Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Химический факультет
Кафедра биохимии и органической химии

УТВЕРЖДАЮ
проректор
_____ П.А. Машаров
«29» марта 2024 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ»

Укрупненная группа направлений подготовки	04.00.00 Химия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	04.03.01 Химия
Профиль подготовки	Общий
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная, очно-заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины **«Физические методы исследования»** для обучающихся по направлению подготовки 04.03.01 Химия, составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 04.03.01 Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 июля 2017 г. № 671 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:
к.х.н., доц. кафедры биохимии
и органической химии С.Г. Бахтин

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры биохимии и органической химии.
Протокол от 26.03.2024 г. № 9

Заведующий кафедрой О.В. Баранова

СОГЛАСОВАНО:

Декан химического факультета С.Г. Бахтин
28.03.2024 г.

Учебно-методическая комиссия химического факультета
Протокол от 27.03.2024 г. № 2
Председатель Р.И. Лыга

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы,
д-р хим. наук, проф. В.М. Михальчук
28.03.2024 г.

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

базовая подготовка по химии в объёме программы средней школы;

дисциплины программы бакалавриата: Физика, Органическая химия, Аналитическая химия, Физическая химия.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Производственная практика: преддипломная, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	04.03.01 Химия
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.5 Физические методы исследования веществ
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	3 / 108

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	Форма контроля
Очная	4	8	24	24		60	108	зачет
Очно-заочная	5	9	7	7		94	108	зачет

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Сформировать у студентов навыки и умения расшифровки спектров (УФ, ИК, ЯМР, масс-) и установления структуры органических соединений.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-5. Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим	ПК-5. И-1. Владеет навыками поиска необходимой информации в профессиональных базах данных (в т.ч., патентных),	Знает: основы методов ультрафиолетовой, инфракрасной спектроскопии, спектроскопии ядерного магнитного резонанса (на ядрах ^{1}H и ^{13}C) и масс-спектрометрии; Умеет: проводить структурный анализ органических соединений по данным УФ, ИК, ЯМР и масс-спектрометрии; осуществлять

научно-конструкторские работы и технологические испытания	составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме	поиск необходимой спектральной информации в литературе; Владеет: навыками работы и основными практическими приемами расшифровки спектров органических соединений и установления их структуры.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
1. Введение. Общая характеристика физических методов исследования. Методы определения молекулярной формулы и информация, получаемая из нее. Масс-спектрометрия	1.1. Возникновение и развитие физических методов исследования строения органических соединений. 1.2. Спектроскопические методы. Комплексное использование спектроскопических методов в целях идентификации веществ и установления их химического строения. 1.3. Молекулярная формула, методы ее определения. Формальная непредельность. 1.4. Масс-спектрометрия. Физические основы метода: принцип работы масс-спектрометра, образование масс-спектра, основное уравнение масс-спектрометрии, типы регистрируемых ионов (молекулярные, осколочные, метастабильные, многозарядные). 1.5. Определение молекулярной брутто-формулы по масс-спектру: метод точного измерения масс молекулярных ионов, метод измерения интенсивностей пиков ионов, изотопных молекулярному иону. 1.6. Масс-спектрометрические правила: азотное, «четно-электронное», затрудненный разрыв связей, прилежащих к ненасыщенным системам. 1.7. Основные типы реакций распада органических соединений под электронным ударом. Установление строения органических соединений: метод функциональных групп, метод характеристических значений m/z. 1.8. Основные направления фрагментации органических соединений под электронным ударом (углеводородов и их галогенпроизводных, спиртов, фенолов, простых эфиров, альдегидов, кетонов, аминов, карбоновых кислот и их производных). 1.9. Понятие о методе химической ионизации и хроматомасс-спектрометрии. 1.10. Примеры структурного анализа органических соединений по масс-спектру низкого разрешения.

2. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса	2.1. Физические основы метода: магнитные свойства ядер, основное уравнение ядерного магнитного резонанса. 2.2. Принцип работы ЯМР спектрометра. 2.3. Анализ спектров ядерного магнитного резонанса ядер со спиновым квантовым числом I=1/2. 2.4. Химическая и магнитная эквивалентность ядер, номенклатура ядерных систем Попла: A_2, AX, AB, AX_2 и AB_2 системы, спектры первого и второго порядка, основные правила анализа спектров первого порядка, расшифровка простейших спектров второго порядка, приемы упрощения сложных спектров. 2.5. Спектроскопия протонного магнитного резонанса: шкала химических сдвигов протонов, их характеристичность, закономерности в изменении значений химических сдвигов; константы спин-спинового взаимодействия J_{HH}. 2.6. Спектроскопия углеродного магнитного резонанса: шкала химических сдвигов ядер ^{13}C, их характеристичность, закономерности в изменении значений химических сдвигов, константы спин-спинового взаимодействия J_{C-H}, полное и частичное подавление спин-спинового взаимодействия ядер ^{13}C и протонов. 2.7. Ядерный эффект Оверхаузера. 2.8. Понятие о спектроскопии ядерного магнитного резонанса динамических систем (обменные процессы). 2.9. Двумерная спектроскопия ЯМР. 2.10. Примеры структурного анализа органических соединений по спектрам ПМР и ЯМР ^{13}C.
3. Методы оптической спектроскопии. Электронная УФ спектроскопия. Колебательная ИК-спектроскопия	3.1. УФ-спектроскопия. Физические основы метода: электронные состояния молекул, классификация электронных переходов в молекулах, правила отбора. 3.2. Взаимосвязь электронных спектров и структуры органических молекул: хромофоры и ауксохромы, сопряжение хромофоров, неспецифическое и специфическое влияние растворителей, батохромный и гипсохромный сдвиги, гипохромный и гиперхромный эффекты, классификация полос поглощения в электронных спектрах. 3.3. Избирательное поглощение важнейших ауксохромных и хромофорных групп: насыщенные гетероатомные ауксохромы, карбонильный хромофор, диеновый хромофор, еноновый хромофор, бензольный хромофор,

