
| деформационные (первичные и вторичные)  | 1650-1550 (средн.)   |

|   |  |
|---|--|
| валентные C–N:<br>алкиламины<br>ариламины   | 1220-1020 (средн.)<br>1360-1220 (средн.)               |
| $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{R}-\text{N}^{\oplus}-\text{H} \quad \text{X}^{\ominus} \\   \\ \text{H} \end{array}$ соли аминов |  |
| валентные N <sup>+</sup> –H<br>деформационные N <sup>+</sup> –H   | 3000-2600<br>1600-1460                                 |
| <b>Амиды</b>  |  |
| <b>первичные амиды</b><br>валентные NH <sub>2</sub><br><br>валентные C=O (полоса амид–I)  | 3500-3100 (2 полосы, сильн.)<br><br>1690-1650 (сильн.) |
| <b>вторичные амиды</b><br>валентные N–H<br>валентные C=O (полоса амид–I)  | 3460-3070 (1 полоса, средн.)<br>1685-1660 (сильн.)     |
| <b>третичные амиды</b><br><br>валентные C=O (полоса амид–I)   | 1650 (сильн.)  |
| деформационные N–H<br>(полоса амид–II)<br>плоскостные<br>внеплоскостные   | 1630-1510 (сильн.)<br>700 (сильн.)                     |
| валентные C–N   | 1400 (средн.)  |
| <b>Лактамы</b> – циклические амиды  |  |
| $\begin{array}{c} \beta \\   \\ \text{C} \\   \\ \text{N} \\   \\ \text{H} \end{array}$   | 1750   |
| $\begin{array}{c} \gamma \\   \\ \text{C} \\   \\ \text{N} \\   \\ \text{H} \end{array}$  | 1700   |

| Аминокислоты   |                             |
|--|-----------------------------|
| $\text{R}-\underset{\text{NH}_2}{\overset{\text{H}}{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} \xrightleftharpoons{\text{H}^+} \text{R}-\underset{\text{NH}_3^+}{\overset{\text{H}}{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}^-$ |                             |
| валентные $\text{NH}_3^+$  | 3130-2000 (сильн., широкая) |
| деформационные $\text{NH}_3^+$   |                             |
| асимметричные  | 1660-1600 (сильн.)          |
| симметричные   | 1550-1480 (сильн.)          |
| валентные $\text{C}=\text{O}$  | 1650-1560 (сильн.)          |
| Нитрилы (цианиды)  |                             |
| валентные $\text{C}\equiv\text{N}$   |                             |
| $\text{Alk}-\text{C}\equiv\text{N}$ алкилнитрилы   | 2260-2240 (сильн.)          |
| $\text{Ar}-\text{C}\equiv\text{N}$ арилнитрилы   | 2240-2220 (сильн.)          |
| $\begin{array}{c} \text{R} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{N} \\ \diagup \\ \text{X} \end{array}$   |                             |
| Азометины  |                             |
| валентные $\text{C}=\text{N}$  | 1690-1605 (сильн.)          |
| Нитросоединения  |                             |
| $\text{Alk}-\text{NO}_2$ алкилнитросоединения  |                             |
| валентные $\text{NO}_2$ , асимм.   | 1570-1545 (сильн.)          |
| симм.  | 1385-1360 (сильн.)          |
| валентные $\text{C}-\text{N}$  | 920-830 (сильн.)            |
| $\text{Ar}-\text{NO}_2$ арилнитросоединения  |                             |
| валентные $\text{NO}_2$ , асимм.   | 1550-1510 (сильн.)          |
| симм.  | 1365-1335 (сильн.)          |
| валентные $\text{C}-\text{N}$  | 860-840 (сильн.)            |
| Серосодержащие соединения  |                             |
| $\text{R}-\text{SH}$ тиолы   |                             |
| валентные $\text{S}-\text{H}$  | 2600-2540 (средн.)          |
| валентные $\text{C}-\text{S}$  | 740-570 (средн.)            |
| $\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagdown \\ \text{R}^1-\text{C} \\ \diagup \\ \text{R}^2 \end{array}$   |                             |
| сульфоксиды  |                             |
| валентные $\text{S}=\text{O}$  | 1220-980 (средн.)           |

|  |  |
|--|--|
| $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}^1-\text{S}-\text{R}^2 \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ <p><b>сульфоны</b><br/>валентные SO<sub>2</sub>, асимм.<br/>симм.</p><br>$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{S}-\text{OH} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ <p><b>сульфокислоты</b><br/>валентные SO<sub>2</sub>, асимм.<br/>симм.</p> | <p>1350-1300 (сильн.)<br/>1160-1140 (сильн.)</p><br><p>1210-1150 (сильн.)<br/>1060-1030 (сильн.)</p> |
| <p>Фосфорсодержащие соединения</p>   |  |
| $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}^1-\text{P}-\text{OR} \\ \parallel \\ \text{OR} \end{array}$ <p><b>фосфонаты</b><br/>валентные P=O</p><br><p>валентные P-O</p>  | <p>1280-1240 (сильн.)</p><br><p>1050-970 (сильн.)</p>  |



#### 4. Контрольные вопросы по теме «Инфракрасная спектроскопия органических соединений»

1. Что является физической причиной характеристичности полос в ИК-спектрах?
2. Что такое валентные и деформационные колебания?
3. В каком диапазоне волновых чисел  $\nu$  ( $\text{см}^{-1}$ ) регистрируют ИК-спектры?
4. Представьте принципиальную схему устройства ИК-спектрометра.
5. Гармонический осциллятор. Колебательная энергия и частота колебаний гармонического осциллятора.
6. Ангармонический осциллятор. Колебательная энергия ангармонического осциллятора.
7. Теоретический расчет частот валентных колебаний. Формула расчета  $\nu$  ( $\text{см}^{-1}$ ) для валентных колебания отдельных связей в молекулах органических соединений.
8. Что такое силовая постоянная связи и что она характеризует? Каковы средние значения силовых постоянных для простой, двойной и тройной связей?
9. Где в ИК-спектрах проявляются валентные ( $\nu$ ) и деформационные ( $\delta$ ) колебания:
  - а) алкильных групп  $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{CH}_2-$ ;
  - б) гидроксильных групп  $\text{O}-\text{H}$ .
10. Дайте интервалы валентных и деформационных колебания для связей:  $\text{X}-\text{H}$ ,  $\text{X}=\text{Y}$ ,  $\text{X}\equiv\text{Y}$ ,  $\text{X}-\text{Y}$ .
11. Условия подготовки образцов и регистрации ИК-спектров.
12. Какие задачи можно решать с помощью ИК-спектроскопии.
13. Дайте определения понятиям: основная частота, нормальные колебания, первый обертона, второй обертона, силовая постоянная связи.
14. Колебания каких связей в молекулах органических соединений проявляются с высокой интенсивностью? Приведите примеры таких связей.

15. Инфракрасная спектроскопия алканов. Укажите области валентных и деформационных колебаний соответствующих связей.

16. Инфракрасная спектроскопия алкенов. Укажите области валентных и деформационных колебаний соответствующих связей.

17. Инфракрасная спектроскопия алкинов. Укажите области валентных и деформационных колебаний соответствующих связей.

18. Инфракрасная спектроскопия гидроксилсодержащих соединений (спиртов и фенолов). Укажите области валентных и деформационных колебаний соответствующих связей. Определение межмолекулярных и внутримолекулярных водородных связей с помощью ИК-спектроскопии.

19. Инфракрасная спектроскопия алкилзамещенных аренов. Укажите основные области валентных и деформационных колебаний С–С и С–Н связей.

20. Инфракрасная спектроскопия галогенбензолов, нитробензолов и ариламинов. Укажите области колебаний соответствующих связей.

21. Инфракрасная спектроскопия альдегидов. Укажите области колебаний соответствующих связей.

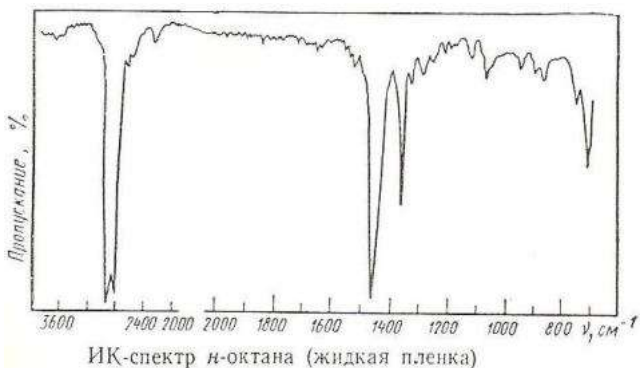
22. Инфракрасная спектроскопия кетонов. Укажите области колебаний соответствующих связей.

23. Инфракрасная спектроскопия карбоновых кислот и сложных эфиров. Укажите области колебаний соответствующих связей.

24. Инфракрасная спектроскопия азотсодержащих соединений (аминов, нитросоединений, нитрилов). Укажите области колебаний (валентных и деформационных) соответствующих связей.

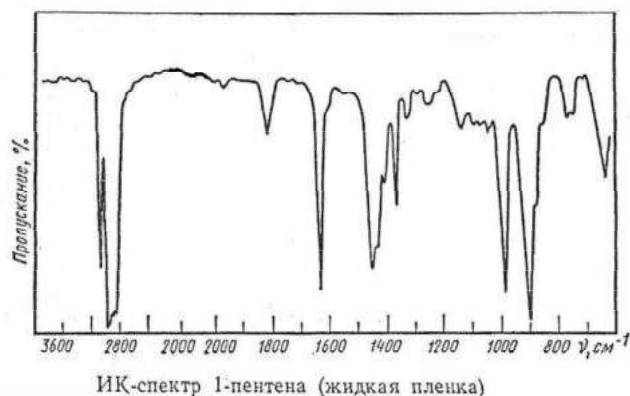
## 5. Задачи по теме «Инфракрасная спектроскопия органических соединений»

### Задача 1



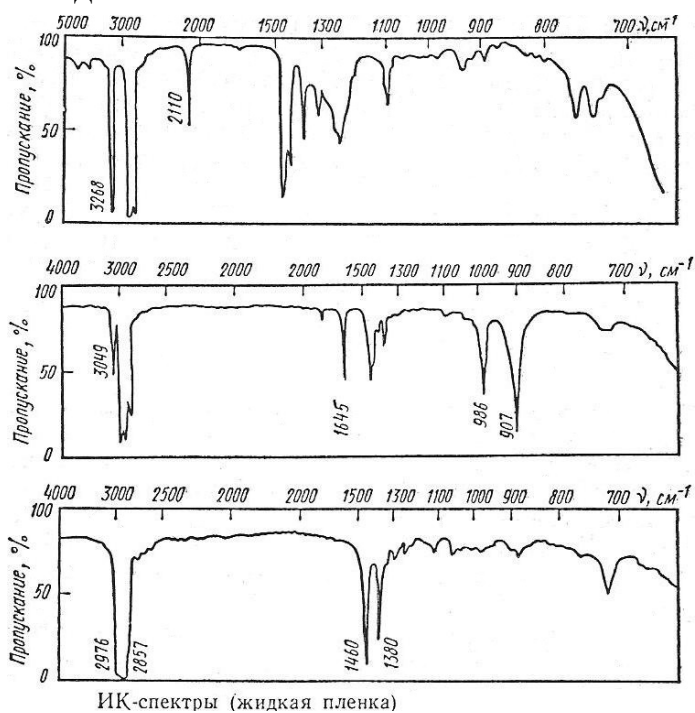
Укажите в ИК-спектре *n*-октана характеристические полосы поглощения, обусловленные валентными и деформационными колебаниями С–Н и С–С связей.

### Задача 2



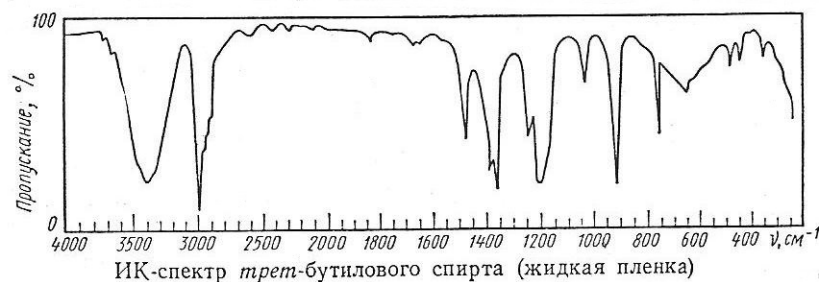
Представлен ИК-спектр 1-пентена. Укажите характеристические полосы поглощения, вызванные валентными колебаниями связей С=С и С–Н. Можно ли отличить 1-пентен от пентена-2.

### Задача 3



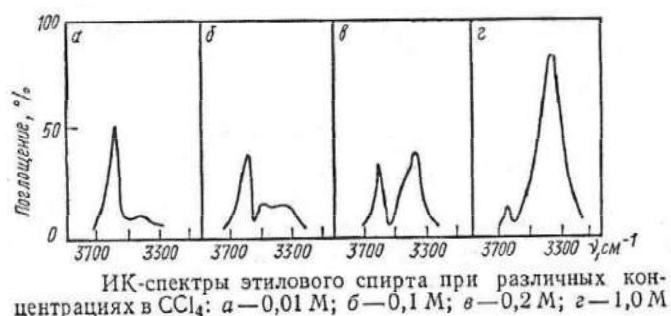
Приведены ИК-спектры 1-гексина, 1-гексена и *n*-гексана. Установите какому соединению отвечает каждый спектр.

### Задача 4



Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре *трет*-бутилового спирта.

### Задача 5



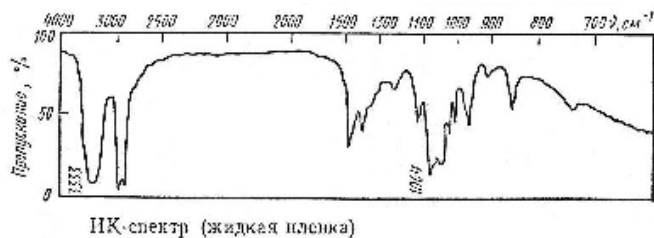
Объясните различия в ИК-спектрах этилового спирта, записанных при различных концентрациях его растворов в  $\text{CCl}_4$ .

### Задача 6

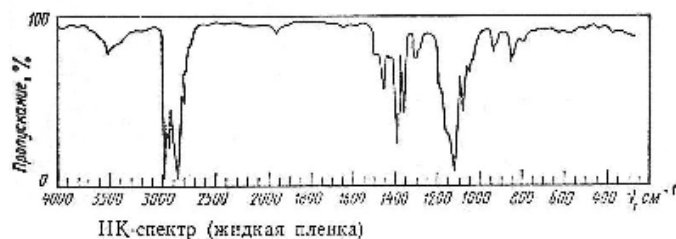


Изобразите все изомеры соединения состава  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ , ИК-спектр которого представлен.

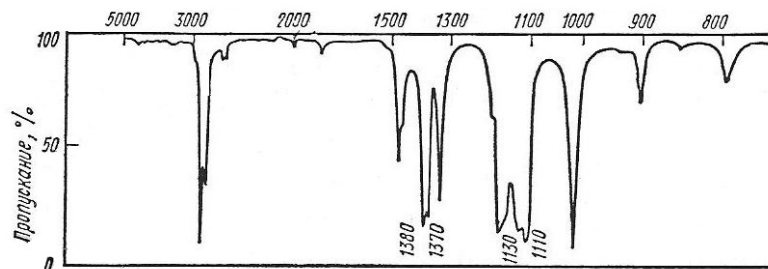
### Задача 7



Приведены ИК-спектры *n*-бутилового спирта и диэтилового эфира. Определите, какой спектр соответствует каждому соединению.



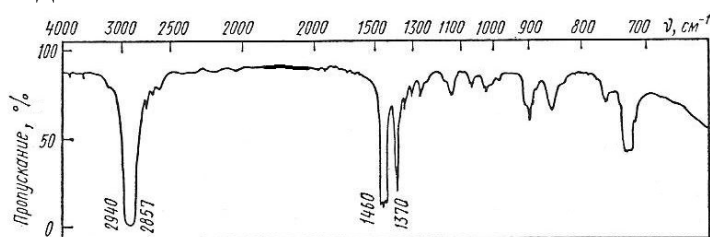
### Задача 8



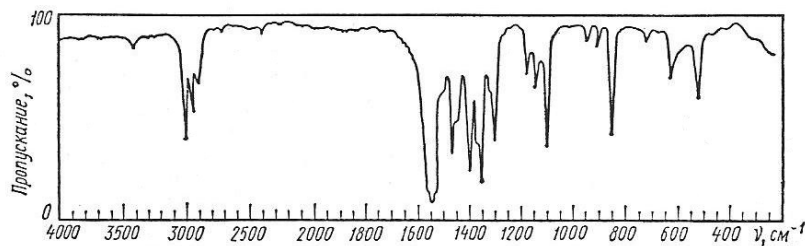
ИК-спектр соединения состава  $C_6H_{14}O$  (жидкая пленка)

Установите структуру соединения  $C_6H_{14}O$  по его ИК-спектру, если в кислой среде соединение разрушается до пропанола-2.

### Задача 9



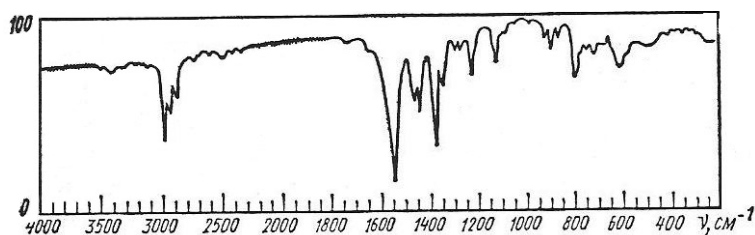
ИК-спектр пентана (жидкая пленка)



ИК-спектр 2-нитропропана (жидкая пленка)

Сопоставьте ИК-спектры пентана (верхний рисунок) и 2-нитро-пропана (нижний рисунок). По каким полосам поглощения можно установить присутствие нитро-группы в органическом соединении?

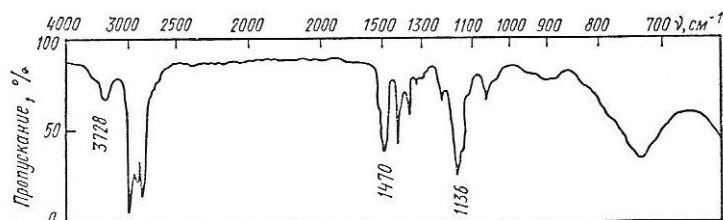
### Задача 10



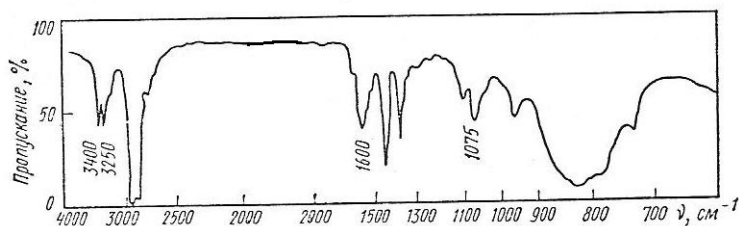
ИК-спектр соединения состава  $C_3H_7NO_2$  (жидкая пленка)

Установите структуру соединения  $C_3H_7NO_2$  линейного строения, ИК-спектр которого приведен и в УФ-спектре соединения имеется полоса поглощения  $\lambda_m = 280 \text{ нм}$  ( $\lg \epsilon = 1.34$ ).

### Задача 11



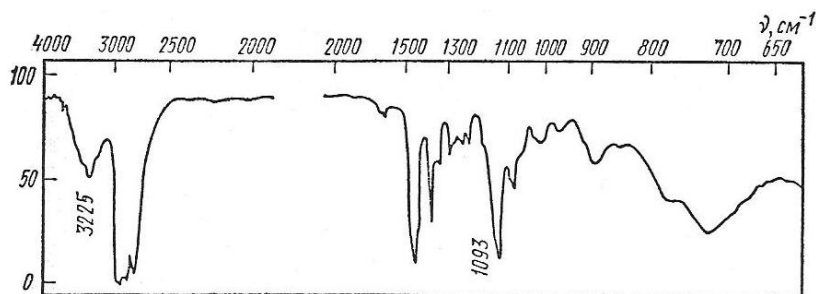
ИК-спектр (жидкая пленка)



ИК-спектр (жидкая пленка)

Какой из приведенных ИК-спектров соответствует диэтиламину, а какой – *n*-бутиламину.

