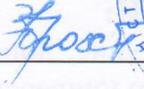


Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе


О.Г. Прохоренко



«30» июня 2023 г.

Регистрационный № УД-970 /м.

ХЕМОИНФОРМАТИКА

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности:

7-06-0531-01 Химия

профилизация:

Химический дизайн новых материалов

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 7-06-0531-01-2023, типового учебного плана №7-06-05-001/пр., утвержденного 17.11.2022 г., учебного плана М44-5.5-04/уч. от 29.12.2022 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Виталий Э. Матулис, доцент кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент;
Вадим Э. Матулис, доцент кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.И. Кулак, директор Государственного научного учреждения «Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси», член-корреспондент НАН Беларуси, доктор химических наук, профессор
Ю.В. Григорьев, заведующий лабораторией химии конденсированных сред Учреждения БГУ «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», кандидат химических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой неорганической химии
(протокол № 13 от 21 июня 2023 г.).

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 9 от 29.06.2023 г.)

Зав. кафедрой



Свиридов Д.В.

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ О.Г. Прохоренко

«30» июня 2023 г.

Регистрационный № УД-970 /м.

ХЕМОИНФОРМАТИКА

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальности:**

7-06-0531-01 Химия

профилизация:

Химический дизайн новых материалов

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 7-06-0531-01-2023, типового учебного плана №7-06-05-001/пр., утвержденного 17.11.2022 г., учебного плана М44-5.5-04/уч. от 29.12.2022 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Виталий Э. Матулис, доцент кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент;

Вадим Э. Матулис, доцент кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.И. Кулак, директор Государственного научного учреждения «Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси», член-корреспондент НАН Беларуси, доктор химических наук, профессор
Ю.В. Григорьев, заведующий лабораторией химии конденсированных сред Учреждения БГУ «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», кандидат химических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой неорганической химии
(протокол № 13 от 21 июня 2023 г.).

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 9 от 29.06.2023 г.)

Зав. кафедрой

Свиридов Д.В.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель дисциплины – ознакомить студентов магистратуры с разработанными к настоящему времени методами моделирования строения и свойств молекул, а также программными пакетами для проведения соответствующих расчетов.

Задачи дисциплины – сформировать у студентов представление о возможностях современных методов компьютерного моделирования строения и свойств молекул и их применимости для корректной оценки тех или иных физико-химических свойств веществ, а также научить их пользоваться программными пакетами для проведения расчетов молекулярных дескрипторов.

Дисциплина состоит из двух частей. В первой части изучаются расчетные методы, используемые для прогнозирования свойств молекул. Во второй части рассматриваются примеры использования современных пакетов программ для решения ряда практических задач.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с углубленным высшим образованием.

Учебная дисциплина «Хемоинформатика» для специальности 7-06-0531-01 Химия, профилизации «Химический дизайн новых материалов» входит в модуль «Компьютерная химия» государственного компонента.

Дисциплина «Хемоинформатика» предназначена для изучения в первом семестре.

Данная дисциплина связана с такими дисциплинами, как «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Квантовая химия и строение молекул» и может быть прочитан после изучения указанных дисциплин.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Хемоинформатика» должно обеспечить формирование следующих углубленно профессиональных компетенций:

УПК-2. Применять методы химической информатики, молекулярной динамики, компьютерного и математического моделирования для обоснованного описания структуры и свойств химических систем и их поведения в химических процессах.

В результате освоения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- современные квантовохимические и QM/MM методы моделирования строения и свойств молекул;
- границы применимости различных квантовохимических методов при проведении расчетов термодинамических свойств веществ;
- основные преимущества и недостатки метода Хартри-Фока, DFT и полуэмпирических методов;

уметь:

- проводить расчеты стационарных точек на поверхности потенциальной энергии методами квантовой химии;
- выполнять расчеты молекулярных дескрипторов;

владеть:

- методологией проведения квантовохимических расчетов;
- разнообразными современными расчетными методами квантовой химии.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина преподается в первом семестре. Общее количество часов для изучения дисциплины – 94, в том числе аудиторных часов – 44, из них: лекции - 16 часов, лекции ДО - 4 часа, практические - 4 часа, практические ДО - 14 часов, УСР ДО - 4 часа, зачет, 3 зачетные единицы.

Форма получения второй степени высшего образования – очная.

Форма промежуточной аттестации по учебной дисциплине – зачет.