	правила Вудворда-Физера. 3.4. Принцип работы УФ спектрофотометра. Условия измерения УФ спектров. 3.5. Примеры структурного анализа ненасыщенных органических соединений по спектру поглощения в ближней области УФ спектра. 3.6. ИК-спектроскопия. Физические основы метода: частота и интенсивность поглощения в колебательных спектрах двухатомных молекул, основные колебания многоатомных молекул. 3.7. Взаимосвязь инфракрасных спектров и структуры органических молекул: валентные и деформационные колебания, характеристичность колебаний и ее физические причины. 3.8. Характеристическое поглощение важнейших структурных фрагментов и функциональных групп органических соединений: C–C, C=C, C≡C, $C_{аром}$–$C_{аром}$, C_{sp3}–H, C_{sp2}–H, C_{sp}–H, C–O, C–N, O–H, N–H, S–H, C=O, CHO, COOH, COOR, COHal, NO_2, C≡N. 3.9. Структурные области ИК спектра. Принципы отнесения полос поглощения. Последовательность проведения структурного анализа. 3.10. Количественная ИК спектроскопия. 3.11. Принцип работы ИК спектрофотометра. Условия измерения ИК спектров. 3.12. Примеры структурного анализа органических соединений по ИК спектру (область 4000 – 650 $см^{-1}$).
4. Комплексное применение физических методов исследования	4.1. Особенности структурного анализа органических соединений при совместном использовании спектральных методов. 4.2. Алгоритм структурного анализа. 4.3. Примеры решения задач структурного анализа, имеющих различную степень сложности.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 5, семестр – 9

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
1. Введение. Общая характеристика физических методов исследования. Методы определения молекулярной формулы и информация, получаемая из нее. Масс-спектрометрия	2	6		15	23

2. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса	12	6		15	33
3. Методы оптической спектроскопии. Электронная УФ спектроскопия. Колебательная ИК-спектроскопия	8	6		15	29
4. Комплексное применение физических методов исследования	2	6		15	23
ИТОГО ЗА КУРС	24	24		60	108

6.2. Форма обучения – очно-заочная, курс – 5, семестр – 9

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
1. Введение. Общая характеристика физических методов исследования. Методы определения молекулярной формулы и информация, получаемая из нее. Масс-спектрометрия	1	1		14	16
2. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса	3	3		40	46
3. Методы оптической спектроскопии. Электронная УФ спектроскопия. Колебательная ИК-спектроскопия	2	2		26	30
4. Комплексное применение физических методов исследования	1	1		14	16
ИТОГО ЗА КУРС	7	7		94	108

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Масс-спектрометрия. Физические основы метода: принцип работы масс-спектрометра, его разрешающая сила, образование масс-спектра, основное уравнение масс-спектрометрии, типы регистрируемых ионов (молекулярные, осколочные, метастабильные, многозарядные).

2. Определение молекулярной брутто-формулы по масс-спектру: метод точного измерения масс молекулярных ионов, метод измерения интенсивностей пиков ионов, изотопных молекулярному иону.

3. Качественные теории масс-спектрометрии органических соединений: теория локализации заряда, теория устойчивости продуктов фрагментации.

4. Масс-спектрометрические правила: азотное, «четно-электронное», затрудненный разрыв связей, прилежащих к ненасыщенным системам.

5. Основные типы реакций распада органических соединений под электронным ударом: простой разрыв связей (α-разрыв, бензильный и аллильный разрывы), ретро-реакция Дильса-Альдера, перегруппировка Мак-Лафферти, скелетные перегруппировки, ониевые реакции. Термические реакции в масс-спектрометре.

6. Установление строения органических соединений: метод функциональных групп, метод характеристических значений m/z. Основные направления фрагментации

органических соединений под электронным ударом (углеводородов и их галогенпроизводных, спиртов, фенолов, простых эфиров, альдегидов, кетонов, аминов, карбоновых кислот и их производных).

7. Понятие о методе химической ионизации и хроматомасс-спектрометрии.

8. Примеры структурного анализа органических соединений по масс-спектру низкого разрешения.

Раздел 2

9. Спектроскопия ЯМР. Физические основы метода: магнитные свойства ядер, основное уравнение ядерного магнитного резонанса, взаимодействия магнитных моментов ядер (тонкая и сверхтонкая структура сигналов ядер).