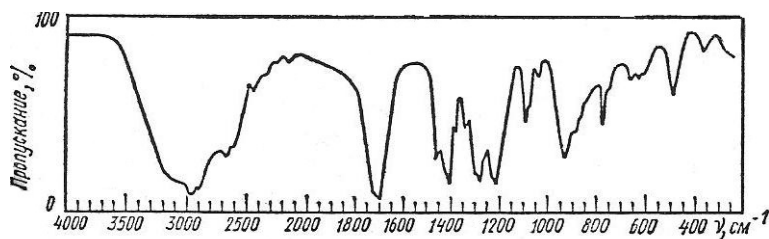
### Задача 12



ИК-спектр соединения состава  $C_6H_{15}N$  (жидкая пленка)

Установите строение соединения  $C_6H_{15}N$  по его ИК-спектру, если известно что оно получается из 1-бромпропана и аммиака.

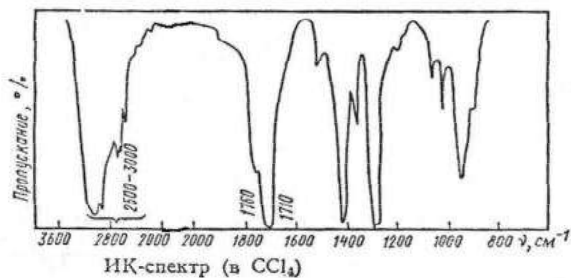
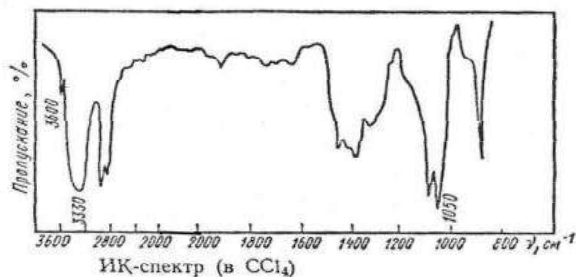
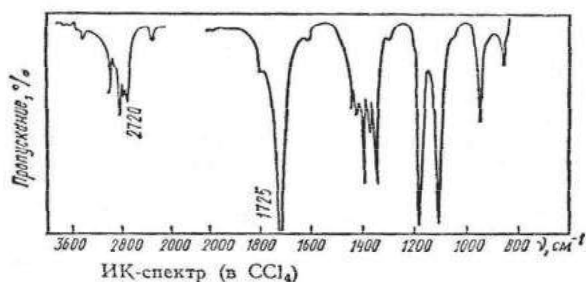
### Задача 13



ИК-спектр масляной кислоты (жидкая пленка)

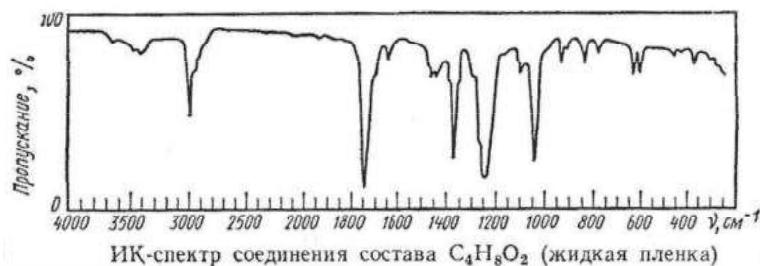
Проведите отнесение полос в ИК-спектре масляной кислоты.

### Задача 14



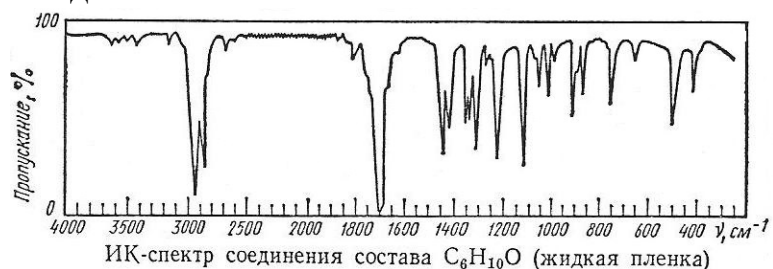
На рисунках приведены ИК-спектры этилового спирта, уксусного альдегида и уксусной кислоты. Определите, какой спектр соответствует каждому соединению.

### Задача 15



Определите строение соединения  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ , используя его ИК-спектр, если при взаимодействии с водной щелочью из него образуется уксусная кислота и этанол.

### Задача 16



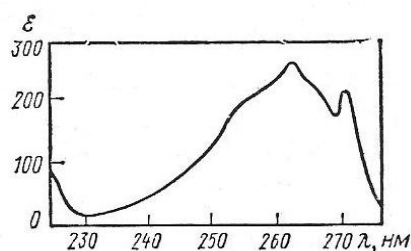
На рисунке приведен ИК-спектр соединения  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$ . Установите строение этого соединения, если известно, что при окислении в жестких условиях оно дает адипиновую кислоту.

### Задача 17



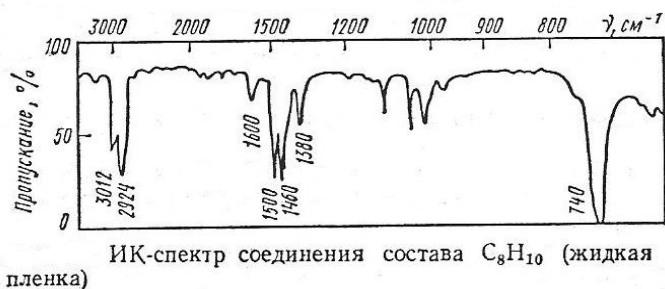
Рассмотрите ИК-спектр этилбензола. Укажите, какие полосы соответствуют колебаниям связей ароматического кольца и связей С-Н.

### Задача 18



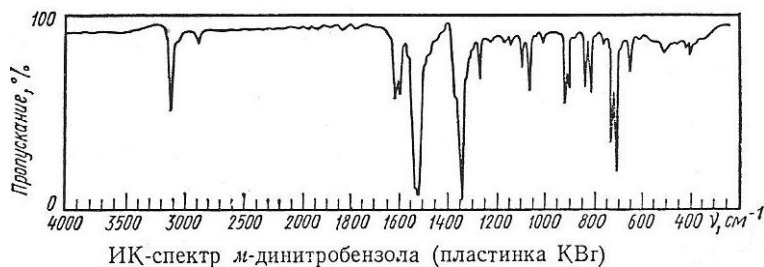
УФ-спектр соединения состава  $C_8H_{10}$  (в изооктане)

Определите, к какому классу органических соединений относится вещество состава  $C_8H_{10}$ , используя его УФ- и ИК-спектры. Изобразите все возможные изомеры этого соединения.



ИК-спектр соединения состава  $C_8H_{10}$  (жидкая пленка)

### Задача 19



Представлен ИК-спектр *m*-динитробензола. Укажите полосы, связанные с колебаниями атомов нитрогруппы.



### Задача 20



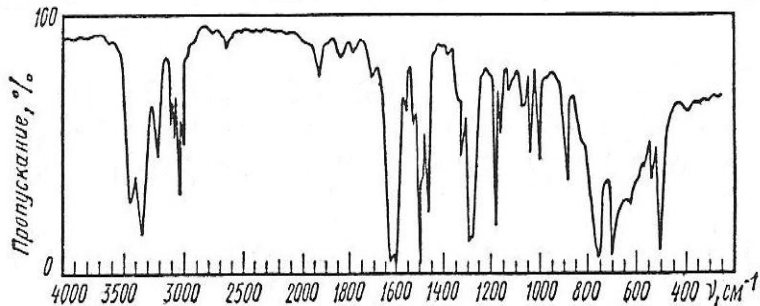
ИК-спектр соединения состава  $C_6H_6N_2O_2$  (пластинка KBr)

Из *o*-нитрохлорбензола было получено соединение состава  $C_6H_6N_2O_2$ . Установите его строение по ИК-спектру.

### Задача 21

Из *o*-нитротолуола, в ИК-спектре которого имеются полосы поглощения  $2960, 2870, 1520, 1465, 1380, 1330, 850, 750 \text{ см}^{-1}$ , были получены соединения **A** и **B**. ИК-спектр соединения **A**, по сравнению со спектром исходного соединения не имеет полос при  $1520, 1330, 850$  и  $750 \text{ см}^{-1}$ , но содержит новые полосы при  $3420, 3340, 1644 \text{ см}^{-1}$ . В ИК-спектре соединения **B** исчезли полосы при  $2960, 2870, 1465$  и  $1380 \text{ см}^{-1}$  и появилась широкая полоса в области  $2700-2600 \text{ см}^{-1}$  и интенсивная полоса при  $1680 \text{ см}^{-1}$ . Какое строение имеют соединения **A** и **B** и какими реакциями они были получены из *o*-нитротолуола?

### Задача 22



ИК-спектр анилина (жидкая пленка)

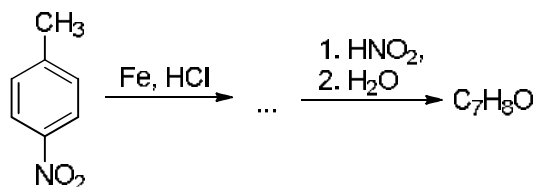
По каким частотам в ИК-спектрах можно идентифицировать первичные, вторичные и третичные амины ароматического ряда. Рассмотрите ИК-спектр анилина. Проведите отнесение возможно большего числа полос.

### Задача 23



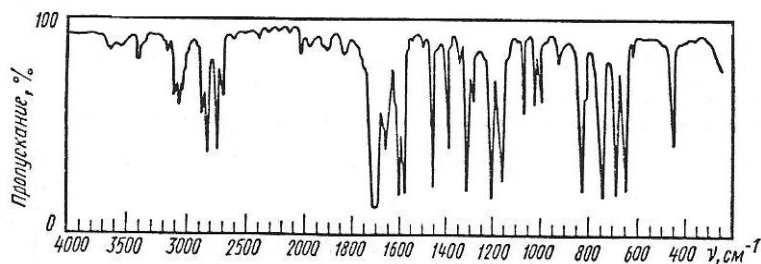
Установите строение органического соединения ароматического ряда состава  $C_8H_{11}N$  по следующим данным: а) образует соли с минеральными кислотами; б) имеет приведенный на рисунке ИК-спектр.

### Задача 24



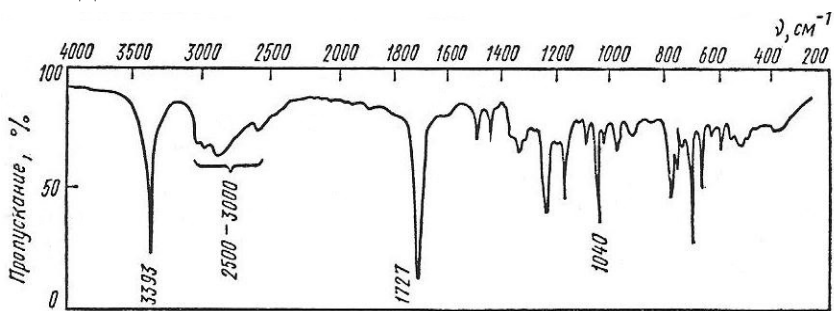
Установите структуру вещества  $C_7H_8O$ , используя его ИК-спектр, если оно получено из *p*-нитротолуола по следующей схеме:

### Задача 25



Используя ИК-спектр неизвестного соединения, установите его строение, если оно получается окислением толуола оксидом хрома(VI) ( $CrO_3$ ) в уксусном ангидриде.

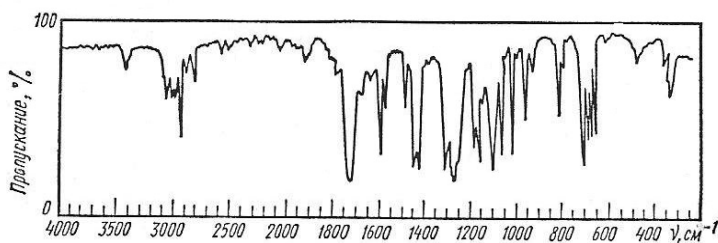
### Задача 26



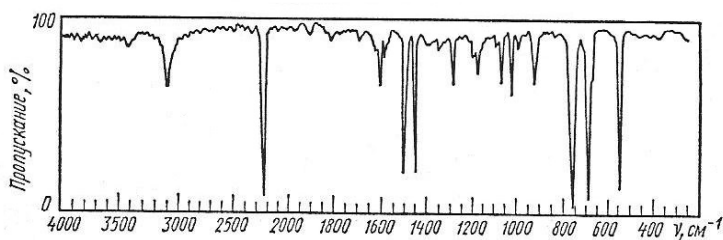
ИК-спектр соединения состава  $C_{14}H_{12}O_3$ . ИК-спектр которого приведен на рисунке. Установите структуры соединения  $C_{14}H_{11}NO$  и  $C_{14}H_{12}O_3$ .

Из бензофенона под действием синильной кислоты получено соединение состава  $C_{14}H_{11}NO$ , которое в условиях кислотного гидролиза превратилось в вещество

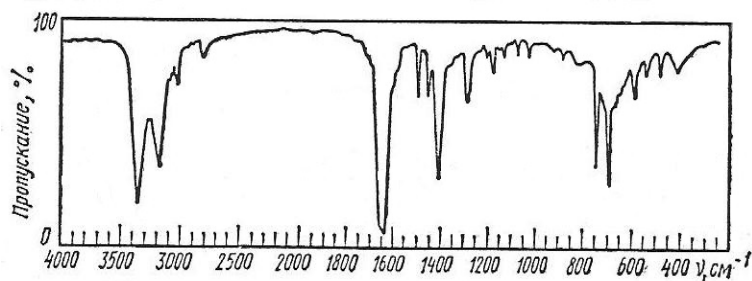
### Задача 27



На рисунках приведены спектры метилбензола и бензонитрила. Какой спектр отвечает каждому соединению?



### Задача 28



Установите строение соединения  $C_8H_9NO$ , ИК-спектр которого приведен на рисунке. Оно обладает следующими свойствами: а) при нагревании с водным раствором щелочи выделяет аммиак; б) при восстановлении  $LiAlH_4$  превращается в  $\beta$ -фенилэтиламин. Приведите схемы реакций.

### Задача 29

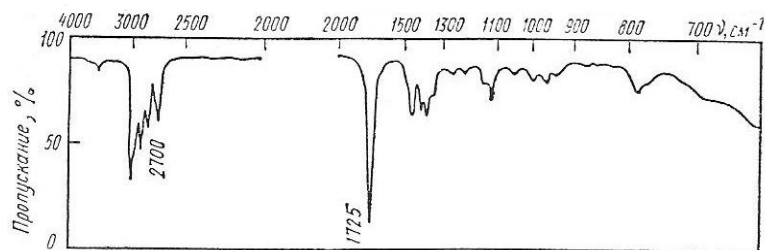


ИК-спектр соединения состава  $C_{13}H_{12}O$

Соединение  $C_{13}H_{12}O$ , ИК-спектр которого приведен на рисунке, не реагирует с водным раствором щелочи, а при окислении образует соединение  $C_{13}H_{10}O$ , последнее с гидроксил-амином дает оксим. Каково строение исходного соединения?

Соединение  $C_{13}H_{12}O$ , ИК-спектр которого приведен на рисунке, не реагирует с водным раствором щелочи, а при окислении образует соединение  $C_{13}H_{10}O$ , последнее с гидроксил-

### Задача 30

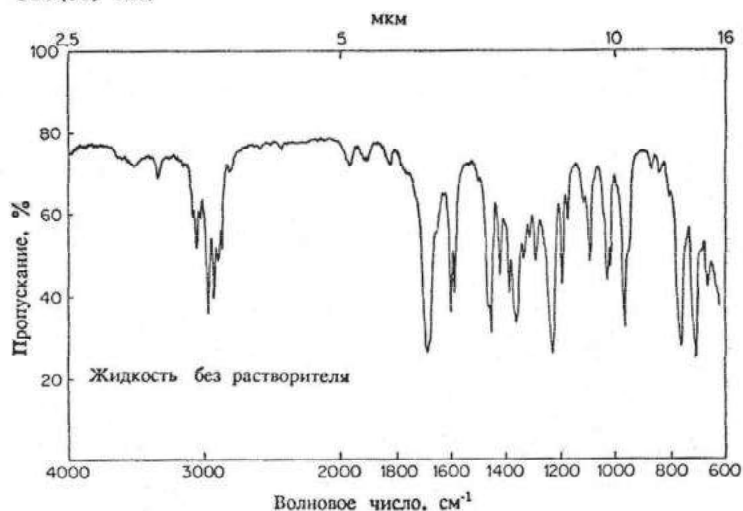


ИК-спектр (жидкая пленка)

Какому из трех соединений: масляному альдегиду, 2-бутанону, кротоновому альдегиду принадлежит приведенный ИК-спектр?

### Задача 31

Электронный спектр:  $\lambda_{\text{макс}}(\epsilon) = 242(12600), 279(1050), 318(60)$  нм.

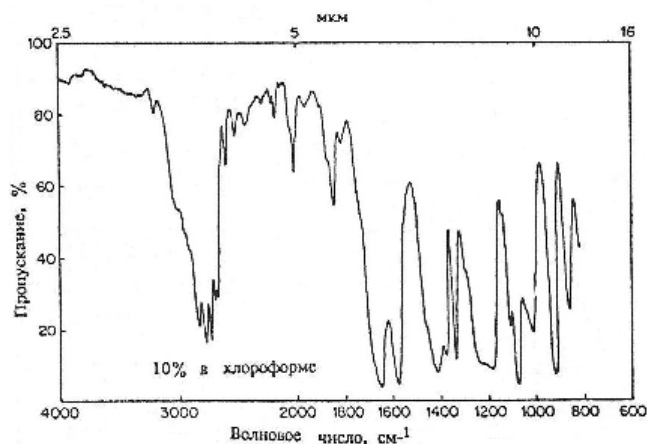


Жидкость без растворителя

Установите строение соединения  $C_9H_{10}O$ , являющегося монозамещенным ароматическим соединением по его УФ- и ИК-спектрам.

### Задача 32

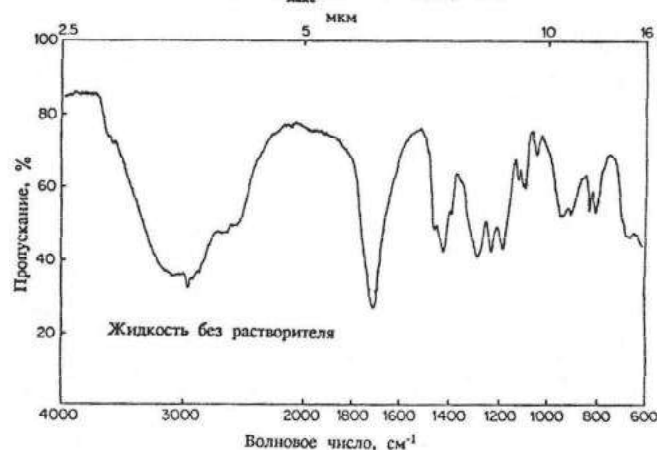
Электронный спектр:  $\lambda_{\text{макс}}(\epsilon) = 210(21500), 236(20000), 276(18000), 320(85)$  нм.



Установите структуру природного соединения состава  $C_8H_9O_3$ , используя его УФ- и ИК-спектры.

### Задача 33

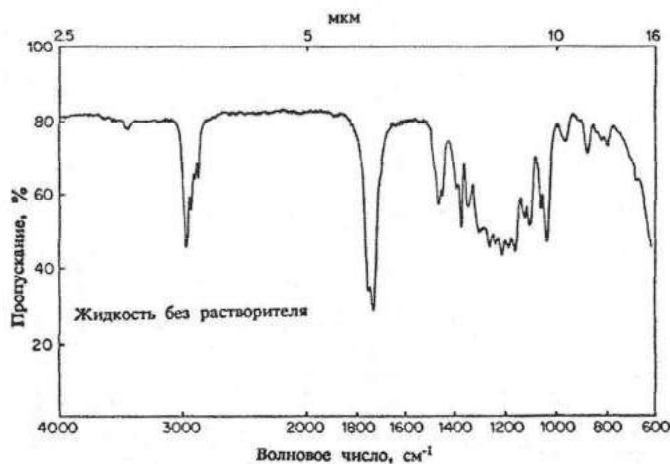
Электронный спектр:  $\lambda_{\text{макс}}(\epsilon) = 203(35)$  нм.