Количество зачетных единиц – 3.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Введение

Методы прогнозирования свойств молекул. Сравнение аддитивного и супермолекулярного методов. Дескрипторы молекул в органической химии и их классификация.

Раздел 2. Поверхность потенциальной энергии (ППЭ)

Поверхность потенциальной энергии (ППЭ). Градиент энергии. Стационарные точки на ППЭ. Точки минимума и седловые точки. Определение типа стационарной точки. Матрица силовых постоянных и частоты нормальных колебаний. Оптимизация геометрии. Сечения ППЭ. Координата реакции.

Тема 2.1. ППЭ. Двухатомные молекулы.

Тема 2.2. Поверхность потенциальной энергии (ППЭ). Многоатомные молекулы

Тема 3. Уравнение Шредингера для молекул. Метод молекулярных орбиталей

Уравнение Шредингера для молекул. Оператор Гамильтона. Приближение Борна-Оппенгеймера. Полная энергия. Энергия нулевых колебаний (ZPVE). Энергия при 0 К. Диаграммы молекулярных орбиталей. Понятие о ВЗМО и НСМО.

Тема 4. Стандартные базисные наборы гауссовских функций

Метод Хартри-Фока. Приближение линейной комбинации атомных орбиталей (LCAO). Базисные функции и базисные наборы. Стандартные базисные наборы гауссовских функций (STO-NG, K-LMG, базисные наборы с поляризационными и диффузными функциями, базисные наборы с эффективным потенциалом). Проблема выбора базисного набора при проведении квантовохимического исследования

Тема 5. Полуэмпирические, DFT и *ab initio* методы расчетов

Полуэмпирические методы. Полное пренебрежение дифференциальным перекрыванием. Характеристика полуэмпирических методов (CNDO, MINDO/3, MNDO, AM1, PM3). Теория функционала плотности (DFT). Local Density Approximation (LDA), градиентно-скорректированные функционалы и гибридные функционалы. Ограниченный (RHF) и неограниченный (UHF) методы Хартри-Фока. Методы учета электронной корреляции. Метод конфигурационного взаимодействия (CISD, CISDT, CISDTQ и full CI) и многоконфигурационного ССП (MCSCF). Методы Couple Electron Pair Approximation (CEPA) и Coupled-Cluster Theory (CC). Теория возмущений Меллера-Плессета (MP2, MP3, MP4). Проблема выбора уровня теории при проведении квантовохимического исследования.

Раздел 6. Квантовохимические расчеты молекулярных дескрипторов

Малликеновский анализ заселенности перекрываний атомных орбиталей и заряды на атомах в молекуле. Расчеты энергий ВЗМО и НСМО, вертикальных и адиабатических потенциалов ионизации. Расчет жесткости молекул. Расчеты электронных спектров поглощения и испускания. Теорема Купманса. Расчеты молекулярных электростатических потенциалов. Расчеты термодинамических характеристик веществ и химических реакций с использованием полуэмпирических и неэмпирических методов.

Тема 6.1 Расчет потенциалов ионизации, энергии сродства к электрону и жесткости молекул

Тема 6.2

Расчеты диаграмм МО, электронных спектров поглощения и испускания.

Расчеты МЭСП

Тема 6.3

Методы расчета стандартной энтальпии образования веществ в газовой фазе

Тема 7. Методы учета влияния растворителя при проведении расчетов

Метод “супермолекулы”. Континуумные модели растворителя. Теория самосогласованного реактивного поля (SCRF). Polarizable Continuum Model (PCM). Расчет липофильности веществ.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Введение	2	2					Собеседование
2.	Поверхность потенциальной энергии (ППЭ)							
2.1	ППЭ. Двухатомные молекулы	2	2					Тест
2.2	Поверхность потенциальной энергии (ППЭ). Многоатомные молекулы	2 (ДОТ)	2 (ДОТ)					Тест
3.	Уравнение Шредингера для молекул. Метод молекулярных орбиталей	2						Коллоквиум
4.	Стандартные базисные наборы гауссовских функций	2	2 (ДОТ)				2 (ДОТ)	Контрольная работа
5.	Полуэмпирические, DFT и <i>ab initio</i> методы расчетов	2	2 (ДОТ)					Собеседование
6.	Квантовохимические расчеты молекулярных дескрипторов							
6.1	Расчет потенциалов ионизации, энергии сродства к электрону и жесткости молекул	2 (ДОТ)	2 (ДОТ)					Тест
6.2	Расчеты диаграмм МО, электронных спектров поглощения и испускания. Расчеты МЭСП	2	2 (ДОТ)					Коллоквиум
6.3	Методы расчета стандартной энтальпии образования веществ в газовой фазе	2	2 (ДОТ)					Реферат
7.	Методы учета влияния растворителя при проведении расчетов	2	2 (ДОТ)				2 (ДОТ)	Контрольная работа
	Итого	20	18				4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая учебная литература