10. Выбор резонансного ядра при изучении строения органических соединений. Принцип работы ЯМР спектрометра. Анализ спектров ядерного магнитного резонанса ядер со спиновым квантовым числом I=1/2: химическая и магнитная эквивалентность ядер, номенклатура ядерных систем, A_2, AX, AB и A_2B системы, индекс связывания, спектры первого и второго порядка, основные правила анализа спектров первого порядка, расшифровка простейших спектров второго порядка, приемы упрощения сложных спектров.

11. Спектроскопия протонного магнитного резонанса: шкала химических сдвигов протонов, их характеристичность, закономерности в изменении значений химических сдвигов; константы спин-спинового взаимодействия J_{H-H}.

12. Спектроскопия углеродного магнитного резонанса: шкала химических сдвигов ядер ^{13}C, их характеристичность, закономерности в изменении значений химических сдвигов, константы спин-спинового взаимодействия J_{C-H}, полное и частичное подавление спин-спинового взаимодействия ядер ^{13}C и протонов.

13. Ядерный эффект Оверхаузера. Понятие о спектроскопии ядерного магнитного резонанса динамических систем (обменные процессы).

14. Примеры структурного анализа органических соединений по спектрам ПМР и ЯМР ^{13}C.

Раздел 3

15. УФ-спектроскопия. Физические основы метода: электронные состояния молекул, классификация электронных переходов в молекулах, правила отбора.

16. Взаимосвязь электронных спектров и структуры органических молекул: хромофоры и ауксохромы, сопряжение хромофоров, неспецифическое и специфическое влияние растворителей, батохромный и гипсохромный сдвиги, гипохромный и гиперхромный эффекты.

17. Классификация полос поглощения в электронных спектрах. Избирательное поглощение важнейших ауксохромных и хромофорных групп: насыщенные гетероатомные ауксохромы, карбонильный хромофор, диеновый хромофор, еноновый хромофор, бензольный хромофор.

18. Правила Вудворда-Физера.

19. Принцип работы УФ спектрофотометра. Условия измерения УФ спектров.

20. Примеры структурного анализа ненасыщенных органических соединений по спектру поглощения в ближней области УФ спектра.

21. ИК-спектроскопия. Физические основы метода: частота и интенсивность поглощения в колебательных спектрах двухатомных молекул, основные колебания многоатомных молекул.

22. Взаимосвязь инфракрасных спектров и структуры органических молекул: валентные и деформационные колебания, характеристичность колебаний и ее физические

причины, факторы, вызывающие сдвиг полос поглощения и изменение их интенсивности.

23. Характеристическое поглощение важнейших структурных фрагментов и функциональных групп органических соединений: C–C, C=C, C≡C, $C_{аром}$–$C_{аром}$, C_{sp3}–H, C_{sp2}–H, C_{sp}–H, C–O, C–N, O–H, N–H, S–H, C=O, CHO, COOH, COOR, COHal, NO_2, C≡N

24. Структурные области ИК спектра. Принципы отнесения полос поглощения. Последовательность проведения структурного анализа.

25. Количественная ИК-спектроскопия.

26. Принцип работы ИК спектрофотометра. Условия измерения ИК спектров. Примеры структурного анализа органических соединений по ИК спектру (область 4000 – 650 $см^{-1}$).

Раздел 4

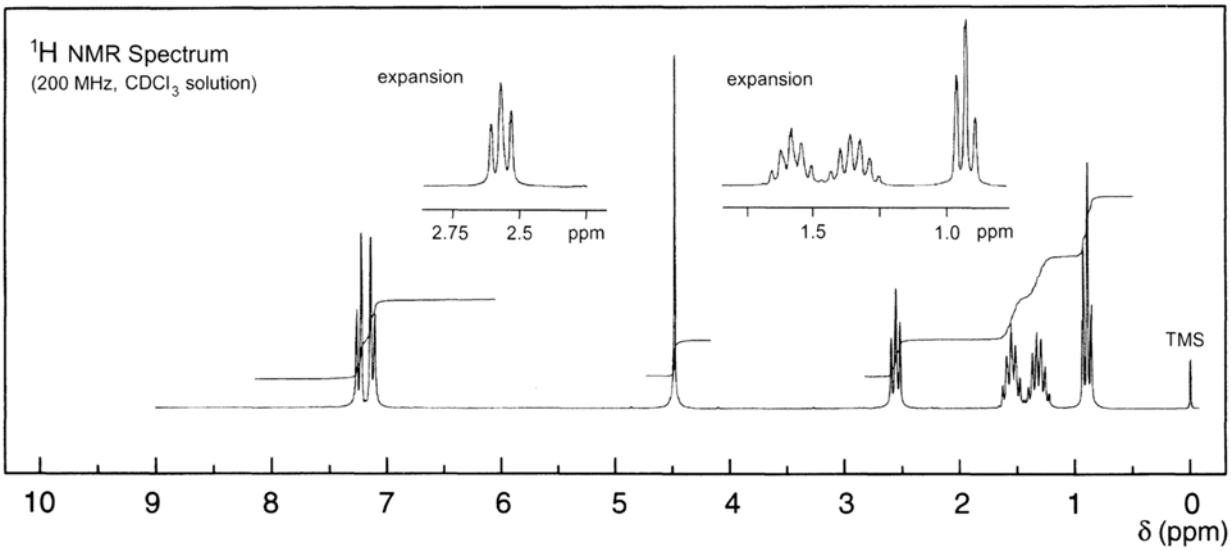
27. Совместное использование масс-спектрометрии, УФ, ИК, ПМР и ЯМР ^{13}C спектроскопии. Особенности структурного анализа органических соединений при совместном использовании спектральных методов.