Определите строение соединения, получаемого из бутановой кислоты под действием фосфора и брома. Приведены данные УФ-спектра и ИК-спектра.

### Задача 34

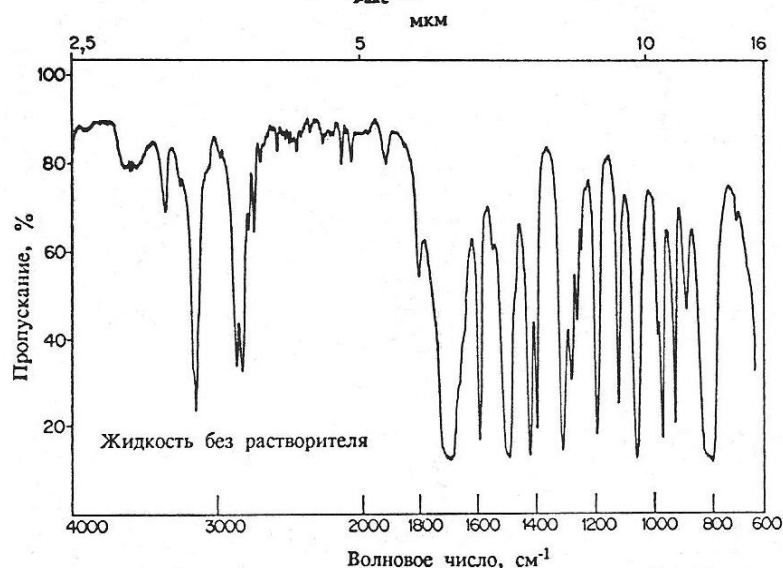
Электронный спектр:  $\lambda_{\text{макс}}(\epsilon) = 265(60)$  нм.



Определите строение органического соединения, принадлежащего к классу производных двухосновных кислот, состава  $C_9H_{16}O_4$ , имеющего в своем составе три этильные группы. Используйте ИК- и УФ-спектры.

### Задача 35

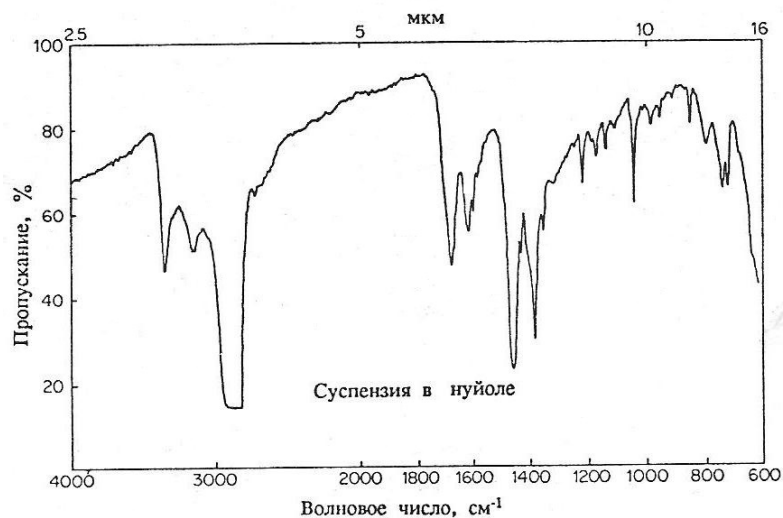
Электронный спектр:  $\lambda_{\text{макс}}(\epsilon) = 219(24000), 278(15800)\text{нм.}$



Установите строение природного соединения состава  $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$ , принадлежащего к ряду пятичленных гетероциклических ароматических соединений по его УФ- и ИК-спектру.

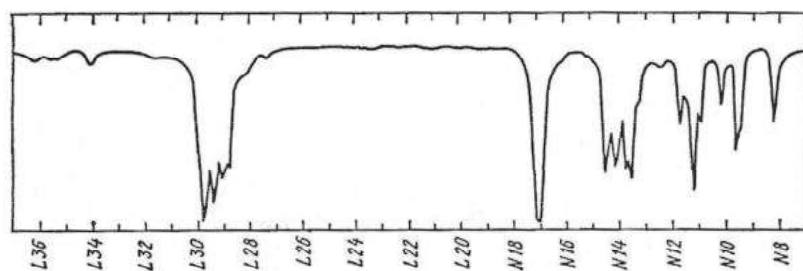
### Задача 36

Электронный спектр:  $\lambda_{\text{макс}}(\epsilon) = 213(30326)\text{нм.}$



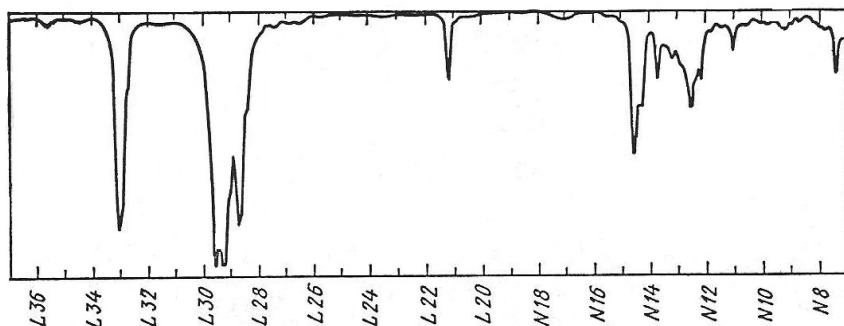
Представлены УФ- и ИК-спектры соединения состава  $\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_2\text{O}$ , принадлежащего к классу шестичленных гетероциклических азотистых ароматических соединений.

### Задача 37



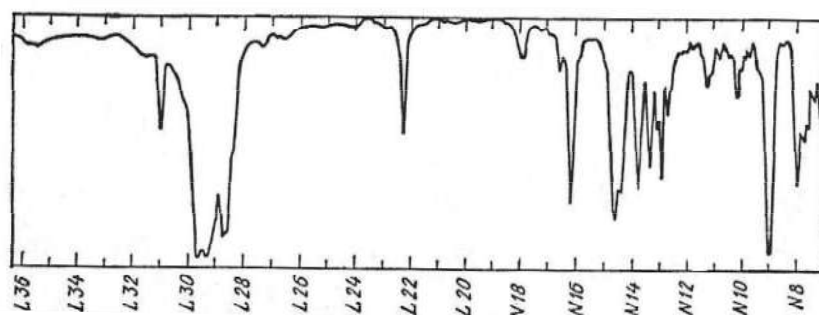
Напишите возможные структурные формулы соединения  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ , совместимые с его ИК-спектром.

### Задача 38



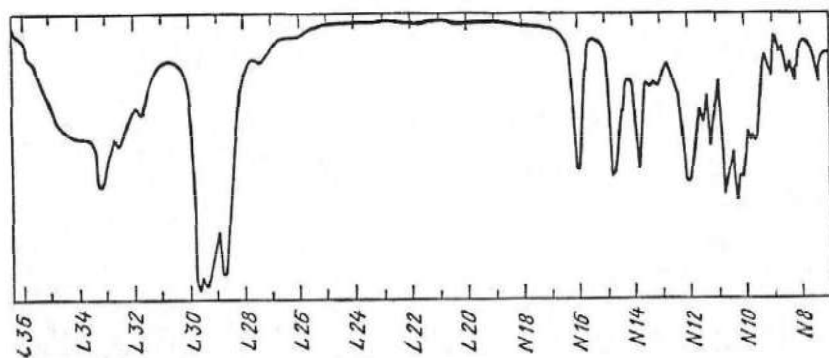
На основании ИК-спектра сделайте вывод о структуре углеводорода состава  $C_6H_{10}$ , имеющего линейное строение.

### Задача 39



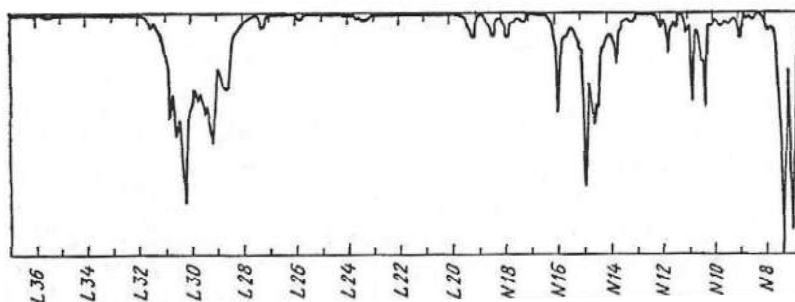
Напишите структурную формулу углеводорода  $C_9H_{14}$ , получаемого из гексина-1 и ацетона. Используйте ИК-спектр неизвестного соединения.

### Задача 40



Установите структуру производного гидроксиламина состава  $C_4H_{11}NO$ , содержащего два активных атома водорода и имеющего линейное строение.

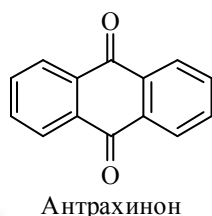
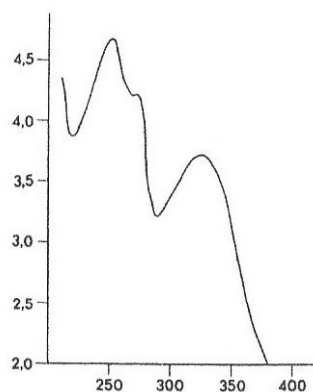
### Задача 41



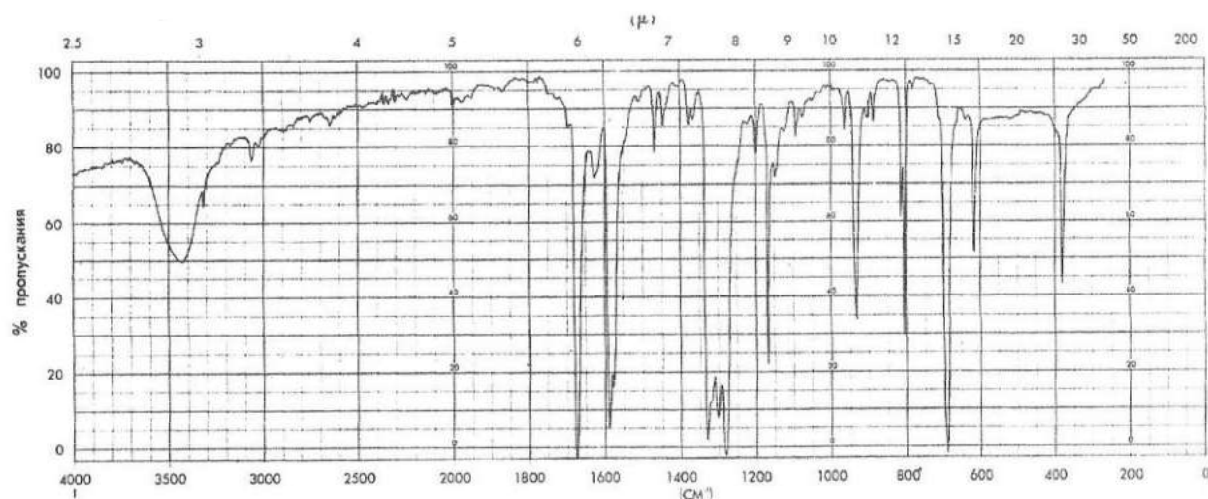
Установите, какому веществу принадлежит ИК-спектр, если известно, что молекулярная масса соединения не превышает 100.

### Задача 42

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах антрахинона.



УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 252 (4.68), 272 (4.21), 324 (3.72).

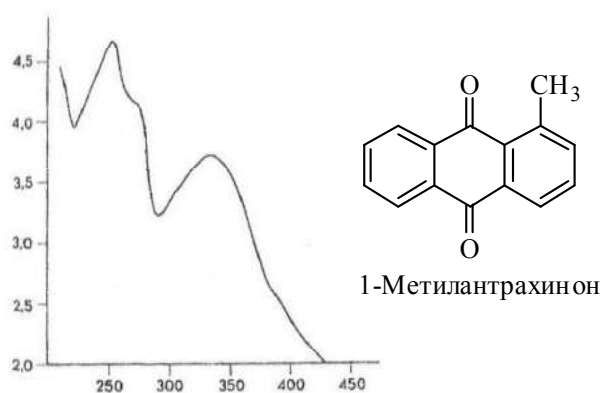


ИК-спектр – KBr.

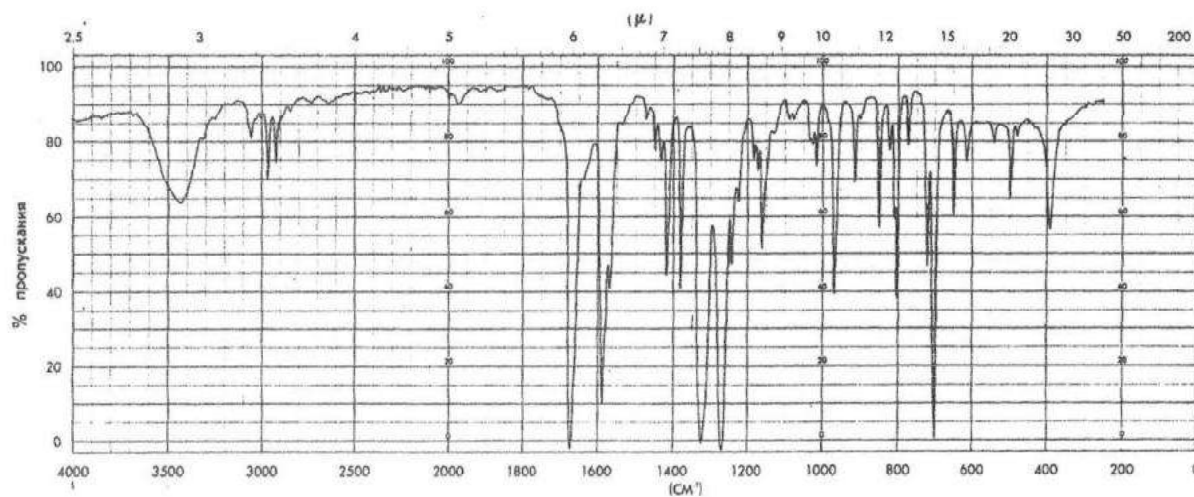


### Задача 43

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 1-метилантрахинона.



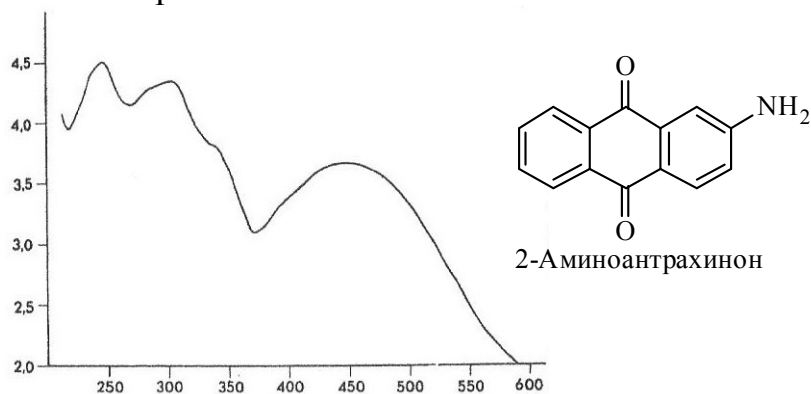
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 256 (4.66), 272 (4.17), 336 (3.72).



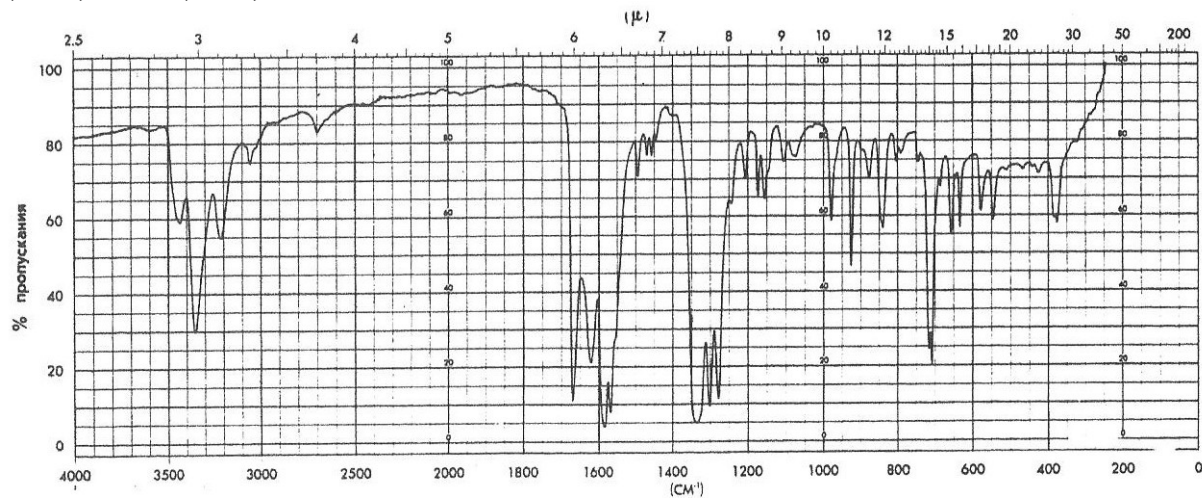
ИК-спектр – KBr.

### Задача 44

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 2-аминоантрахинона.



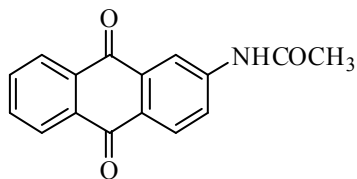
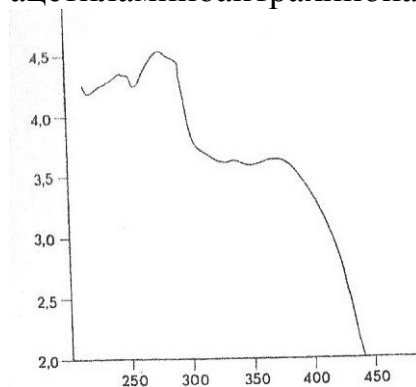
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 242 (4.50), 280 (4.26), 300 (4.33), 336 (3.80), 450 (3.65).



ИК-спектр – KBr.

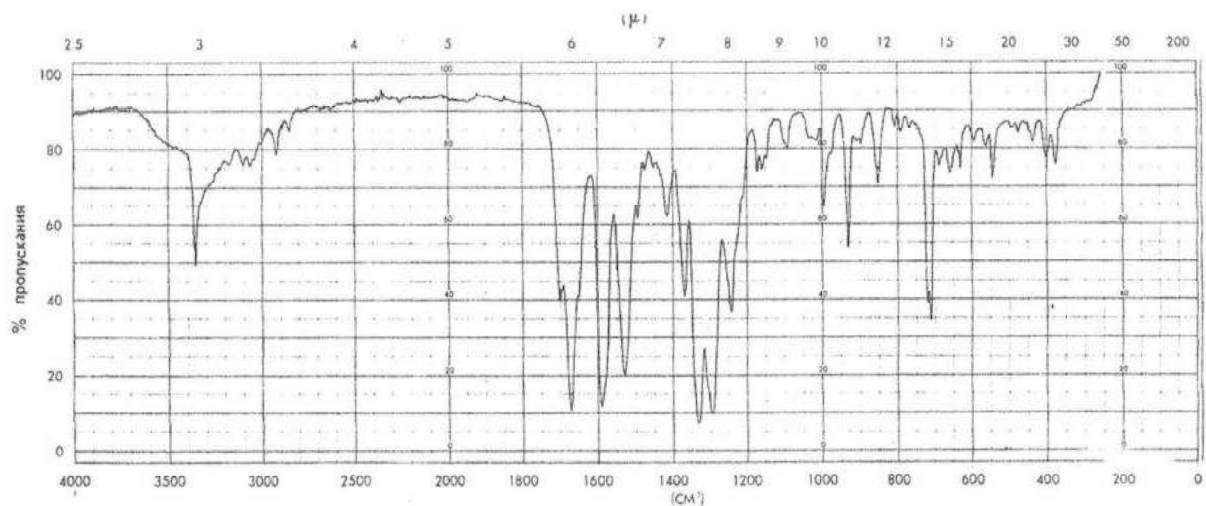
### З а д а ч а 45

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 2-ацетиламиноантрахинона.