Основная:

1. Матулис Вадим Э., Матулис Виталий Э., Ивашкевич О.А. Прикладная квантовая химия: Учебное пособие для студентов химических и физических специальностей учреждений, обеспечивающих получение высшего образования, с грифом Министерства образования РБ. Мн.: Издат. центр БГУ, 2006. 135 с.
2. Цирельсон В. Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тел: Лаборатория знаний: 2021. 494 с.
3. Leach A.R., Gillet V.J. An Introduction to Chemoinformatics. Springer, 2007. 260 p.
4. Atkins, P.W., Friedman, R.S., Molecular Quantum Mechanics. OUP Oxford, 2011. 545 p.
5. Jensen F. Introduction to Computational Chemistry. J. Wiley & Sons, 1999.
6. Matulis, Vitaly E.; Ragoyja, E. G.; Ivashkevich O. A. Accurate Theoretical Prediction of Optical Properties of BODIPY Dyes. Int. J. Quant. Chem. – 2020. – Vol. 120. – N. 9 – P. e26159.

Дополнительная:

7. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Квантовая химия органических соединений. Механизмы реакций. – М.: Химия, 1986.
8. Бейдер Р. Атомы в молекулах: Квантовая теория. М.: Мир, 2001.
9. Банкер Ф., Йенсен П. Симметрия молекул и спектроскопия, М. Мир, 2004. 763 с.
10. Davidson E.R., Feller D. Basis Set Selection for Molecular Calculations // Chem. Rev. – 1986. – Vol. 86, N 4. – P. 681-696.
11. Mulliken R.S. Electron Population Analysis on LCAO-MO Molecular Wave Functions // J. Chem. Phys. – 1955. – Vol. 23. – P. 1833-1840.
12. Alcamí M., Mó O., Yáñez M. Enhanced Al⁺ Binding Energies of Some Azoles. A Theoretical Study of Azole-X⁺ (X = Na, K, Al) Complexes // J. Phys. Chem. - 1992. - Vol. 96. - P. 3022-3029.
13. Dewar M.J.S., Ford G.P. Ground States of Molecules. 44. MINDO/3 Calculations of Absolute Heat Capacities and Entropies of Molecules without Internal Rotations // J. Am. Chem. Soc. – 1977. – Vol. 99, N 23. – P. 7822-7829.
14. Barrett R.A., Meier R.J. The Calculation of Molecular Entropy using the Semi-Empirical AM1 Method // J. Mol. Struct. (Theochem). – 1996. – Vol. 363. – P. 203-209.