28. Алгоритм структурного анализа. Примеры решения задач структурного анализа, имеющих различную степень сложности.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

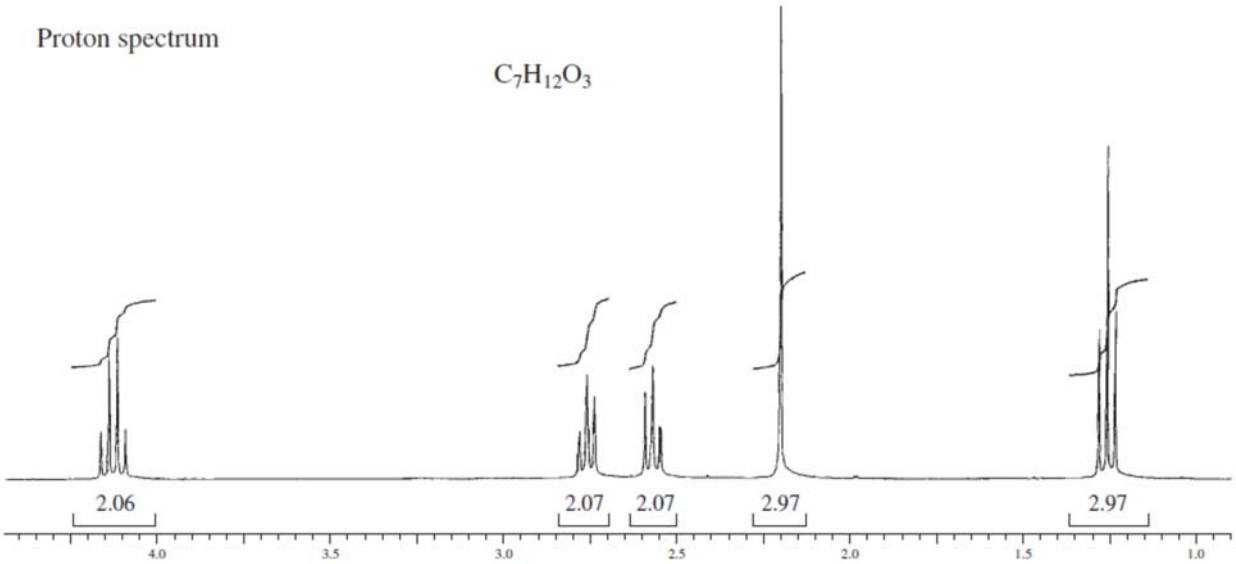
Образец индивидуального задания по ЯМР ^{1}H спектроскопии

Определите структурную формулу вещества $C_{11}H_{15}Cl$ по его ЯМР ^{1}H спектру:



Образец индивидуального задания по ЯМР ^{13}C спектроскопии

Установить строение вещества $C_7H_{12}O_3$ по представленным спектрам ЯМР ^{1}H и ^{13}C:

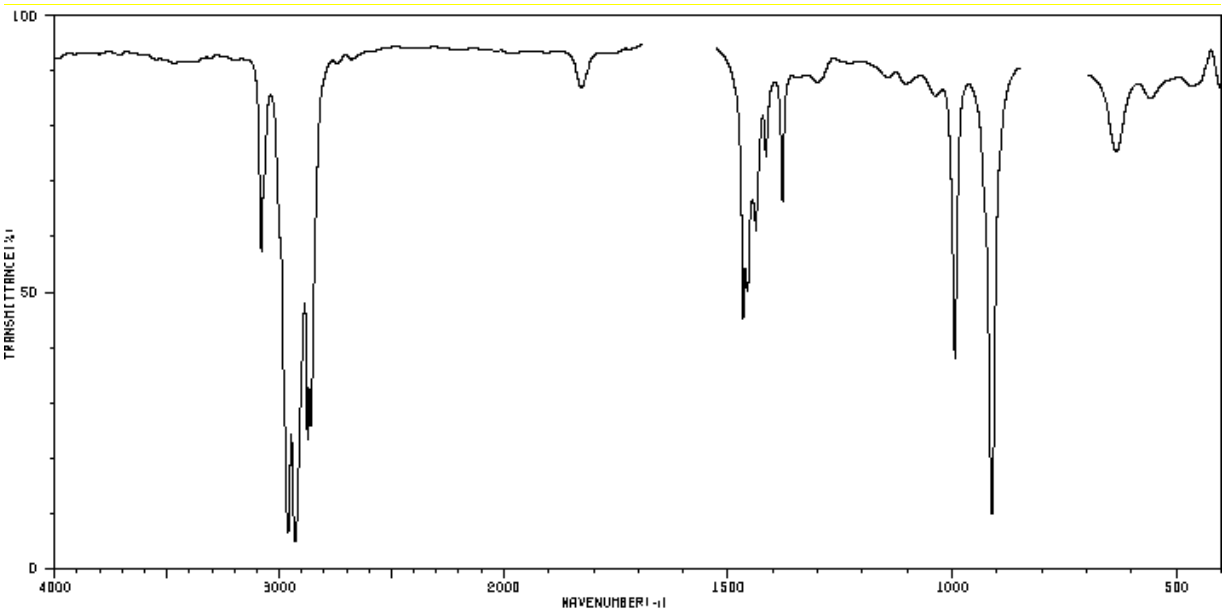


δ_C, м.д.	DEPT-135	DEPT-90
14	положительный	нет пика
28	отрицательный	нет пика
30	положительный	нет пика
38	отрицательный	нет пика
61	отрицательный	нет пика
173	нет пика	нет пика
207	нет пика	нет пика

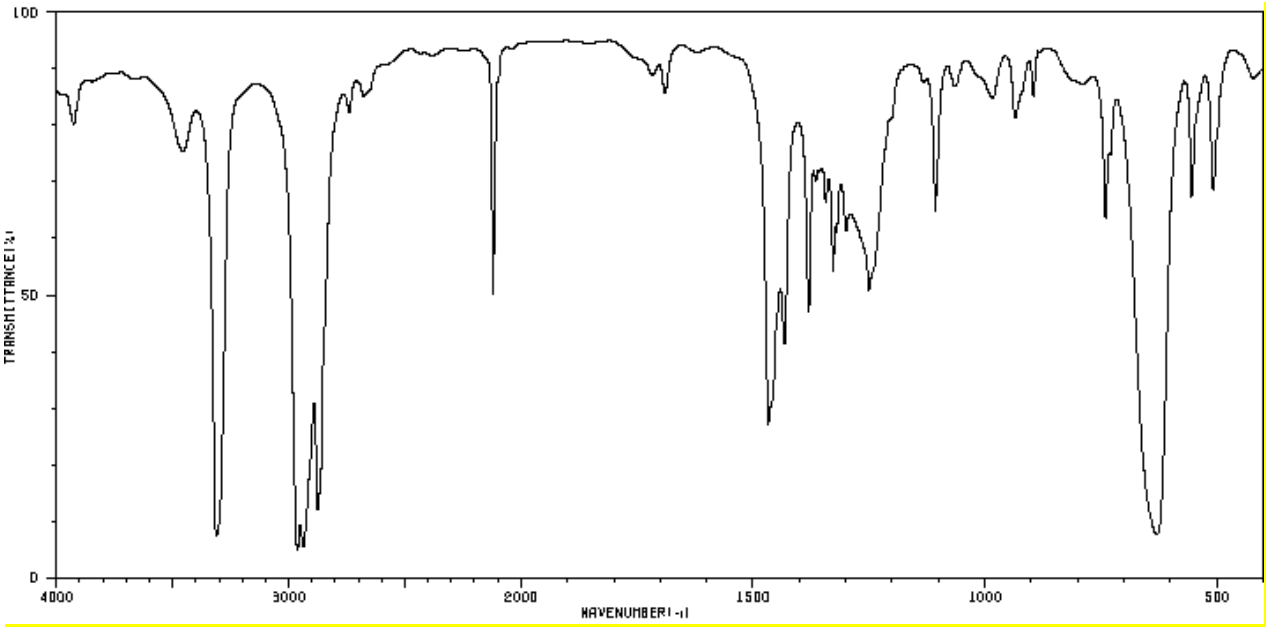
Образец индивидуального задания по ИК-спектроскопии

На рисунке приведены ИК-спектры (**I** – **III**) н-гексана (**A**), гексена-1 (**B**) и гексина-1 (**C**). Проведите соотнесение спектров со структурой каждого соединения. Укажите характеристические частоты.