2-Ацетиламиноантрахинон

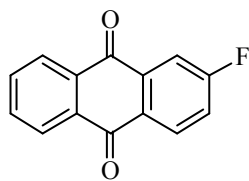
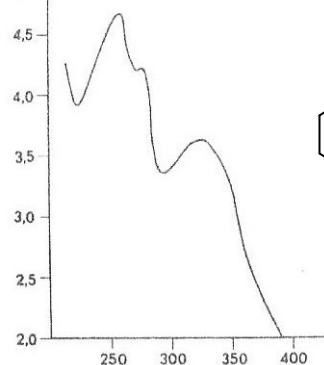
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 242 (4.35), 246 (4.35), 276 (4.53), 288 (4.45), 334 (3.62), 370 (3.63).



ИК-спектр – KBr.

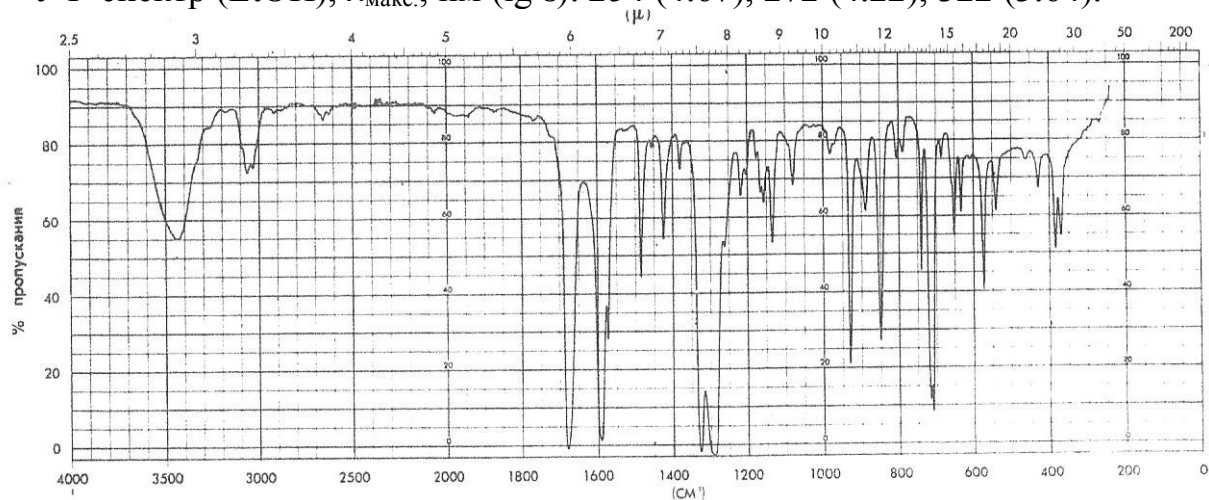
### Задача 46

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 2-фторантрахинона.



2-Фторантрахинон

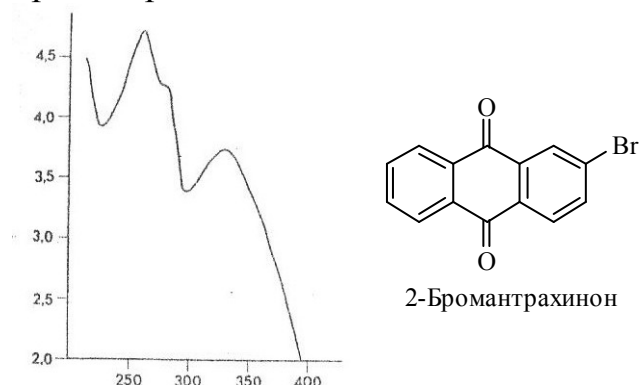
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 254 (4.67), 272 (4.22), 322 (3.64).



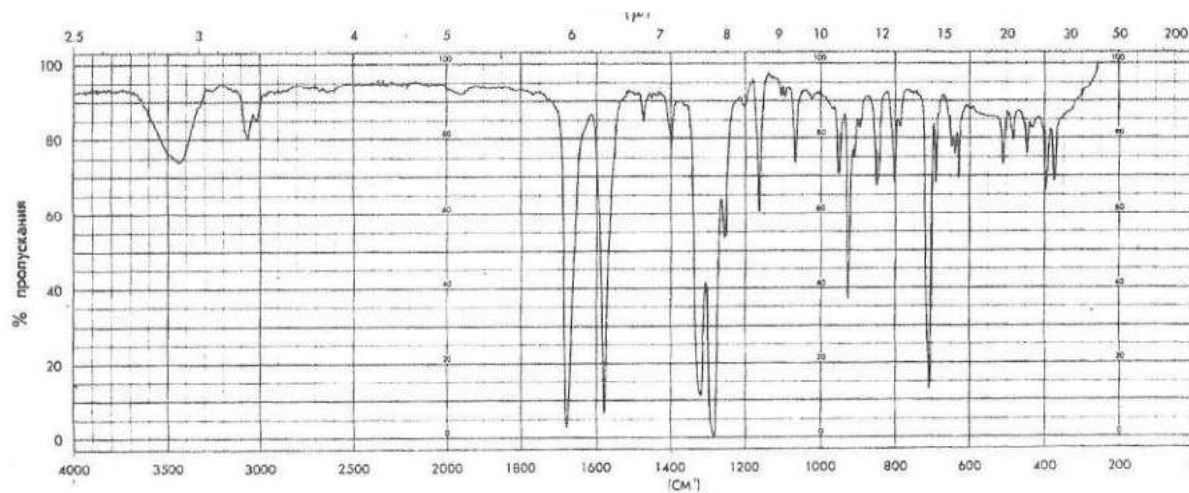
ИК-спектр – KBr.

### Задача 47

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 2-бромантрахинона.



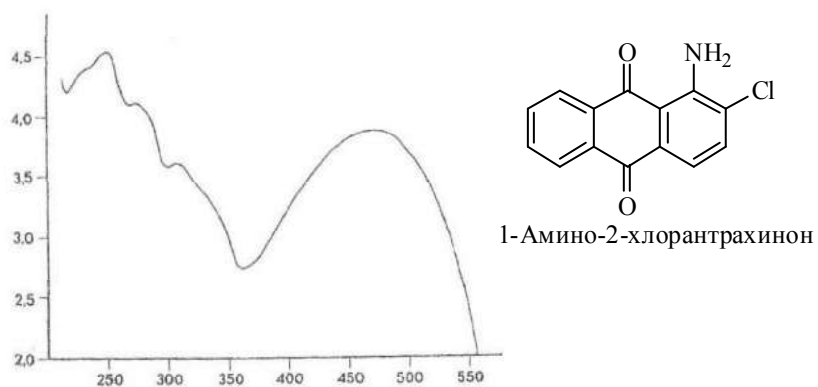
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм (lg  $\epsilon$ ): 258 (4.72), 276 (4.26), 330 (3.73).



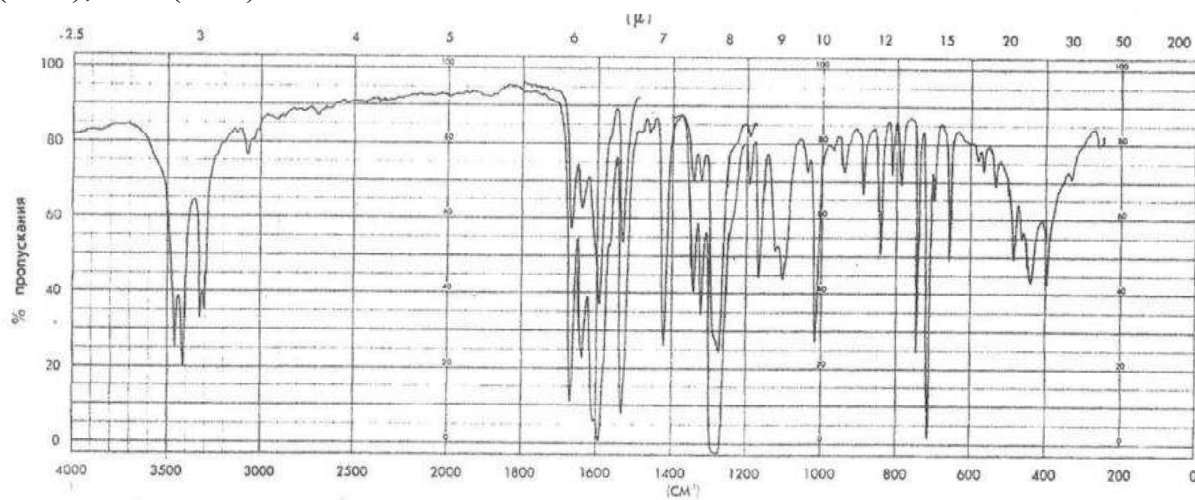
ИК-спектр – KBr.

### Задача 48

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 1-амино-2-хлорантрахинона.



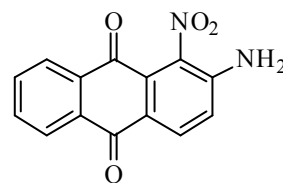
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 230 (4.40), 246 (4.54), 272 (4.10), 308 (3.60), 472 (3.87).



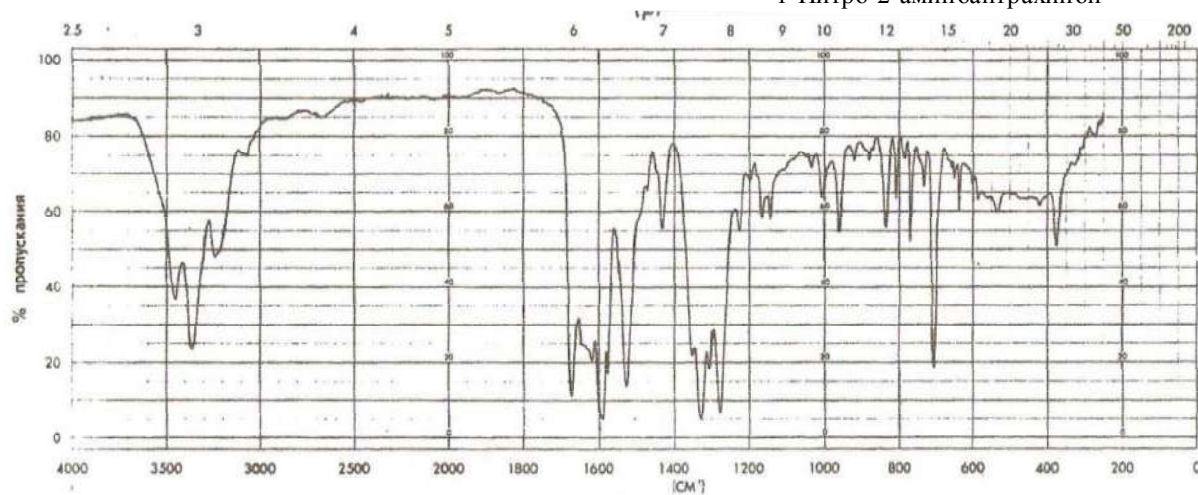
ИК-спектр – KBr.

### Задача 49

Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре 1-нитро-2-аминоантрахиноне.



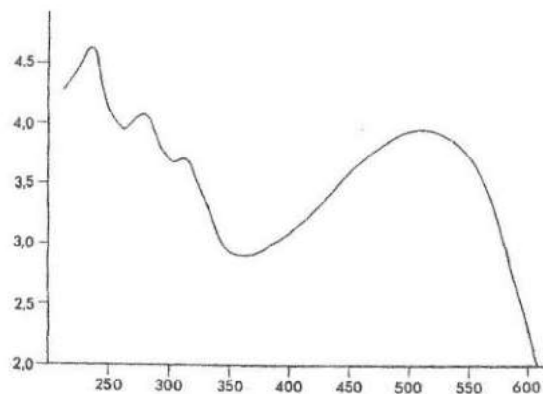
1-Нитро-2-аминоантрахинон



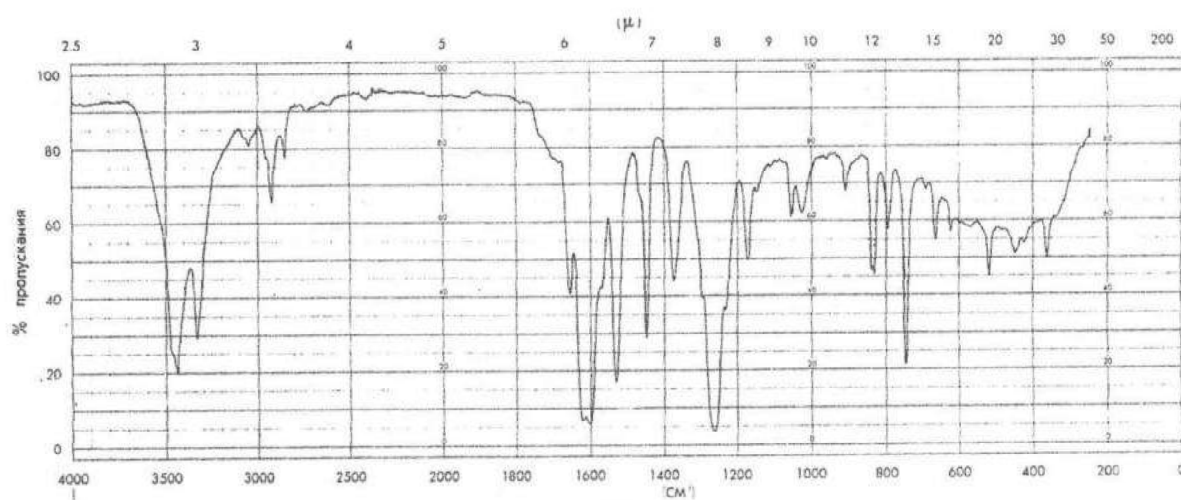
ИК-спектр – KBr.

### Задача 50

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 1,8-диаминоантрахинона.



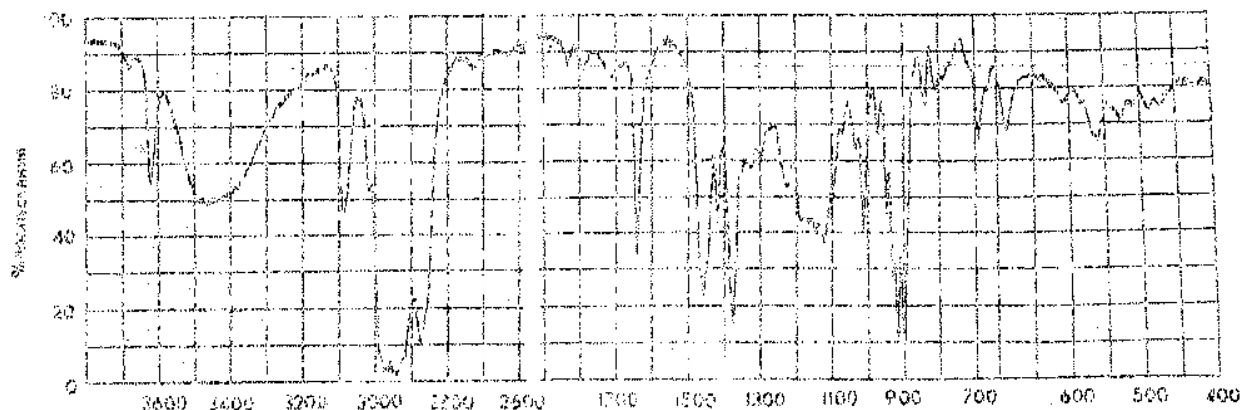
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 234 (4.64), 276 (4.09), 310 (3.71), 510 (3.95).



ИК-спектр – KBr.

### Задача 51

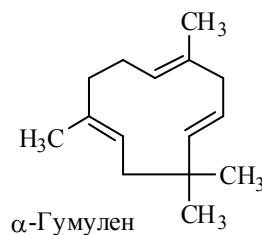
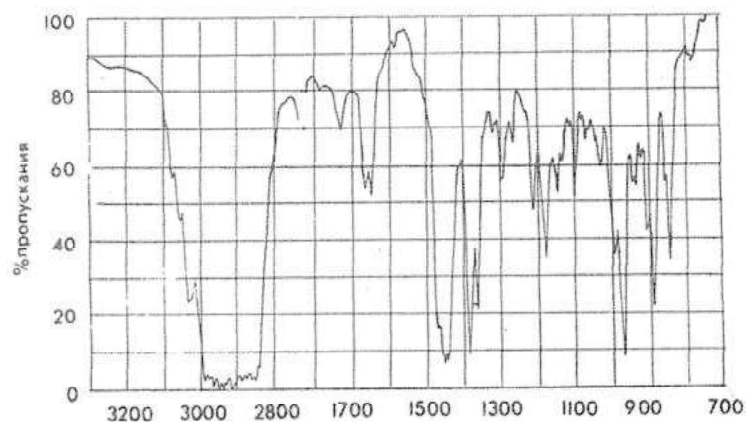
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре эпиэлемола.



ИК-спектр – КВг.

### Задача 52

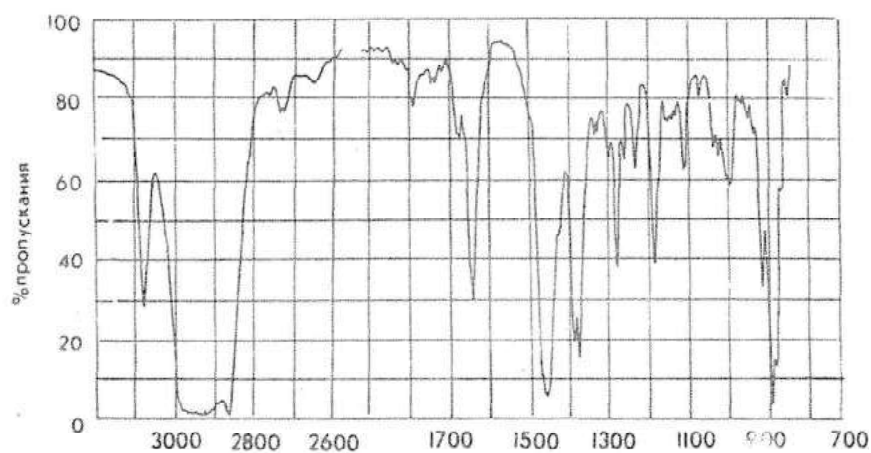
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре α-гумулене.



ИК-спектр – КВг.

### Задача 53

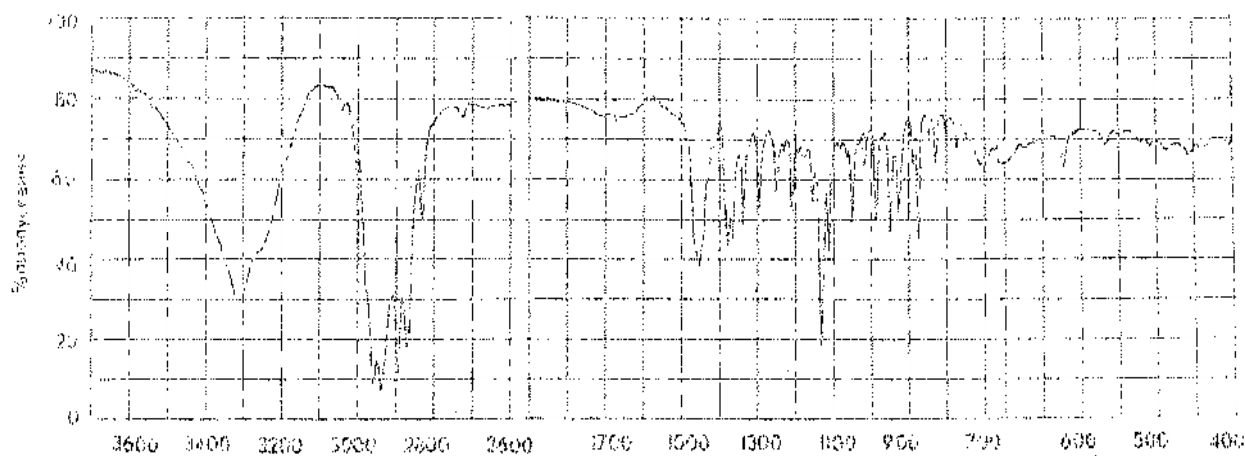
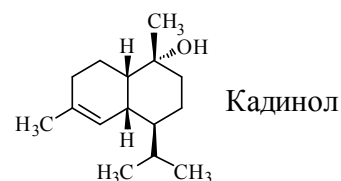
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре кариофиллена.



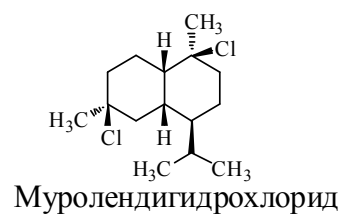
ИК-спектр – КВг.

### Задача 54

Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре δ-кадинола.