15. Chen Z.X., Xiao J.M., Chiu Y.N. Studies on Heats of Formation for Tetrazole Derivatives with Density Functional Theory B3LYP Method // J. Phys. Chem. A. – 1999. – Vol. 103, N 40. – P. 8062-8066.
16. Williams I.H. Use and Abuse of the Distinguished-Coordinate Method for Transition-State Structure Searching // J. Mol. Struct. (Theochem). – 1982. – Vol. 89. – P. 365-378.
17. Gonzalez C., Schlegel H.B. Reaction Path Following in Mass-Weighted Internal Coordinates // J. Phys. Chem. – 1990. – Vol. 94. – P. 5523-5527.
18. Williams H.I., Spangler D., Femec D.A. Theoretical Models for Solvation and Catalysis in Carbonyl Addition // J. Am. Chem. Soc. – 1983. - Vol. 105. - P. 31-40.
19. Wong M.W., Frisch M.J., Wiberg K.B. Solvent Effects. 1. The Mediation of Electrostatic Effects by Solvent // J. Am. Chem. Soc. – 1991. – Vol. 113. – P. 4776-4782.
20. Ивашкевич О.А., Матулис Вад.Э., Матулис Вит.Э., Гапопик П.Н. Квантовохимическое исследование электронного и пространственного строения 1-винилтетразолов // Хим. гетероцикл. соед. – 2005. – № 4. – С. 537-548.
21. Matulis Vitaly E., Ivashkevich O.A., Gurin V.S. DFT study of electronic structure and geometry of neutral and anionic silver clusters // J. Mol. Struct. (Theochem). – 2003. – Vol. 664-665. – P. 291-308.
22. Rath S., Nozaki S., Palagin D., Matulis V., Ivashkevich O., Maki S. Aqueous-based synthesis of atomic gold clusters: Geometry and optical properties // Appl. Phys. Lett. – 2010. – Vol. 97. – P. 053103-1–3.
23. Budevich, V. A.; Voitekhovich, S. V.; Zuraev, A. V.; Matulis, V. E.; Matulis, V. E.; Lyakhov, A. S.; Ivashkevich, L. S.; Ivashkevich, O. A. / Mesoionic tetrazolium-5-aminides: Synthesis, Molecular and Crystal Structures, UV-Vis Spectra, and DFT Calculations // Beilstein J. Org. Chem. – 2021. – Vol. 17. – P. 385-395.
24. Vitaly E. Matulis, Ekaterina G. Ragoyja, Oleg A. Ivashkevich, Dmitry A. Lyakhov, Dominik Michels / DFT Study of NO Reduction Process on Ag/ γ -Al₂O₃ Catalyst: Some Aspects of Mechanism and Catalyst Structure // J. Phys. Chem. C. – 2021. Vol. – 125. – N. 1. – P. 419–426
25. Masimukku N., Gudeika D., Volyniuk D., Bezikonnyi O., Simokaitiene J., Matulis Vitaly, Lyakhov D., Azovskyi V., Gražulevičius J. V. / Bipolar 1,8-naphthalimides showing high electron mobility and red AIE-active TADF for OLED applications // Physical Chemistry Chemical Physics. 2022. – Vol. 24. – P. 5070-5082.
26. Masimukku N., Mahmoudi M., Volyniuk D., Dabulienė A., Macionis S., Matulis Vitaly, Lyakhov D., Gražulevičius J. V. Molecular glasses based on 1,8-naphthalimide and triphenylamine moieties as bipolar red fluorescent OLED emitters with conventional *versus* TADF hosting // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2023. – Vol. 288. – P. 122185-1 – 14.

27. Matulis Vitaly E., Ivashkevich O. A., Lappo D. D., Lyakhov D. A., Michels D. Comparative DFT Study of Small Anionic Silver and Copper Clusters: Evolution of Structure and Physicochemical Properties // *J. Phys. Chem. C.* – 2023. – Vol. 127. – N. 38. – P. 18997–19016.
28. Iryna Hladka, Yan Danyliv, Mariia Stanitska, Oleksandr Bezikonnyi, Dmytro Yu Volyniuk, Roman Lytvyn, Yuriy Horak, Vitaly Matulis, Dmitry Lyakhov, Dominik Michels, Pavlo Y Stakhira, Juozas V Grazulevicius Effects of the nature of donor substituents on the photophysical and electroluminescent properties of derivatives of perfluorobiphenyl: donor-acceptor versus donor-acceptor-donor types of AIEE/TADF emitters // *J. Mater. Chem. C.* – 2024. – Vol. 12. – P. 2911–2925.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Учебным планом по направлению специальности: 7-06-0531-01 Химия, профилизации «Химический дизайн новых материалов» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Хемоинформатика» рекомендован зачет.

Для текущей оценки достижений и контроля качества усвоения знаний студентами используется следующий диагностический инструментарий:

- выполнение тестовых заданий;
- письменные контрольные работы по отдельным темам;
- собеседование по отдельным темам;
- написание реферата;
- сдача коллоквиума;
- сдача зачета по учебной дисциплине.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 4. Стандартные базисные наборы гауссовских функций (2 часа)

Задание 1. Рассмотреть преимущества и недостатки метода Хартри-Фока.

Задание 2. Рассмотреть возможные сложности при выборе базисного набора для проведения квантовохимического исследования.

Перечень средств диагностики:

1. Выполнение практических заданий на СДО <https://educhem.bsu.by>.
2. Контрольная работа.

Тема 6. Квантовохимические расчеты молекулярных дескрипторов (2 часа)

Задание 1. Рассмотреть методы проведения расчетов стандартной энтальпии образования вещества в газовой фазе.