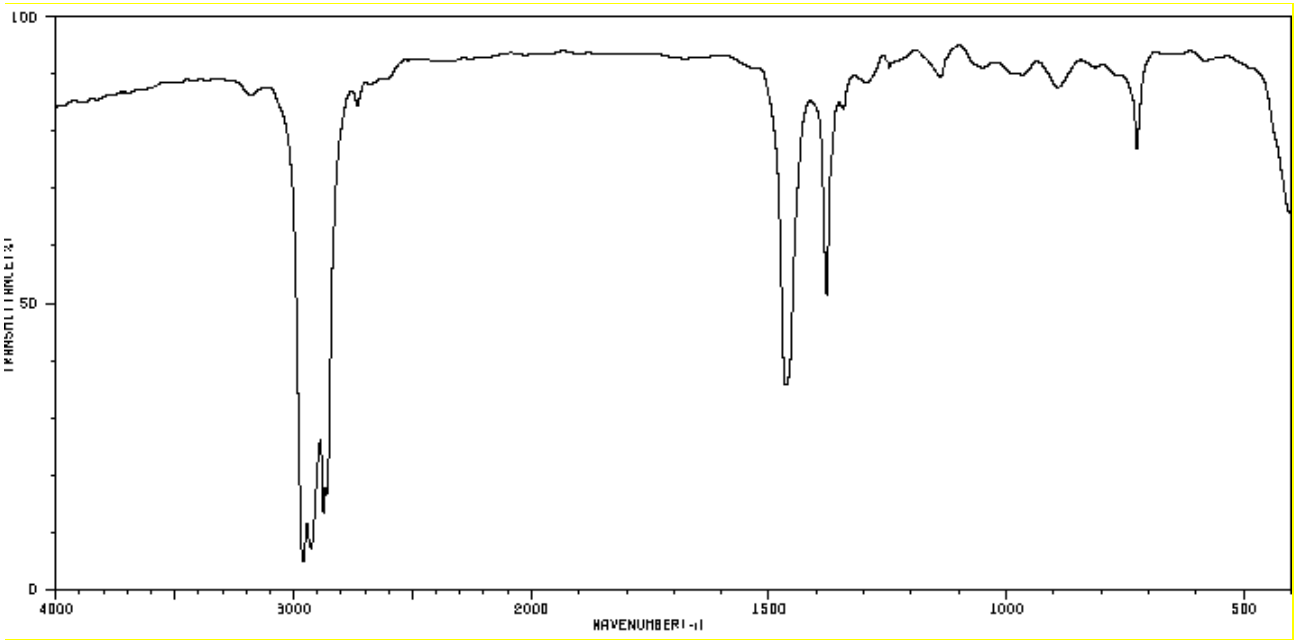
I



II

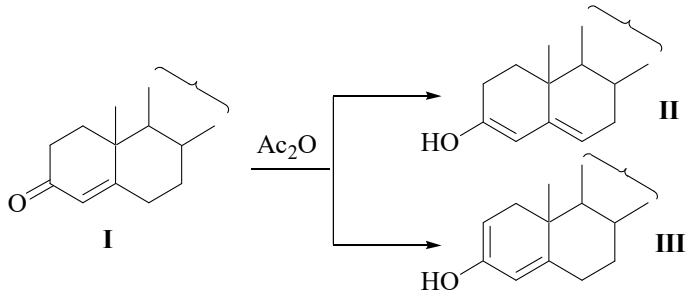


III



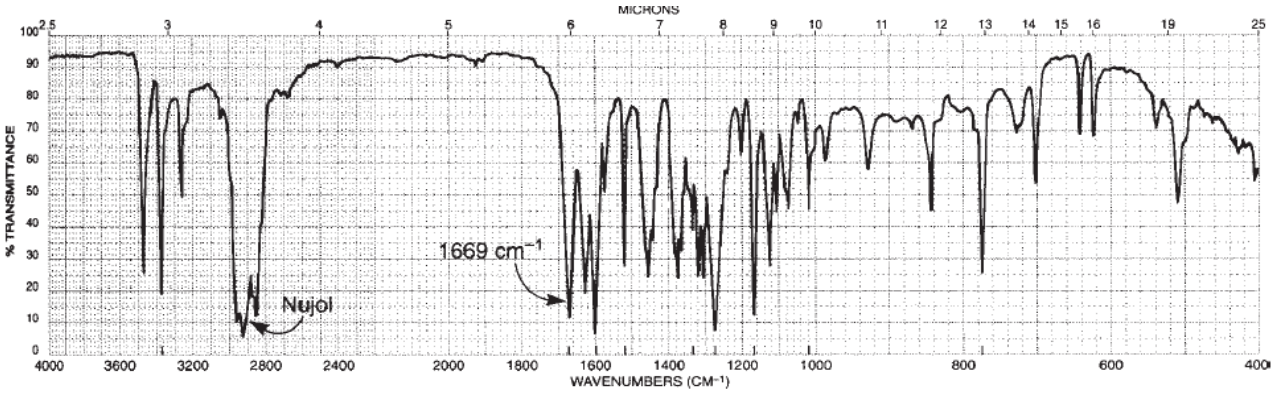
Образец индивидуального задания по УФ-спектроскопии

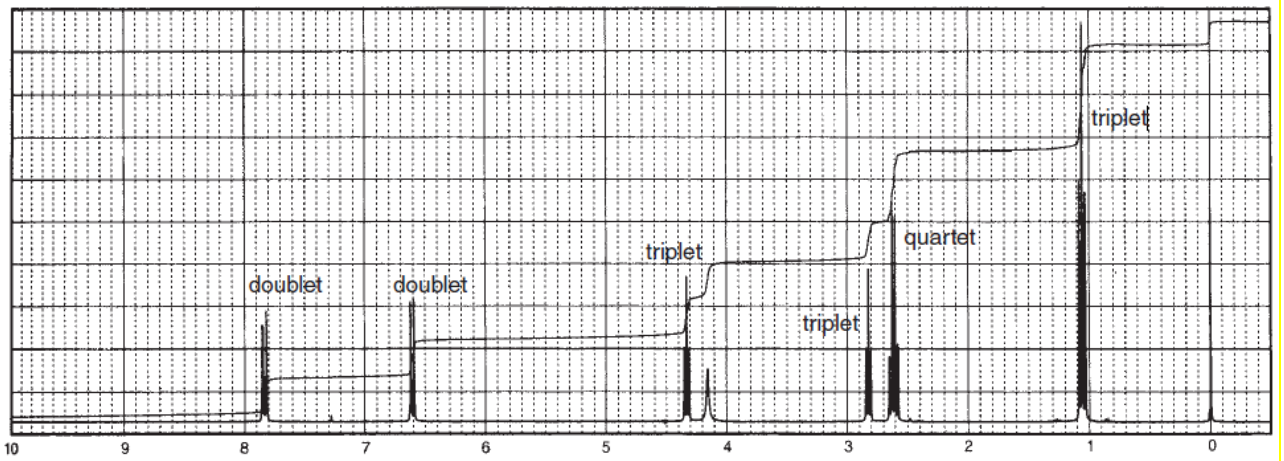
4-Холестен-3-он (**I**) образует ацетат енольной формы с λ_{max} 238 нм. Определите, какую структуру имеет ацетат (**II**/**III**), рассчитав λ_{max} с использованием правил Вудворда-Физера.