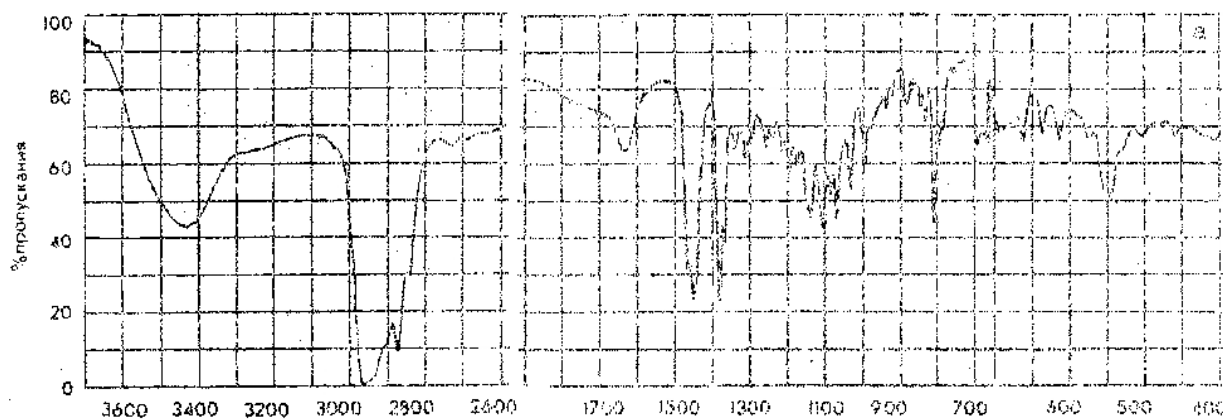
ИК-спектр – КВг.





### Задача 55

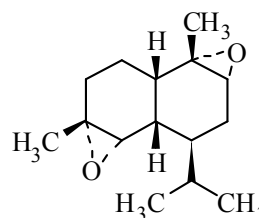
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре муролендигидрохлорида.



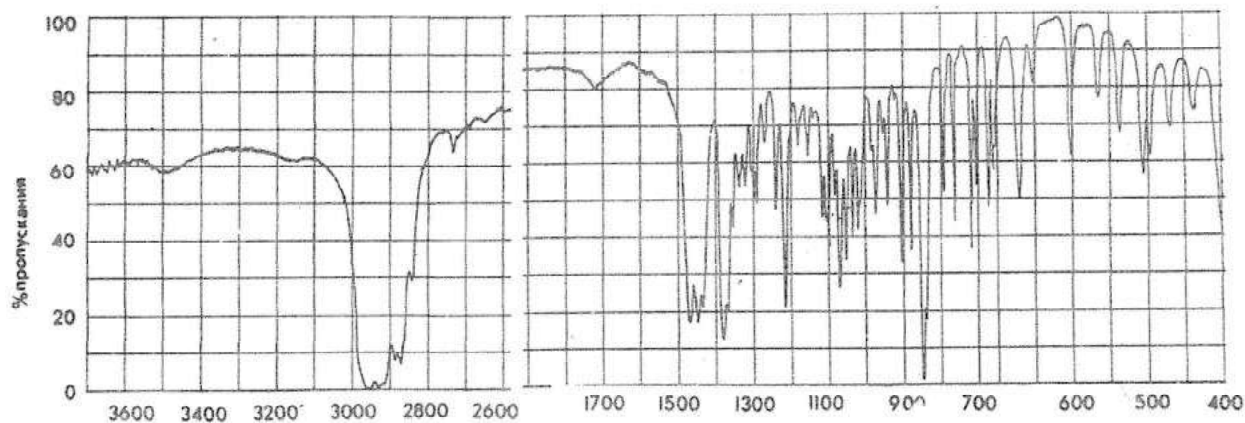
ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

### Задача 56

Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре α,α-диоксида α-муrolена.



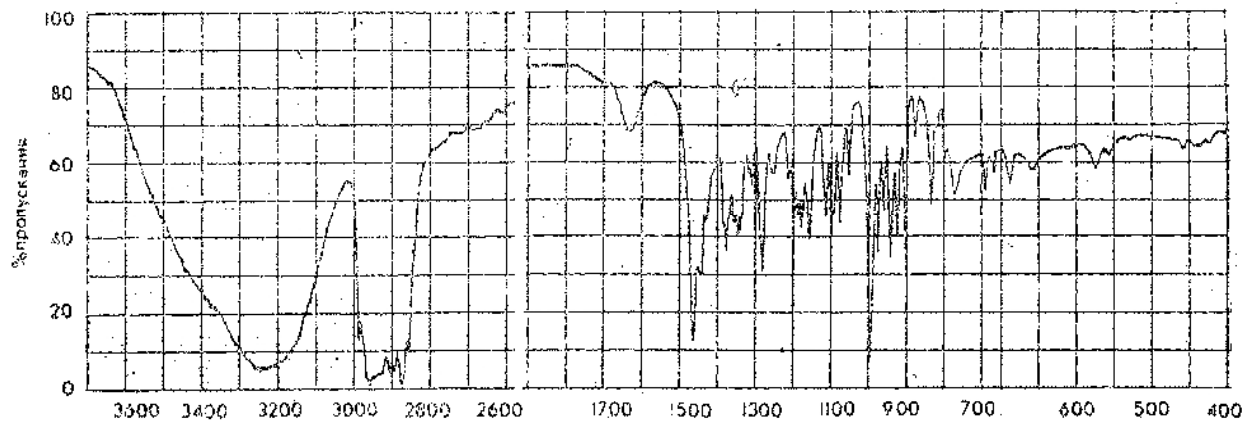
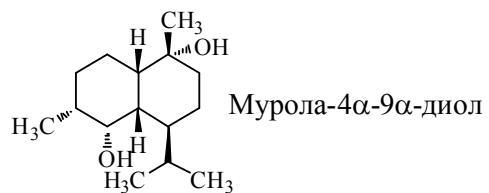
α,α-Диоксид α-муrolена



ИК-спектр – KBr.

### Задача 57

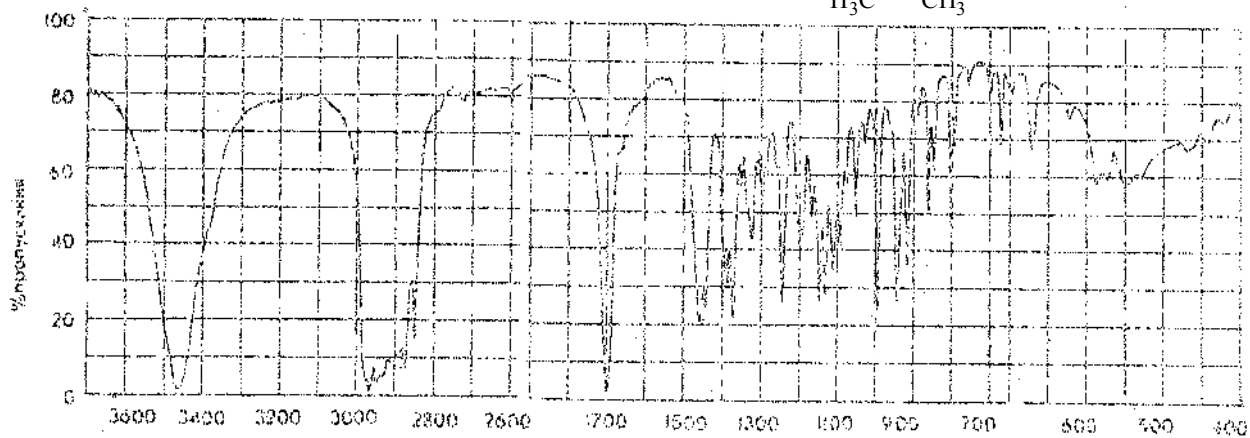
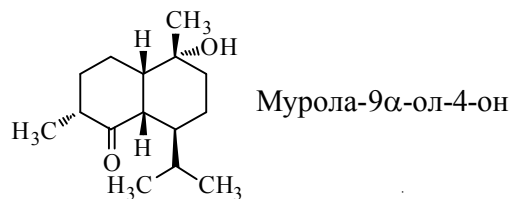
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре мурола-4 $\alpha$ -9 $\alpha$ -диола.



ИК-спектр – КВг.

### Задача 58

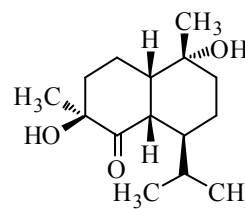
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре мурола-9 $\alpha$ -ол-4-она.



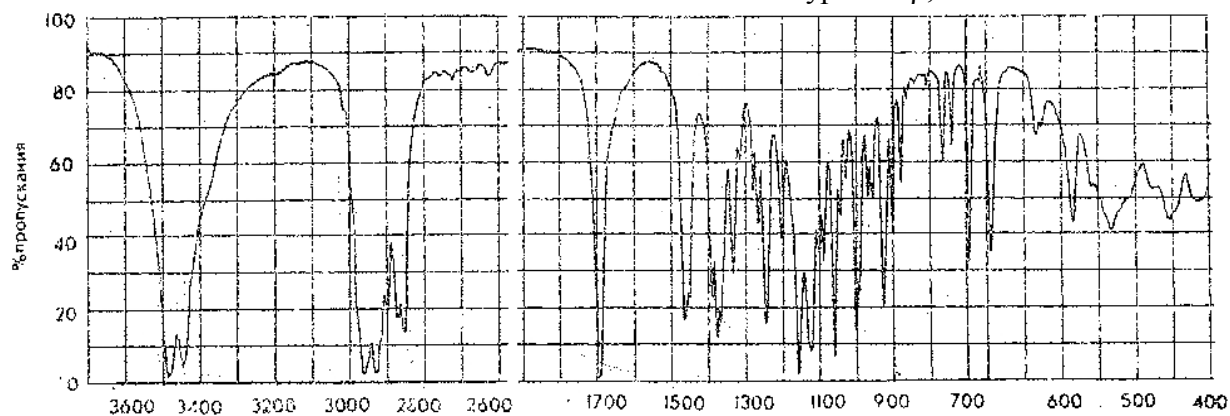
ИК-спектр – КВг.

### Задача 59

Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре муурола-3 $\beta$ ,9 $\alpha$ -ол-4-она.



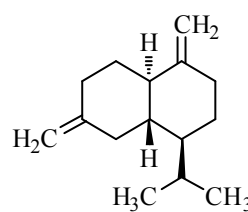
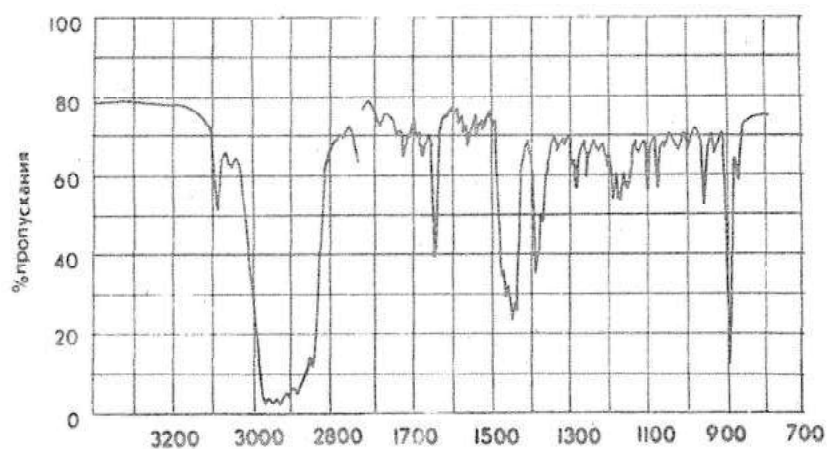
Муурола-3 $\beta$ ,9 $\alpha$ -ол-4-он



ИК-спектр – KBr.

### Задача 60

Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре  $\epsilon$ -кадинена.

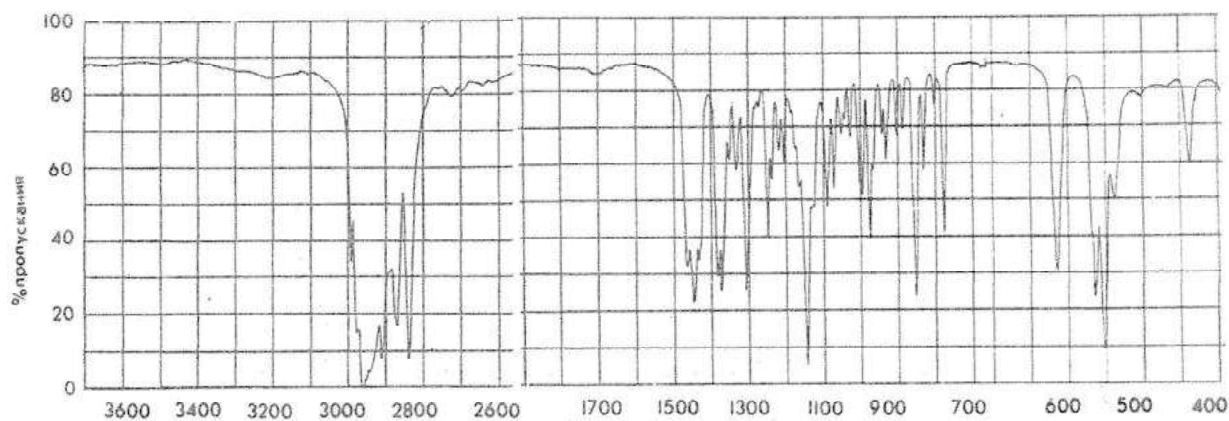
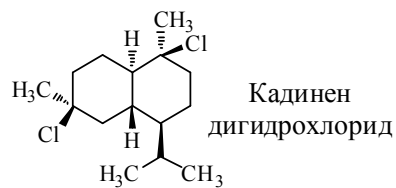


$\epsilon$ -Кадинен

ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

### Задача 61

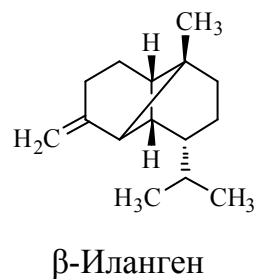
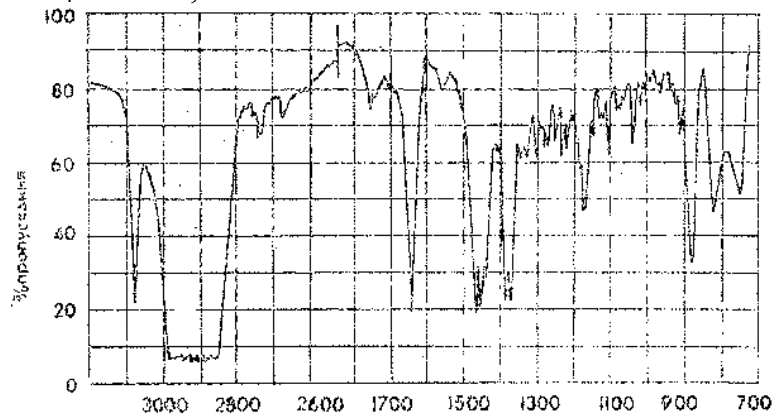
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре кадинена дигидрохлорида.



ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

### Задача 62

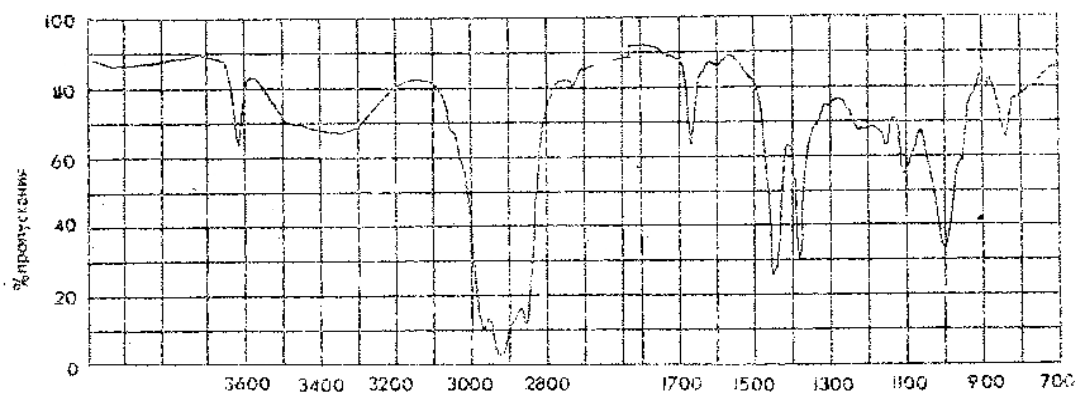
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре β-илангена. CCl<sub>4</sub>. c = 5%, d = 0.28.



ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

### Задача 63

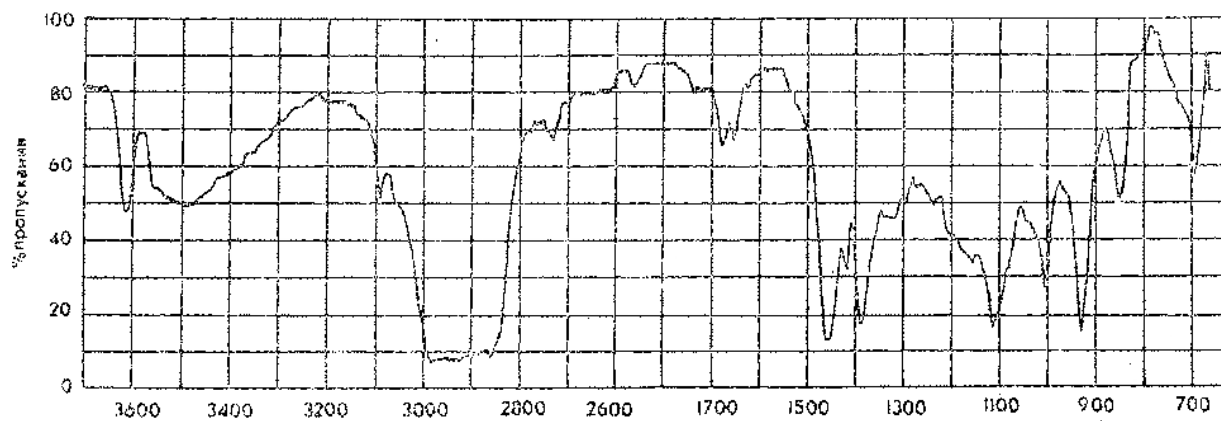
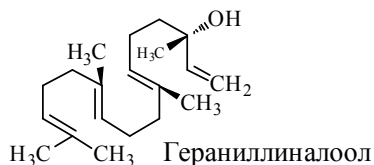
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре геранилгераниола.



ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

### Задача 64

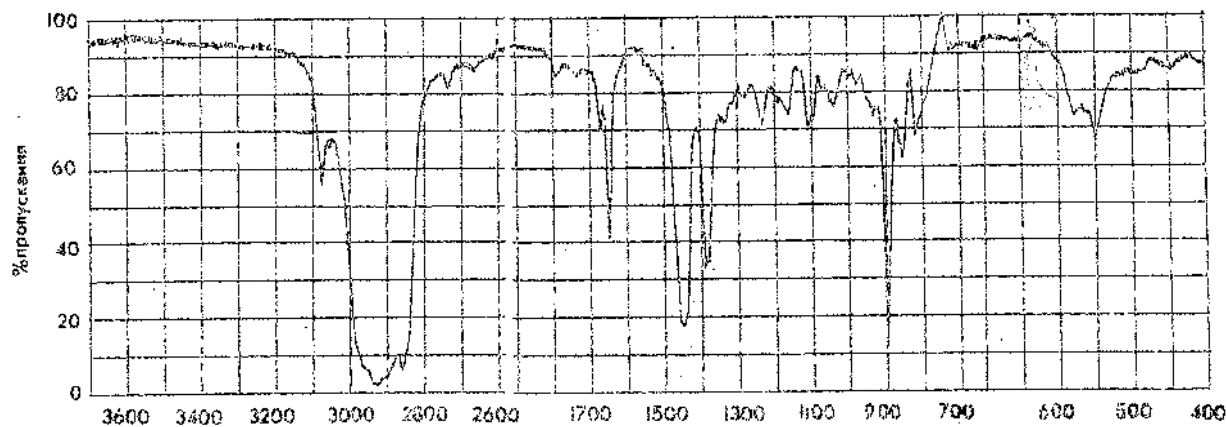
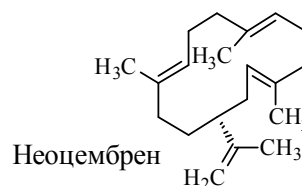
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре гераниллиналоола.



ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

### Задача 65

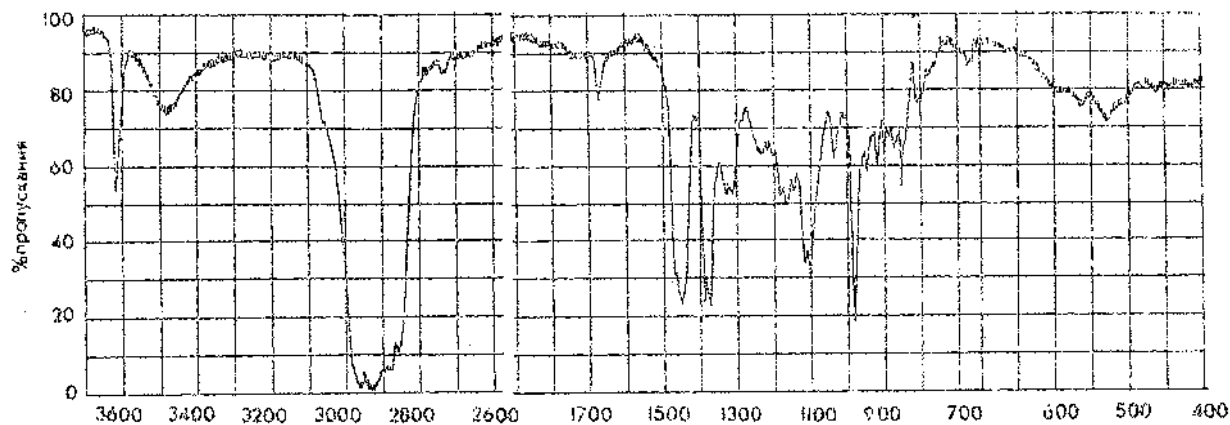
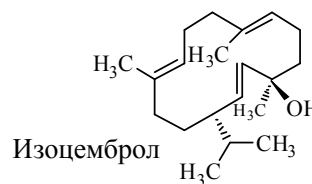
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре неоцеобрена.



ИК-спектр – KBr.

### Задача 66

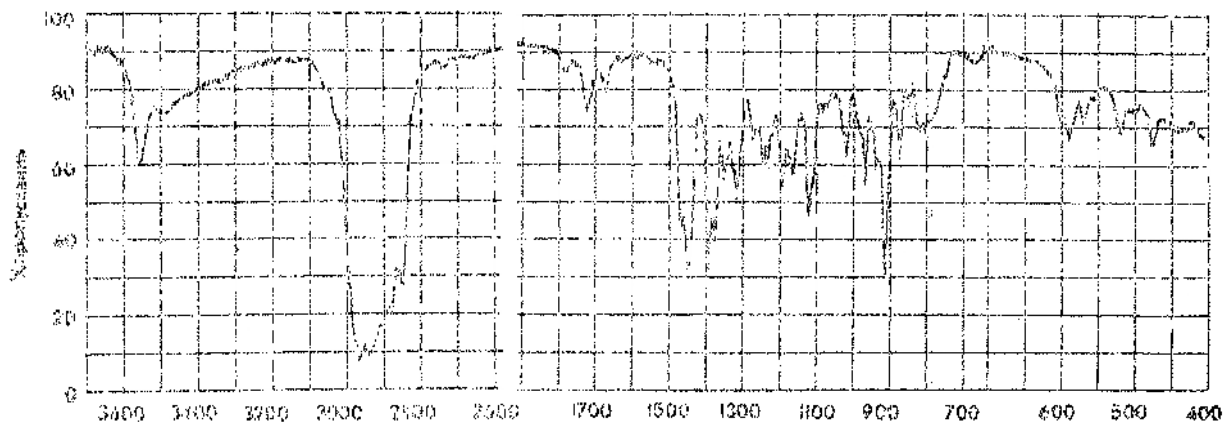
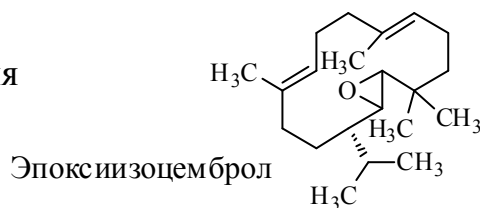
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре изоцеобрела.



ИК-спектр – CCl₄.

### Задача 67

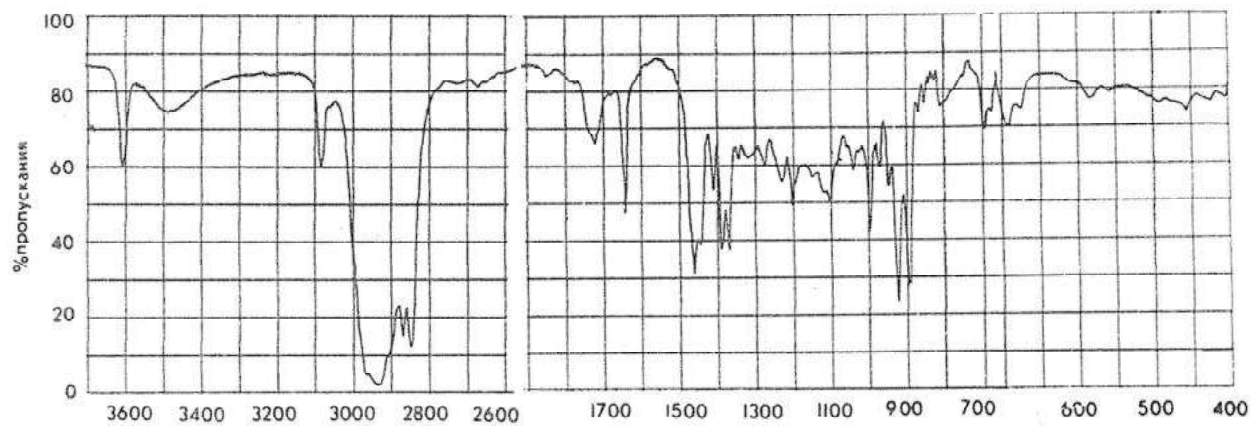
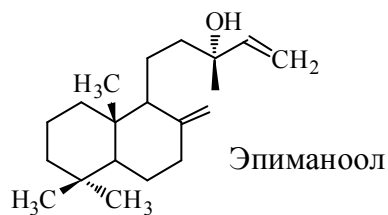
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре эпоксиизоцеброна.



ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

### Задача 68

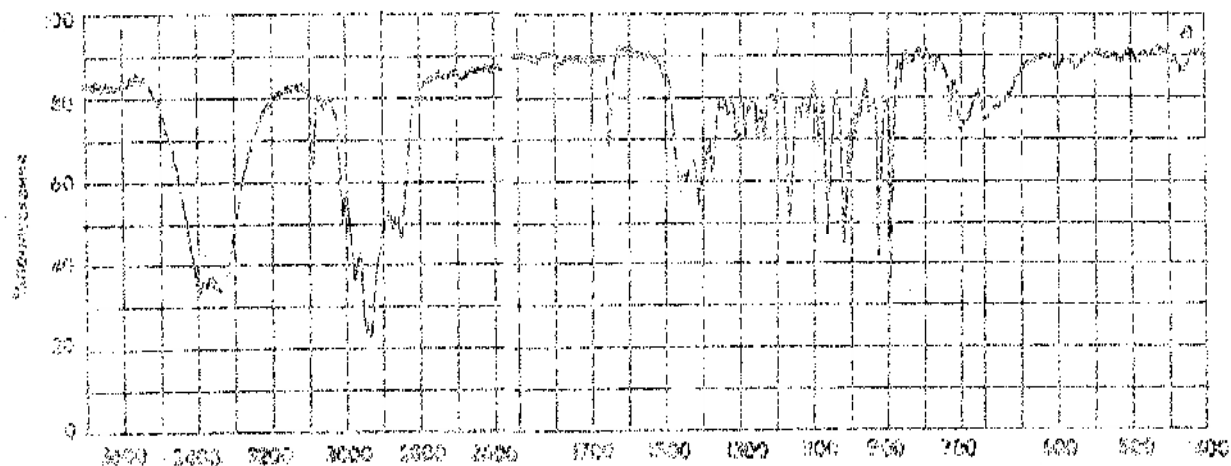
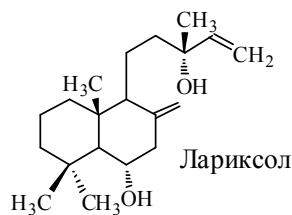
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре эпиманоола.



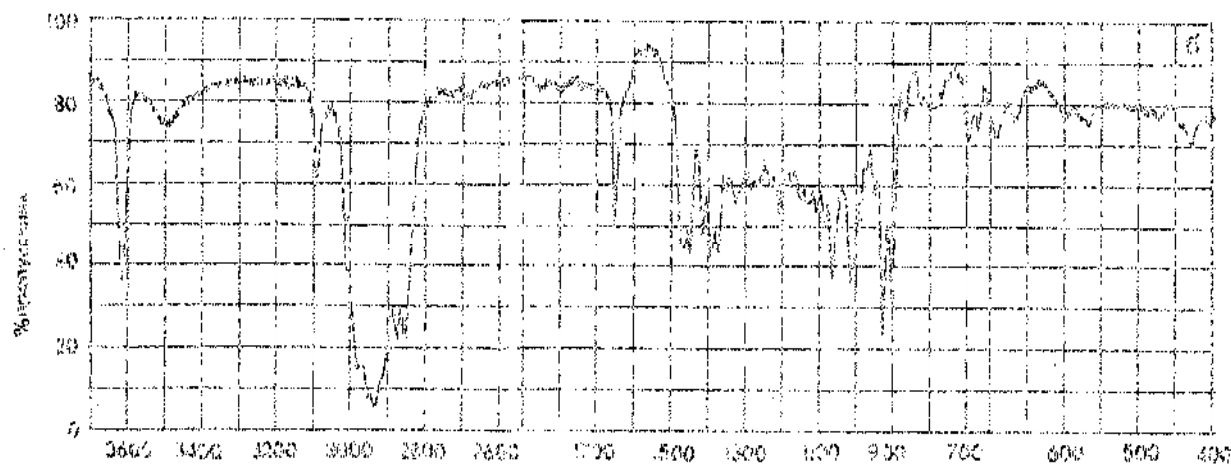
ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

### Задача 69

Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре лариксола.



ИК-спектр – KBr.

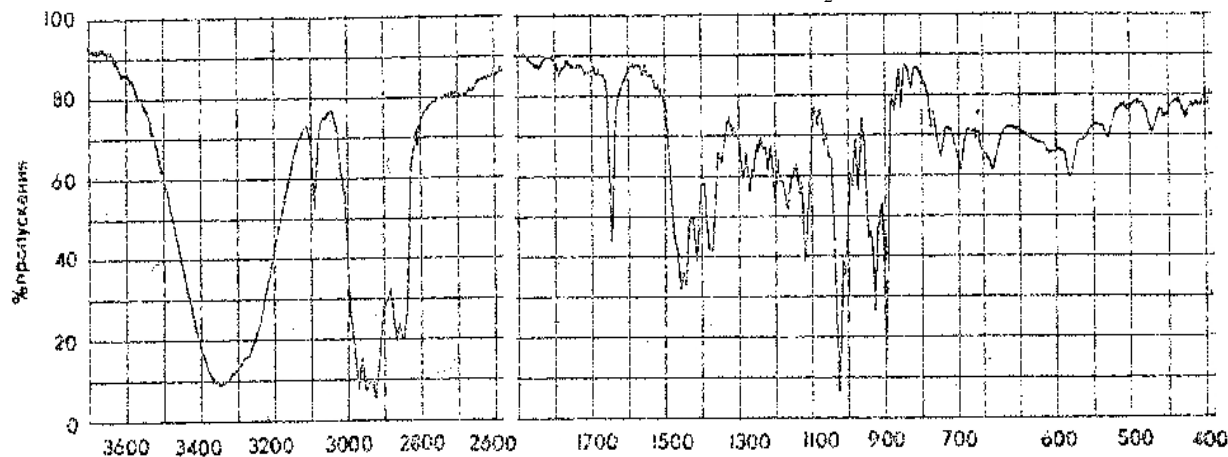
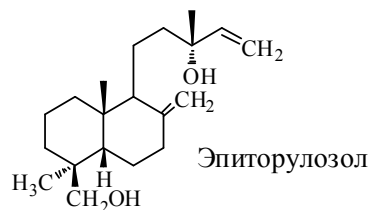


ИК-спектр – CCl₄.



### Задача 70

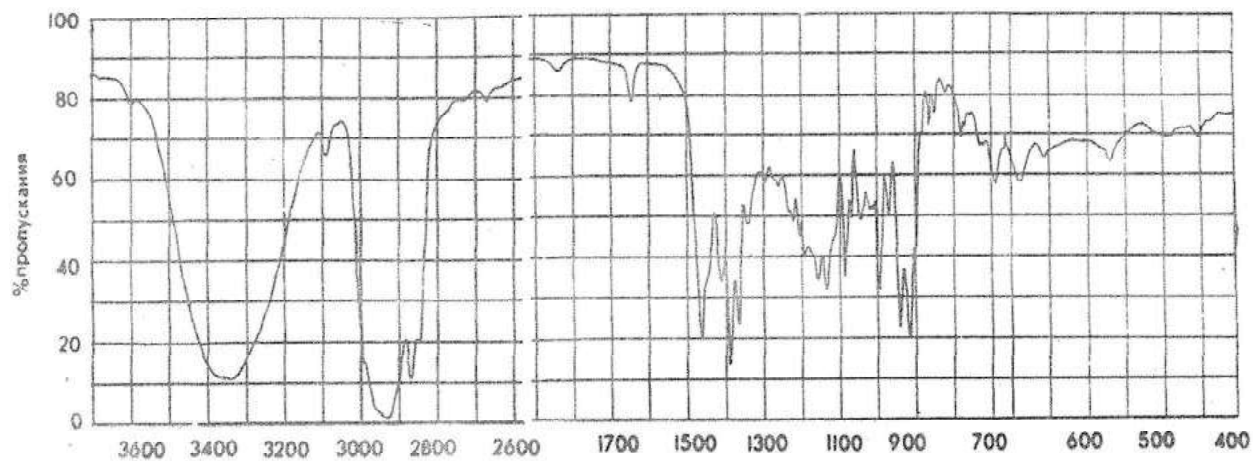
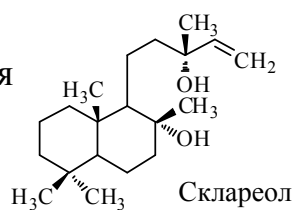
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре эпитурулозола.



ИК-спектр – КВг.

### Задача 71

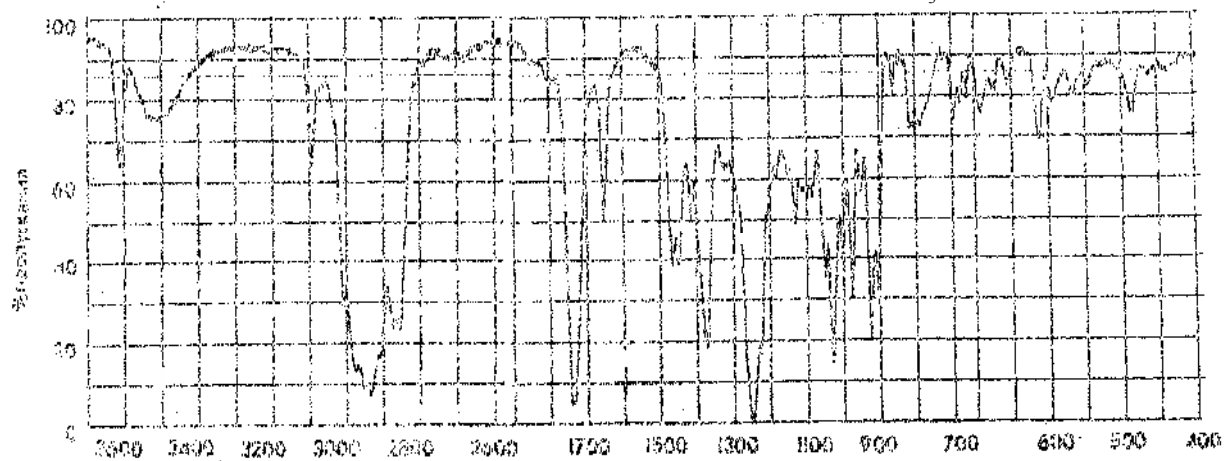
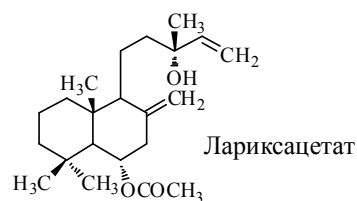
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре склареола.



ИК-спектр – КВг.

### Задача 72

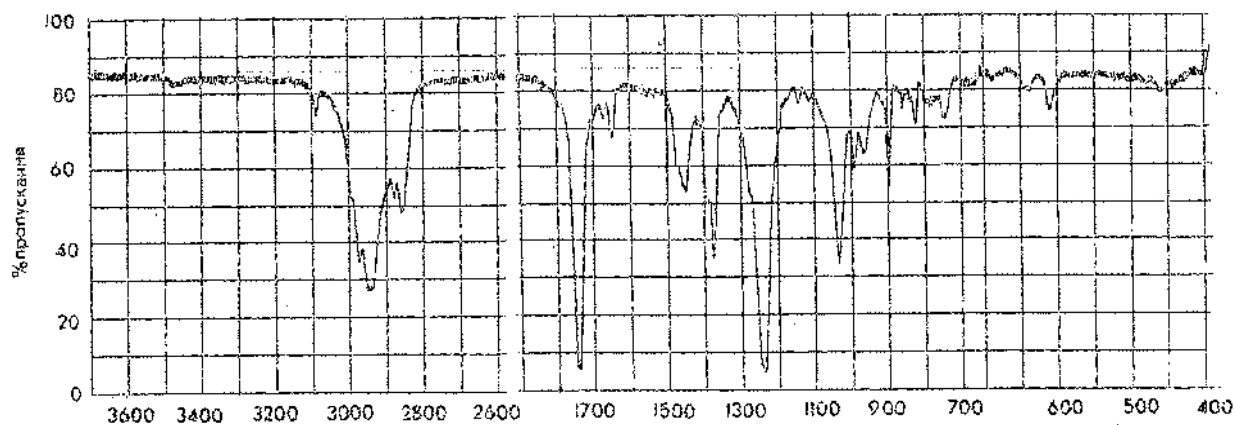
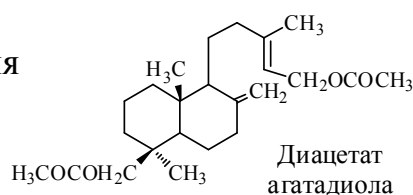
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре лариксацетата.



ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

### Задача 73

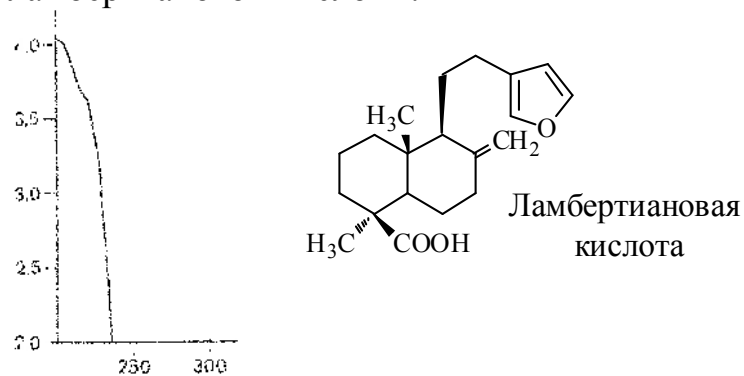
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре диацетата агатадиола.