Задание 2. Рассмотреть методы учета влияния растворителя при расчете термодинамических характеристик веществ и химических реакций.

Перечень средств диагностики:

1. Выполнение практических заданий на СДО <https://educhem.bsu.by>.
2. Контрольная работа.

Примерная тематика практических занятий

Практическая № 1.

Подготовка входного задания для проведения квантовохимических расчетов. Практическое использование пакетов программ Gaussian.

Практическая № 2.

Квантовохимические расчеты двухатомных молекул и ионов. Молекулярные орбитали. Зависимость расчетных значений энергий диссоциации от уровня теории. (СДО)

Практическая № 3.

Расчеты сечений ППЭ для простейших химических реакций и превращений ($\text{H}\cdot + \text{H}-\text{H} \rightarrow \text{H}-\text{H} + \text{H}\cdot$; инверсия аммиака, конформации 1,2-дихлорэтана). Поиск минимумов и седловых точек на ППЭ. Определение типа стационарной точки на ППЭ.

Практическая № 4.

Расчет энергии диссоциации молекул с использованием различных базисных наборов. (ДО)

Практическая № 5.

Расчеты энергии сродства к электрону и потенциалов ионизации молекул. (ДО)

Практическая № 6.

Расчеты зарядов на атомах и молекулярных электростатических потенциалов. Построение контурных карт молекулярного электростатического потенциала. (ДО)

Практическая № 7.

Расчет диаграмм МО и электронных спектров поглощения. (ДО)

Практическая № 8.

Расчеты энтальпий образования веществ в газовой фазе с использованием полуэмпирических и неэмпирических методов. (ДО)

Практическая № 9.

Моделирование процессов, протекающих в растворе методами квантовой химии. Расчет липофильности. (ДО)

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *эвристический подход*, который предполагает:

- демонстрацию многообразия решений профессиональных задач;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлекссию собственной образовательной деятельности.

При организации образовательного процесса *используются методы и приемы развития критического мышления*, которые представляют собой

систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

поиск и обзор литературы и электронных источников по заданной проблеме курса;

выполнение домашнего задания;

решение задач, предлагаемых на практических занятиях;

подготовка к практическим семинарским занятиям;

научно-исследовательские работы;

составление моделей и проведение расчетов;

подготовка и написание рефератов на заданные темы.

Учебно-программные материалы, примеры выполнения заданий, материалы для самостоятельного освоения учебного материала, список рекомендуемой литературы размещены в сетевом доступе на образовательном портале educhem.bsu.by.

Примерные темы рефератов

1. Стационарные точки на ППЭ
2. Способы нахождения седловых точек в программе Gaussian
3. Методы QSTN
4. Приближение гармонического осциллятора
5. Влияние величины базисного набора на точность расчета геометрических характеристик молекул
6. Виды базисных наборов
7. Способы учета электронной корреляции
8. Методы функционала электронной плотности
9. Методы конфигурационного и мультиконфигурационного взаимодействия
10. Теория связанных кластеров
11. Индексы реакционной способности молекул
12. Методы расчетов электронных спектров поглощения
13. Методы учета эффектов сольватации
14. Расчеты энтальпии образования веществ в газовой фазе
15. Исследование механизмов реакций методами квантовой химии

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Поверхность потенциальной энергии двухатомных молекул.
2. Качественная теория МО двухатомных молекул. Связывающие и разрыхляющие орбитали.

3. Поверхность потенциальной энергии многоатомных молекул. Градиент энергии. Точки минимума и седловые точки.
4. Определение типа стационарной точки. Матрица силовых постоянных и частоты нормальных колебаний
5. Приближение невзаимодействующих электронов. Метод Хартри-Фока. Приближение линейной комбинации атомных орбиталей (ЛКАО).
6. Атомные орбитали Слэтера
7. Стандартные базисные наборы гауссовских функций
8. Характеристика базисных наборов
9. Методы учета электронной корреляции
10. Методы расчета вертикального и адиабатического потенциала ионизации.
11. Методы расчета электронных спектров поглощения и испускания
12. Моделирование процессов, протекающих в растворе. Липофильность

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Современная неорганическая химия	Кафедра неорганической химии	Отсутствуют	Утвердить согласование без внесения изменений (протокол № 13 от 21 июня 2023 г.)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**
на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 20_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