Образец индивидуального задания по совместному применению спектральных методов

Анестетик новокаин имеет брутто-формулу $C_{13}H_{20}N_2O_2$. В его ЯМР ^{1}H спектре два триплета при δ 2.8 и 4.3 м.д. характеризуются КССВ 6 Гц; триплет при 1.2 м.д. и квартет при 2.6 м.д. имеют КССВ 7 Гц. ИК-спектр препарата зарегистрирован в вазелиновом масле. Определите структурную формулу новокаина.



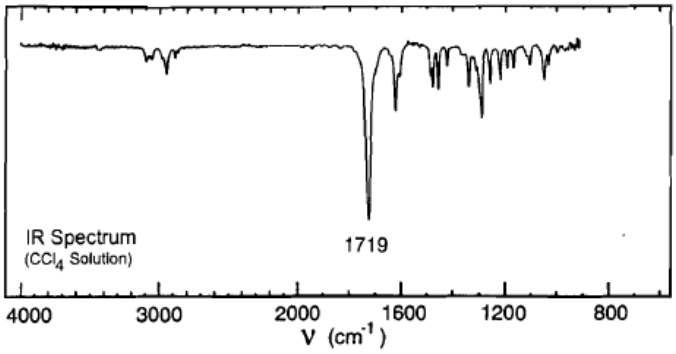


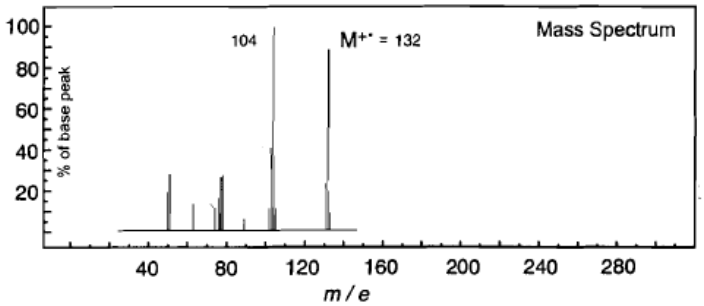
δ в ЯМР ^{13}C, м.д.	DEPT-135	DEPT-90
12	положительный	нет пика
48	отрицательный	нет пика
51	отрицательный	нет пика
63	отрицательный	нет пика
114	положительный	положительный
120	нет пика	нет пика

132	положительный	положительный
151	нет пика	нет пика
167	нет пика	нет пика

7.3. Образец итоговой контрольной работы (зачета)

1. Определить структурную формулу вещества по его спектрам: 132 (M) – 100%, 133 (M+1) – 9.9%, 134 (M+2) – 0.6%.