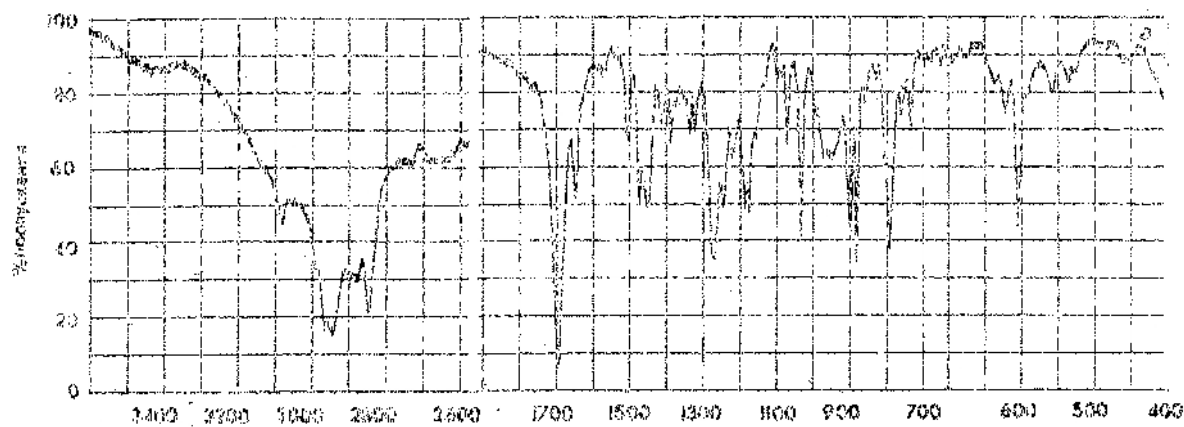
ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

### Задача 74

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах ламбертиановой кислоты.



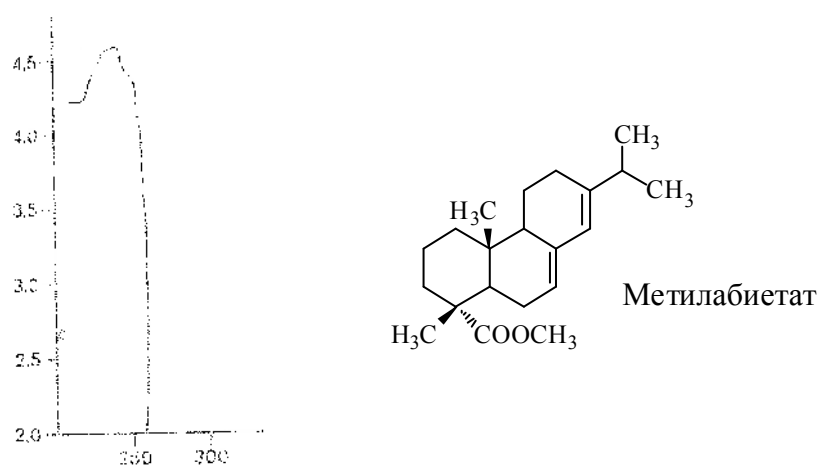
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 218 (3.66).



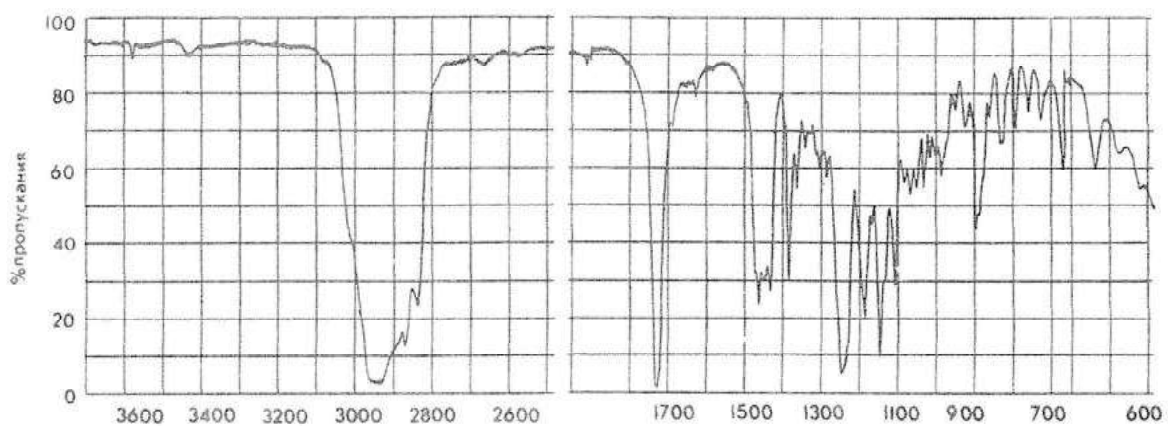
ИК-спектр – KBr.

### Задача 75

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах метилабиетата.



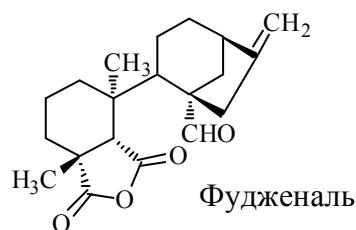
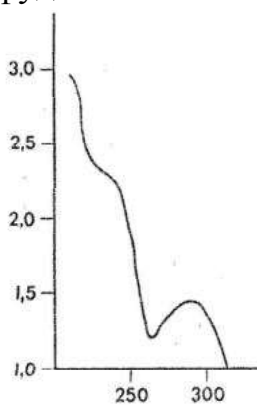
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 236 (4.57), 242 (4.59), 250 (4.41).



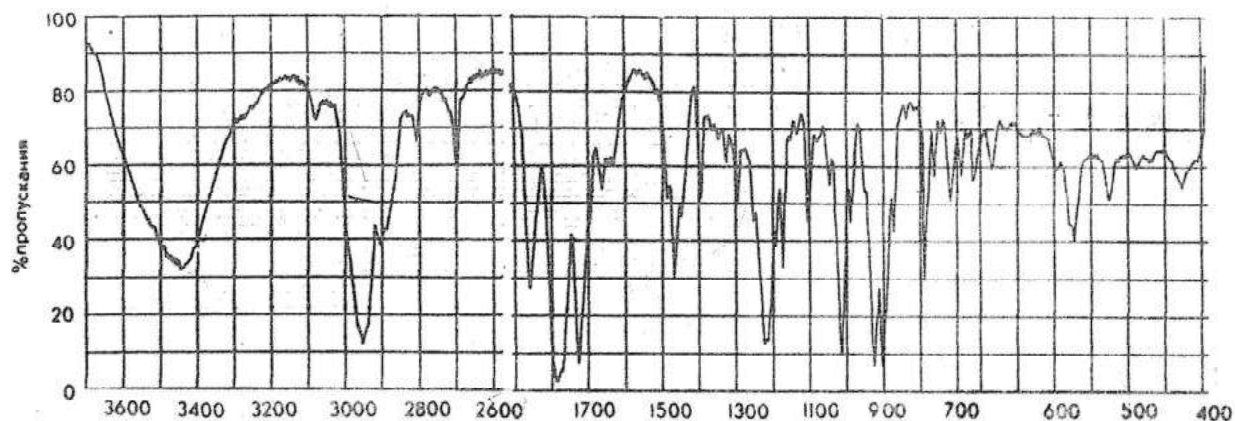
ИК-спектр – KBr.

### Задача 76

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах фудженалья.



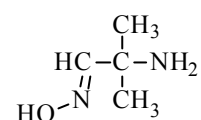
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 236 (2.30), 290 (1.44).



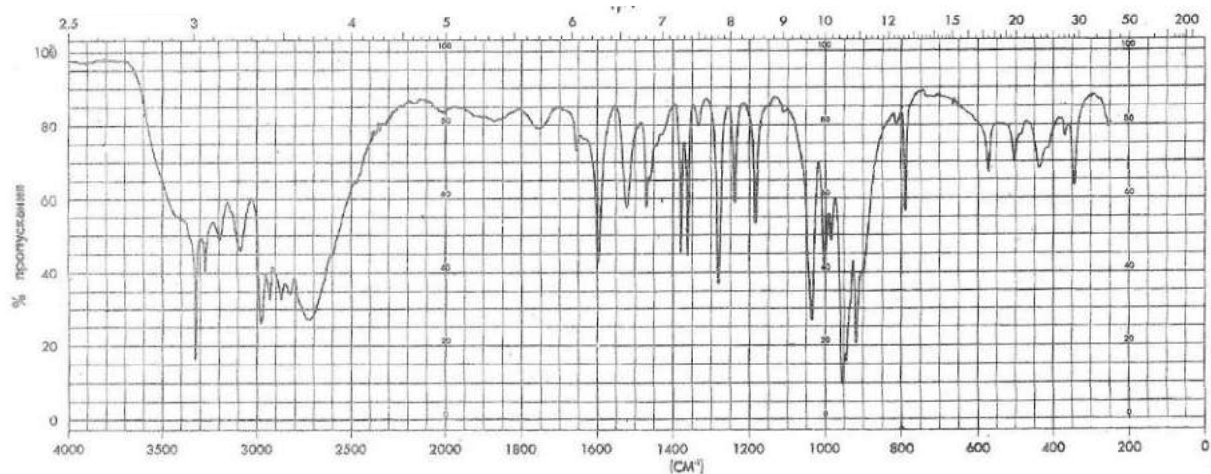
ИК-спектр – KBr.

### Задача 77

Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре 2-амино-1-оксимино-2-метилпропана.



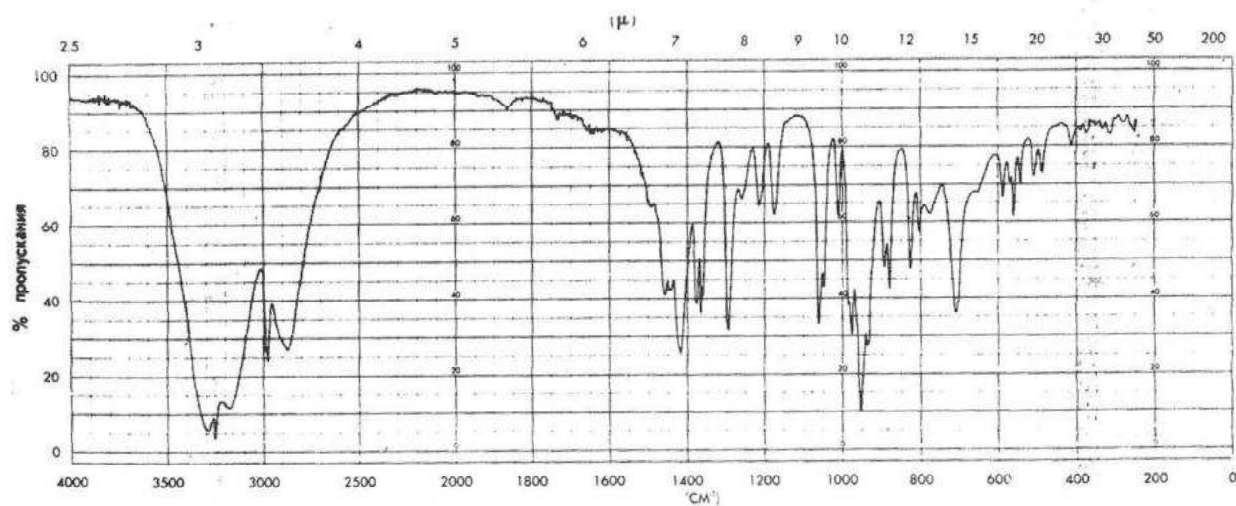
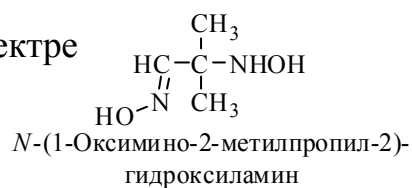
2-Амино-1-оксимино-2-метилпропан



ИК-спектр – KBr.

### Задача 78

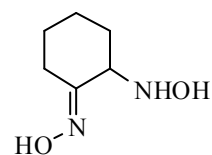
Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре N-(1-оксимино-2-метилпропил-2)гидроксиламина.



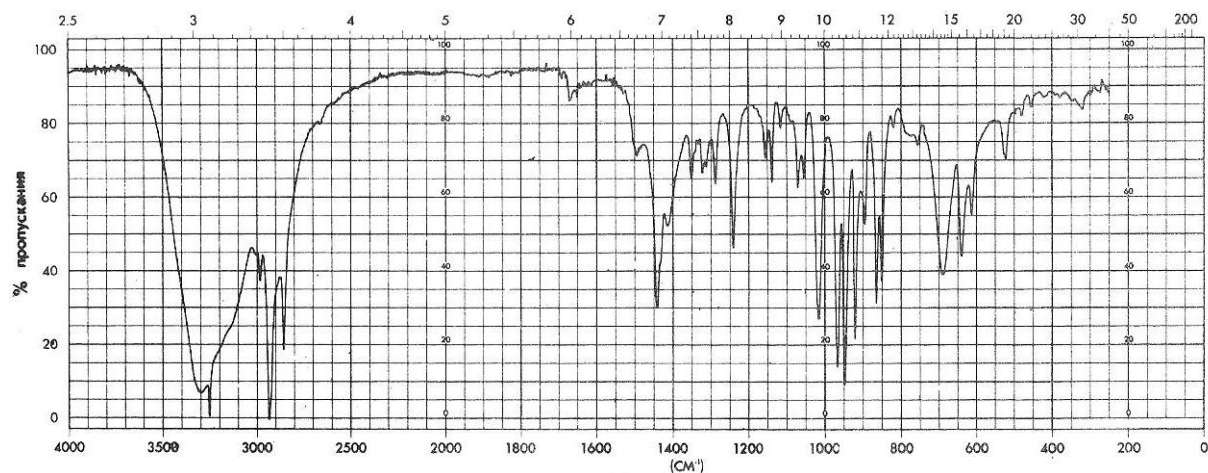
ИК-спектр – KBr.

### Задача 79

Проведите отнесение полос поглощения в ИК-спектре *N*-(1-оксиминоциклогексил-2)-гидроксиламина.



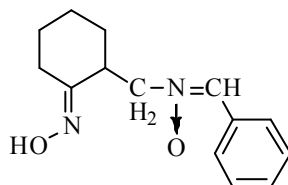
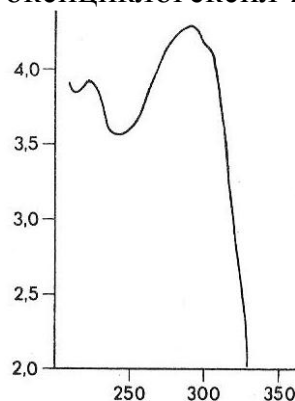
*N*-(1-Оксиминоциклогексил-2)гидроксиламин



ИК-спектр – KBr.

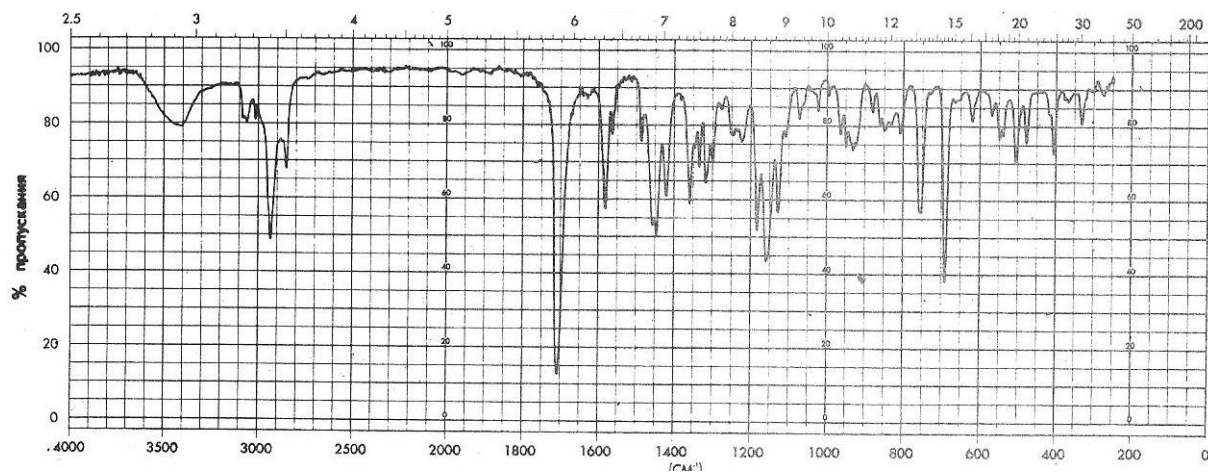
### Задача 80

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах *N*-[(1-оксициклогексил-2)-метил] $\alpha$ -фенилнитрона.



*N*-[(1-Оксициклогексил-2)-метил] $\alpha$ -фенилнитрон

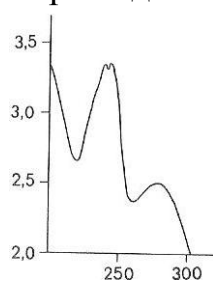
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 224 (3.93), 292 (4.30), 304 (4.14).



ИК-спектр – KBr.

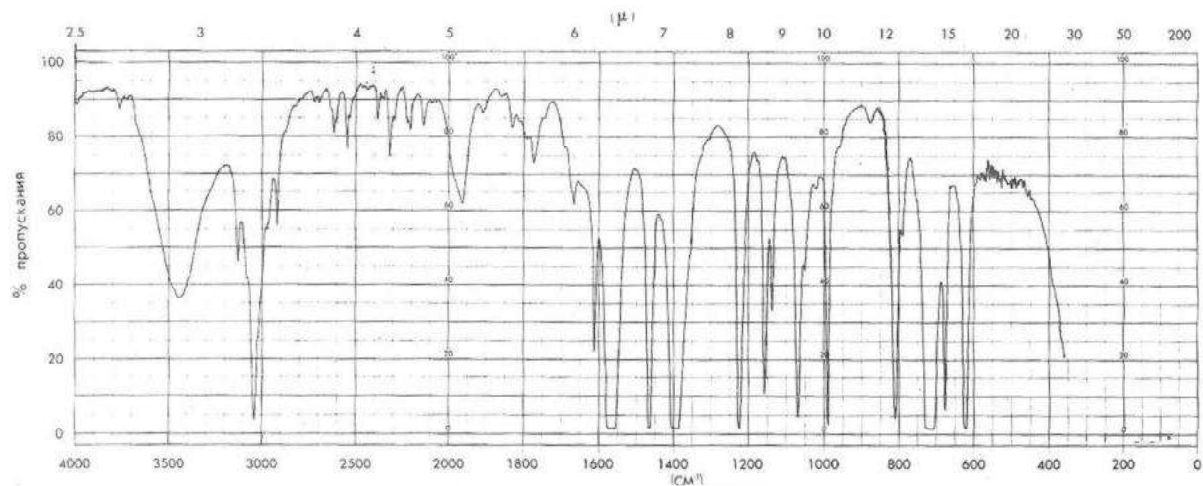
### Задача 81

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах пиридина.



Пиридин

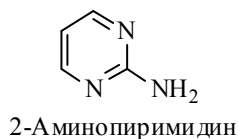
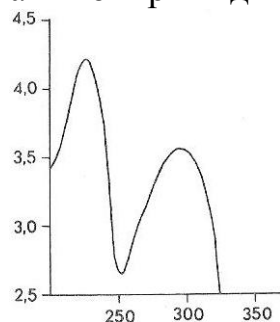
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 238 (3.35), 242 (3.36), 280 (2.51).



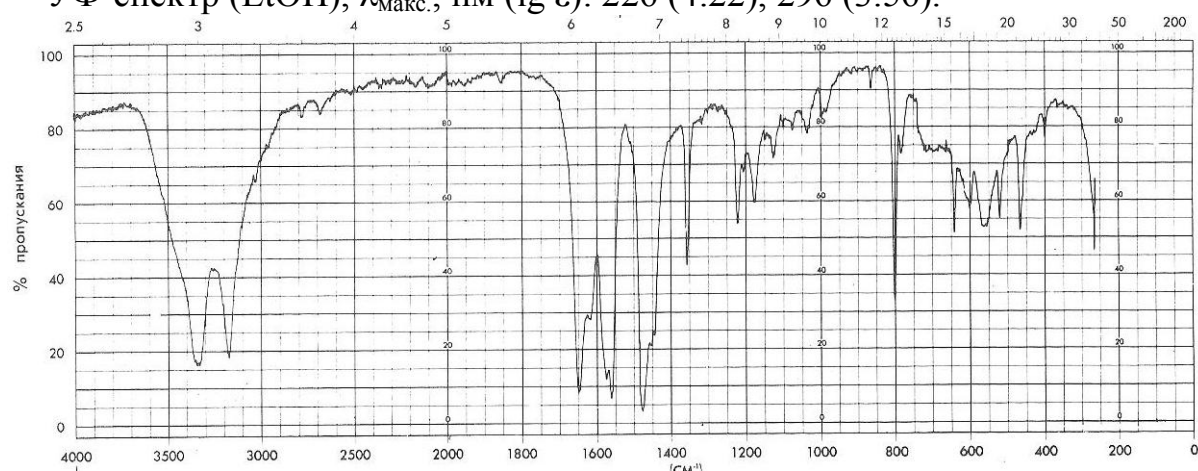
ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

### Задача 82

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 2-аминопиримидина.