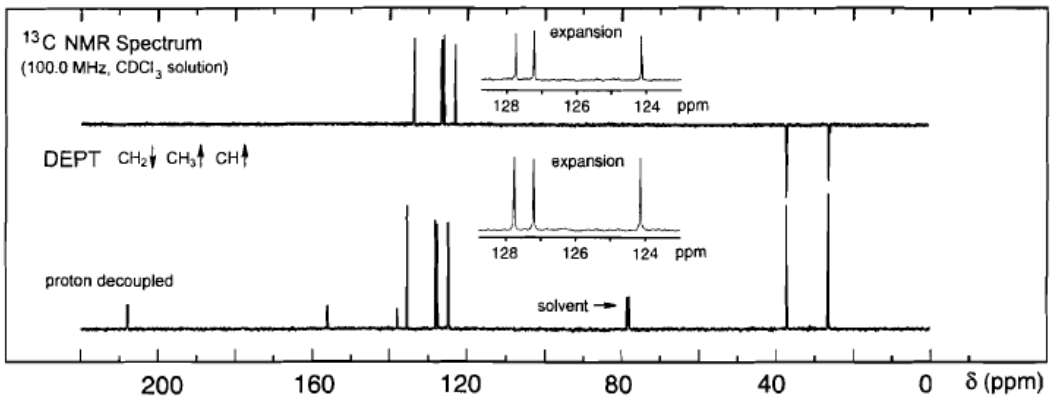


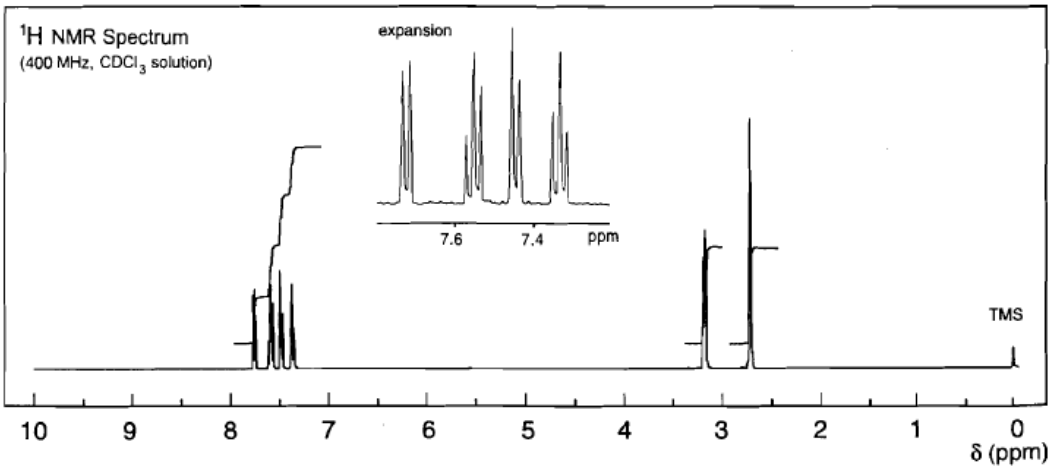
UV Spectrum

λ_{max} = 243 nm ($\log_{10}\varepsilon$ 4.1)

λ_{max} = 291 nm ($\log_{10}\varepsilon$ 3.4)

solvent : ethanol





8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время

проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
тема 1 – тема 4	Выполнение лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы	30
ИТОГО		50
Зачет		50
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

1) для слепых и слабовидящих:

– лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

– для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

– письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.

2) для глухих и слабослышащих:

– лекции оформляются в виде электронного документа;

– письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;

– экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

– письменные задания выполняются на компьютере;

– экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для слепых и слабовидящих:
– в печатной форме увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
2) для глухих и слабослышащих:
– в печатной форме;
– в форме электронного документа.
3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в печатной форме;
– в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся на химическом факультете ДонГУ (г. Донецк, ул. Щорса, 17а). Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой и доской. Лабораторные занятия проводятся в лаборатории, содержащей необходимое для выполнения работ оборудование. В доступе имеются:

- Персональный компьютер
- Мультимедийный проектор
- Рефрактометр Аббе
- УФ-спектрофотометр
- Инфракрасный спектрометр UR-10 (ГУ ИНФОУ им. Л.М. Литвиненко)
- ЯМР-спектрометр Bruker 400 MHz (ГУ ИНФОУ им. Л.М. Литвиненко)
- Водоструйный и масляный насосы
- Технохимические весы
- Аналитические весы
- Дистиллятор
- Комплект специальной химической посуды
- Реактивы

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных.

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные в облачном хранилище университета. При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. Метод ЯМР ^{1}H в структурных исследованиях органических соединений: учебное пособие / С.Г. Бахтин, М.А. Синельникова, Т.Г. Тюрина. - Донецк: ГОУ ВПО «ДонНУ», 2021. – 86 с.

2. Физические методы исследования: сборник задач для самостоятельной работы / С. Г. Бахтин, М. А. Синельникова, Т. Г. Тюрина. - Донецк: ГОУ ВПО «ДонНУ», 2017. – 82 с.

3. Спектральные методы исследования в органической химии и биохимии: учебно-методическое пособие к семинар. и лаб. занятиям (для студентов дневной и заочной форм обучения) / А. Н. Шендрик, В. В. Космынин, О. В. Баранова.- Донецк : ДонНУ, 2012. – 118 с.

4. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса для химиков: [учебник для хим. специальностей вузов] / Ю. М. Воловенко, В. Г. Карцев, И. В. Комаров и др. - Москва: МБФНП, 2011. - 694 с.

11.2. Дополнительная литература

1. Сильверстейн Р., Вебстер Ф., Кимл Д. Спектрометрическая идентификация органических соединений. – БИНОМ. Лаб. знаний, 2011.

2. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектроскопии в органической химии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979.

3. Иоффе Б.В., Костиков Р.Р., Разин В.В. Физические методы определения строения органических молекул. М.: Высшая школа, 1984.

4. Браун Д., Флойд А., Сейнзбери М. Спектроскопия органических веществ. М.: Мир, 1992.

5. Миронов, В. А. Спектроскопия в органической химии: сборник задач / В. А. Миронов, С. А. Янковский. - М.: Химия, 1985. - 230 с.

6. Преч Э. Определение строения органических соединений: таблицы спектральных данных / Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Аффольтер; пер. с англ. Б. Н. Тарасевича. - М.: Ми: БИНОМ. Лаб. знаний, 2006.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека** (НЭБ): федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: https://rusneb.ru/ (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: https://elibrary.ru (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»**: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: https://cyberleninka.ru/. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система **«Лань»**: [сайт]. – URL: https://e.lanbook.com (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт**: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: https://biblio-online.ru (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: http://library.donnu.ru/ (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: http://library.donnu.ru/catalog/ (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ**: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: http://repo.donnu.ru/ (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).