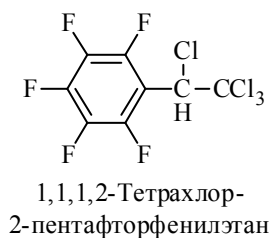
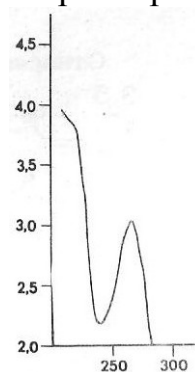
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 226 (4.22), 296 (3.56).



ИК-спектр – KBr.

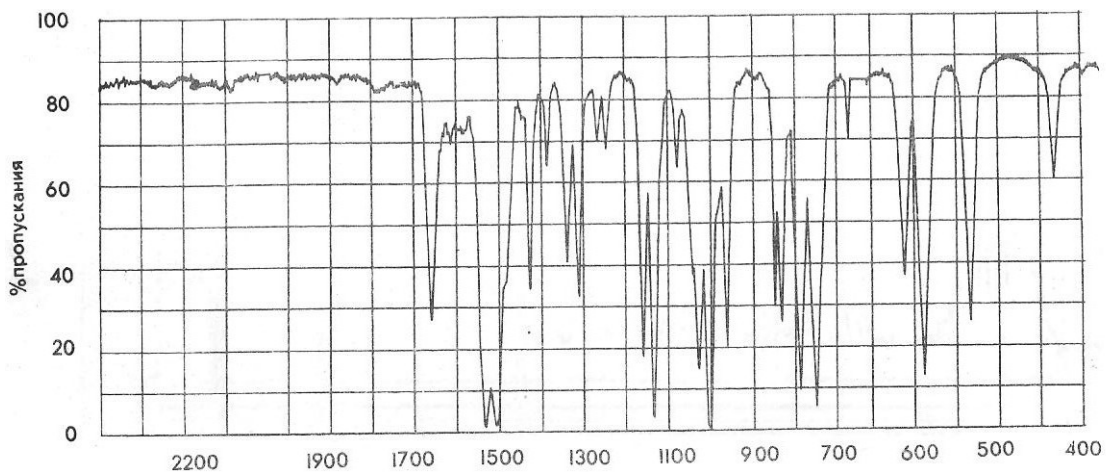
### Задача 83

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 1,1,1,2-тетрахлор-2-пентафторфенилэтана.



УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 226 (4.22), 296 (3.56).

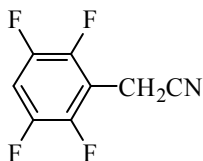
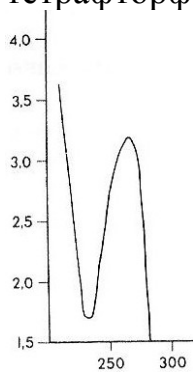




ИК-спектр –  $\text{CCl}_4$ .

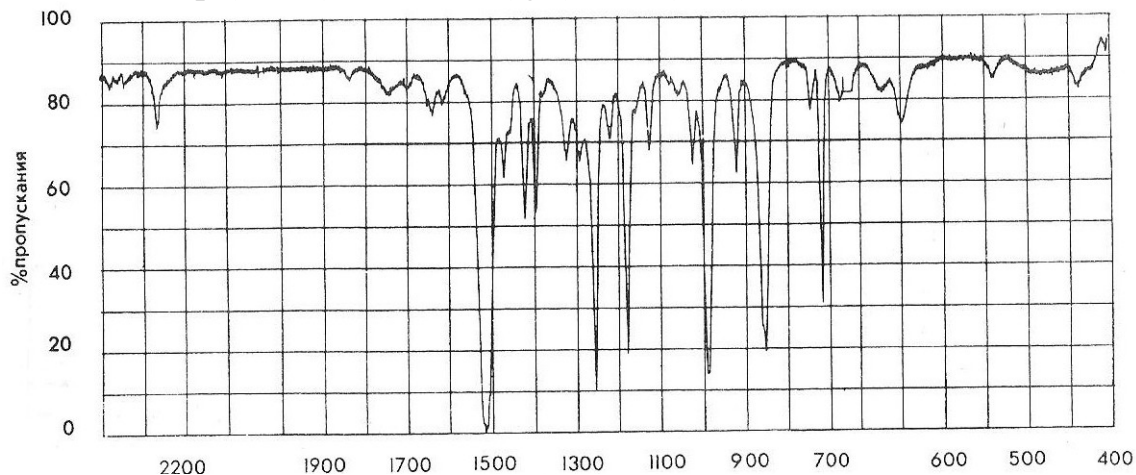
### Задача 84

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 2,3,5,6-тетрафторфенилацетонитрила.



2,3,5,6-Тetraфторфенилацетонитрил

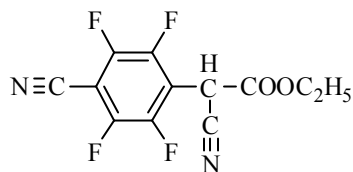
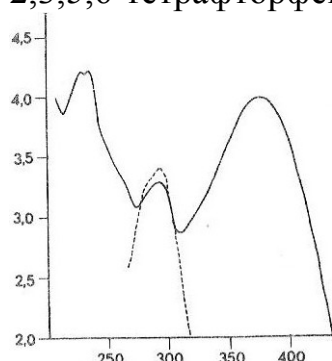
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 267 (3.20).



ИК-спектр –  $\text{CCl}_4$ .

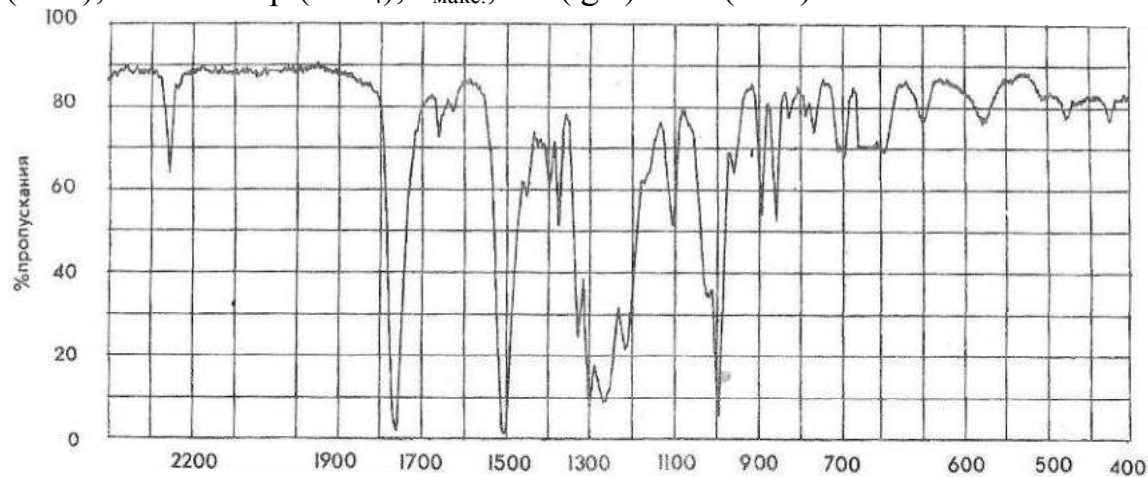
### Задача 85

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 4-циан-2,3,5,6-тетрафторфенилциануксусного эфира.



4-Циан-2,3,5,6-тетрафторфенилциануксусный эфир

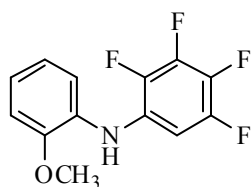
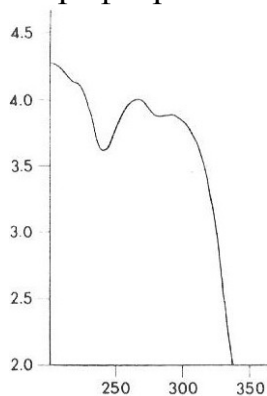
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 226 (4.21), 234 (4.22), 292 (3.28), 376 (3.98); УФ-спектр (CCl<sub>4</sub>),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 294 (3.40).



ИК-спектр – CCl<sub>4</sub>.

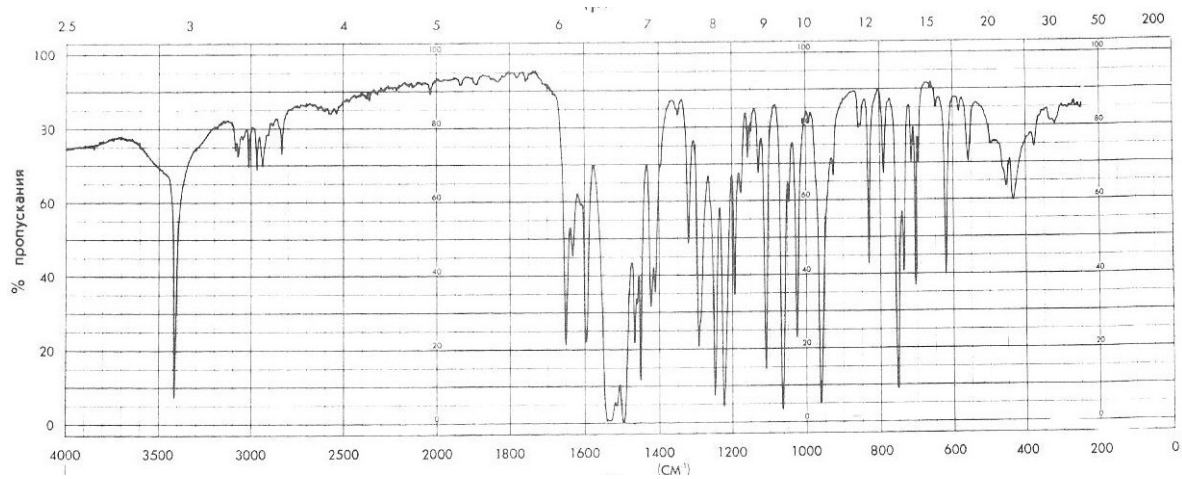
### Задача 86

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 2,3,4,5-тетрафтор-2'-метоксидифениламина.



2,3,4,5-Тetraфтор-2'-метоксидифениламин

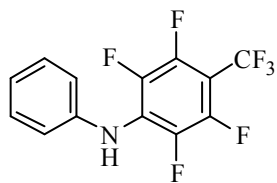
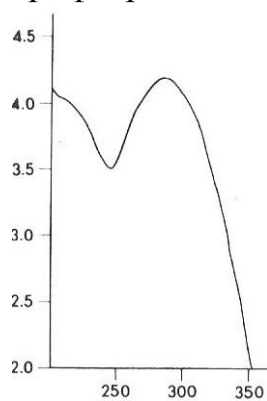
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 220 (4.15), 266 (4.02), 290 (3.90).



ИК-спектр – KBr.

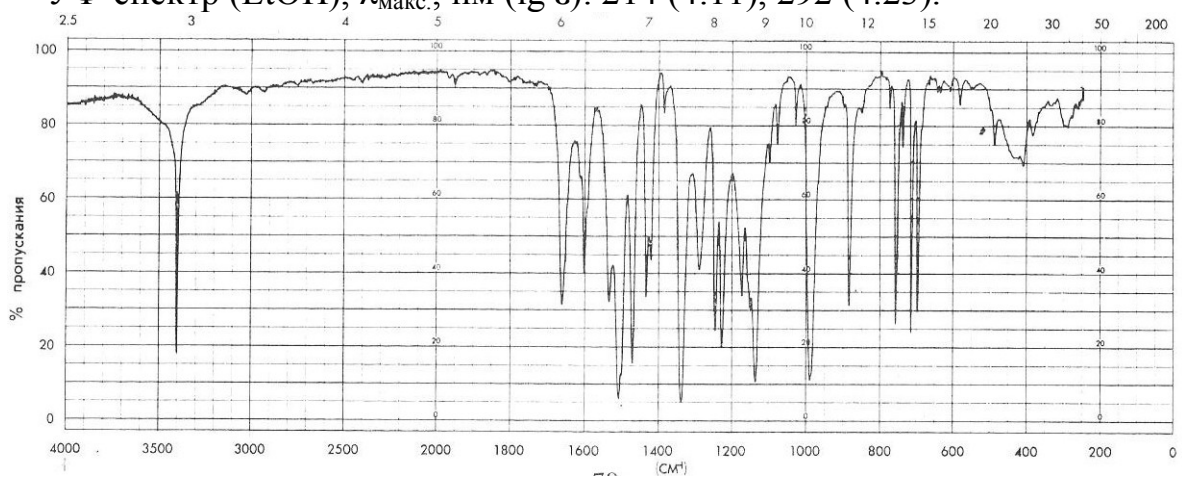
### Задача 87

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 4-трифторметил-2,3,5,6-тетрафтордифениламина.



4-Трифторметил-  
2,3,5,6-тетрафтордифениламин

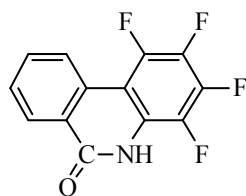
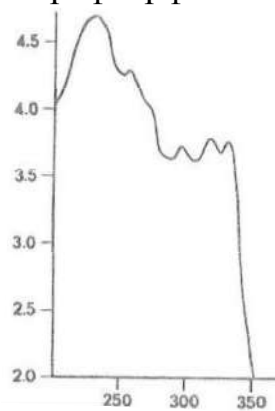
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 214 (4.11), 292 (4.23).



ИК-спектр – KBr.

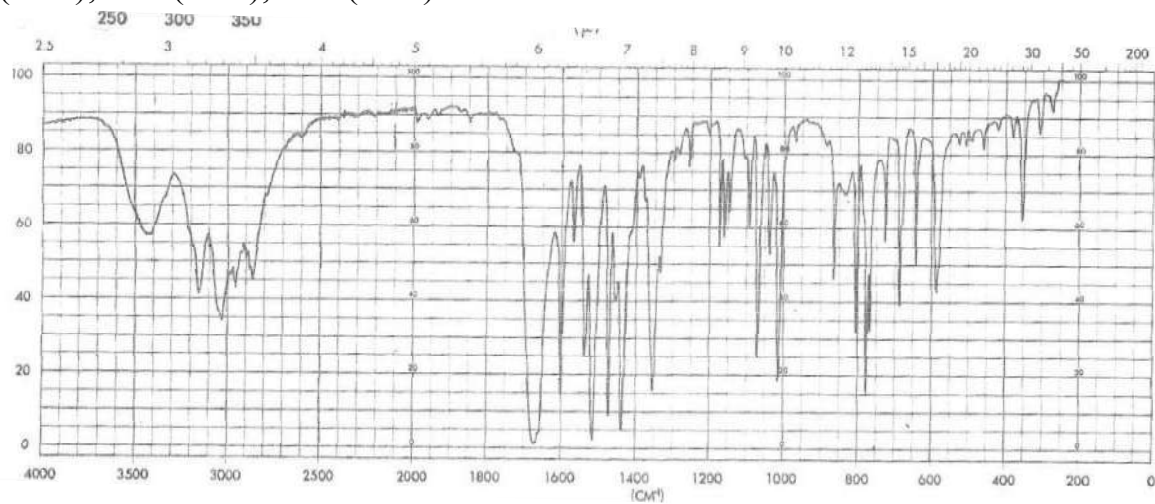
### Задача 88

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 1,2,3,4-тетрафторфенантридона.



1,2,3,4-Тetraфторфенантридон

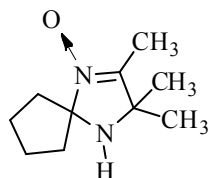
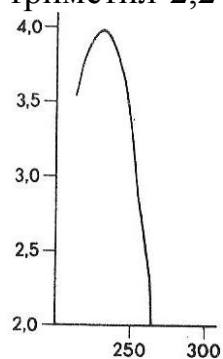
УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 230 (4.73), 256 (4.33), 270 (4.06), 294 (3.77), 316 (3.83), 330 (3.81).



ИК-спектр – KBr.

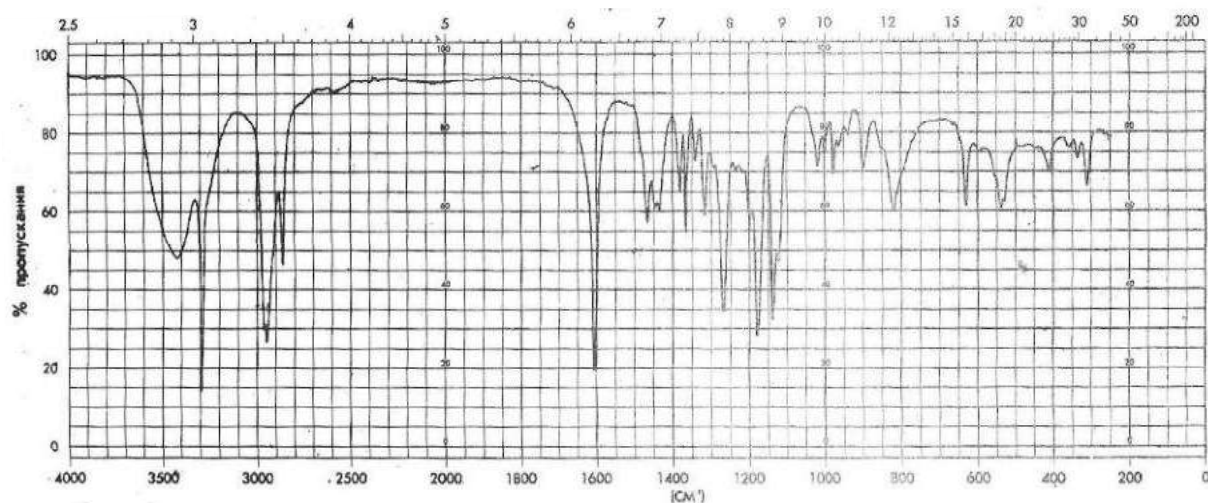
### Задача 89

Проведите отнесение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах 4,5,5-триметил-2,2-тетраметилен-3-имидазолин-3-оксида.



4,5,5-Триметил-2,2-тетраметилен-3-имидазолин-3-оксид

УФ-спектр (EtOH),  $\lambda_{\text{макс.}}$ , нм ( $\lg \epsilon$ ): 230 (4.73).



ИК-спектр – KBr.

## 6. Библиографический список.

1. *Беккер, Ю.* Спектроскопия / Ю. Беккер. – М.: Техносфера, 2009.
2. *Пентин, Ю.А.* Основы молекулярной спектроскопии / Ю.А. Пентин, Г.М. Курамшина. – М.: Мир, 2008.
3. *Шмидт, В.* Оптическая спектроскопия для химиков и биологов / В. Шмидт. – М.: Техносфера, 2007.
4. *Преч, Э.* Определение строения органических соединений / Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Афвольтер. – М.: Мир, 2006.
5. *Пентин, Ю.А.* Физические методы исследования в химии / Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков. – М.: Мир, 2003.
6. *Браун, Д.* Спектроскопия органических веществ / Д. Браун, А. Флорд, М. Сайнзбери. – М.: Мир, 1992.
7. *Бахшиев, Н.Г.* Введение в молекулярную спектроскопию / Н.Г. Бахшиев. – Л.: Химия, 1987.
8. *Иоффе, Б.В.* Физические методы определения строения органических соединений / Б.В. Иоффе, Р.Р. Костиков, В.В. Разин. – М.: Высшая школа, 1984.
9. *Смит, А.* Прикладная ИК-спектроскопия / А. Смит. – М.: Мир, 1982.
10. *Драго, Р.* Физические методы в химии: В 2-х т. / Р. Драго. – М.: Мир, 1981.
11. *Сильверстейн, Р.* Спектрометрическая идентификация органических соединений / Р. Сильверстейн, Г. Басслер, Т. Морил. – М.: Мир, 1977.
12. *Беллами, Л.* Новые данные по ИК-спектрам сложных молекул / Л. Беллами. – М.: Мир, 1971.
13. *Бранд, Дж.* Применение спектроскопии в органической химии / Дж. Бранд, Г. Эглинтон. – М.: Мир, 1967.
14. *Наканиси, К.* Инфракрасные спектры и строение органических соединений / К. Наканиси. – М.: Мир, 1965.
15. *Беллами, Л.* ИК-спектры сложных молекул / Л. Беллами. – М.: Мир, 1963.