

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(государственный университет)»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе
и экономическому развитию

Д.А. Зубцов

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине: Молекулярные системы. Оптические и фотохимические свойства
по направлению: Прикладные математика и физика (бакалавриат)
профиль подготовки: Химическая физика и свойства наноструктур
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра физики супрамолекулярных систем и нанофотоники
курс: 4
квалификация: бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7(Осенний) - Экзамен

8(Весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

практические и семинарские занятия: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 24 час.

Подготовка к экзамену: 60 час.

Всего часов: 144, всего зач. ед.: 4

Программу составил: А.К. Чибисов, (на удаление) член-корреспондент российской академии наук

Программа обсуждена на заседании кафедры

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

М.В. Алфимов

Начальник учебного управления

И.Р. Гарайшина

Декан факультета

В.М. Некипелов

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью курса является изучение основ фотоники – дисциплины, изучающей оптические и фотофизические свойства и первичные фотохимические процессы в молекулярных, супрамолекулярных и наноразмерных системах.

Задачи дисциплины

- получение студентами знаний в области фотофизики молекул, супрамолекулярных систем и наноразмерных частиц;
- получение студентами знаний в области фотохимии молекул, супрамолекулярных систем и наноразмерных частиц;
- овладение терминологией, описывающей фотофизические процессы и фотохимические реакции;
- приобретение знаний и навыков работы на лабораторном оборудовании, используемом для изучения основ фотофизических процессов и фотохимических реакций молекул, супрамолекулярных систем и наноразмерных частиц.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к вариативной части образовательной программы.

Дисциплина «Молекулярные системы. Оптические и фотохимические свойства» базируется на дисциплинах:

- Общая и неорганическая химия;
- Физические методы исследований;
- Физические методы исследований: лабораторный практикум;
- Введение в математический анализ;
- Вычислительная математика;
- Дифференциальные уравнения;
- Линейная алгебра;
- Основы химической физики;
- Теория вероятностей;
- Теория функций комплексного переменного;
- Уравнения математической физики;
- Общая физика: лабораторный практикум;
- Общая физика: термодинамика и молекулярная физика;
- Общая физика: оптика;
- Аналитическая геометрия;
- Основы химической физики: лабораторный практикум;
- Кратные интегралы и теория поля;
- Общая физика: механика;
- Общая физика: электричество и магнетизм;
- Многомерный анализ, интегралы и ряды;
- Гармонический анализ;
- Общая физика: квантовая физика.

Дисциплина «Молекулярные системы. Оптические и фотохимические свойства» предшествует изучению дисциплин:

- Научно-исследовательская работа.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль фотоники в научных исследованиях;
- основные законы фотохимии;
- основы теории поглощения света веществом;
- основные процессы диссипации энергии поглощенного света веществом;
- свойства молекул в возбужденном состоянии;
- основы фотохимической кинетики;
- экспериментальные методы фотохимии и их принципы;
- классификацию фотохимических реакций;
- пути и способы установления механизмов фотохимических реакций;
- специфику фотореакций в конденсированной фазе;
- окислительно-восстановительные фотохимические реакции;
- реакции фотодиссоциации;
- фоторезисты. Фотореакции в полимерах. Получение рельефного изображения;
- реакции фотополимеризации;
- реакции фотоизомеризации;
- процессы фотодеструкции;
- реакции синглетного кислорода;
- пути фотостабилизации окрашенных материалов и полимеров.

уметь:

- пользоваться справочной литературой по физике и химии научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых физико-химических данных и понятий;
- понять, какие свойства нужно придать системе для проявления определенных фотофизических и фотохимических свойств;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента.

владеть:

- химической терминологией и терминологией фотоники;
- методами моделирования фотопроцессов.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практические и семинарские занятия	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Поглощение света. Образование электронно-возбужденных состояний	1				6
2	Процессы потери энергии электронно-возбужденных состояний	5				1

3	Кинетика фото-процессов	5				1
4	Особенности фотореакций	5				1
5	Классификация фотореакций	5				1
6	Установление механизмов фотохимических реакций. Промежуточные продукты	5				1
7	Окислительно-восстановительные фотохимические реакции	4				1
8	Реакция фотодиссоциации	1				1
9	Реакция фотополимеризации	5				1
10	Реакция фотоизомеризации	5				1
11	Фотохромизм	5				1
12	Особенности фотореакций димеров	5				1
13	Агрегаты как наноразмерные частицы	5				1
14	Экспериментальные методы в фотохимии	4				6
Итого часов		60				24
Подготовка к экзамену		60 час.				
Общая трудоёмкость		144 час., 4 зач.ед.				

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Поглощение света. Образование электронно-возбужденных состояний

Волновые и корпускулярные свойства света. Поглощение и пропускание. Закон Бугера-Ламберта-Беера. Интенсивность поглощенного света. Молекулярные орбитали и их классификация. Спектр поглощения. Образование электронно-возбужденных состояний. Синглетные и триплетные состояния. Энергетическая диаграмма состояний.

2. Процессы потери энергии электронно-возбужденных состояний

Классификация и характеристики излучательных процессов дезактивации электронно-возбужденных состояний. Классификация и характеристики безызлучательных процессов дезактивации электронно-возбужденных состояний. Спинорбитальное взаимодействие и эффект тяжелого атома. Индуктивно-резонансный и обменно-резонансный перенос энергии. Скорость дезактивации электронно-возбужденных состояний. Кинетика тушения электронно-возбужденных состояний. Уравнение Штерна-Фольмера.

3. Кинетика фото-процессов

Квантовый выход фотохимических реакций. Дифференциальный и интегральный квантовый выход. Квантовый выход последовательных и параллельных фотореакций. Скорость фотохимических реакций. Нахождение квантового выхода фотореакций из кинетических данных. Порядок фотохимических реакций.

4. Особенности фотореакций

Законы фотохимии. Свойства молекул, изменяющиеся при возбуждении. Потенциал ионизации и сродство к электрону. Кислотно-основные свойства молекул. Реакционная способность молекул в возбужденном состоянии. Синглетно-возбужденные и триплетные состояния. Влияние среды на направление протекания реакции. Сольватация. Реакция с растворителем.

5. Классификация фотореакций

Адиабатические и диабатические реакции. Одно- и двух-квантовые фотореакции. Фотосенсибилизированные реакции. Механизмы фотосенсибилизации. Цепные фотореакции.

6. Установление механизмов фотохимических реакций. Промежуточные продукты

Конкурентное тушение электронно-возбужденных состояний. Сенсибилизированное заселение триплетных уровней (триплет-триплетный перенос энергии). Зависимость скорости фотореакций от интенсивности света. Свет как реагент. Эксплексы, эксимеры, ионрадикальные пары.

7. Окислительно-восстановительные фотохимические реакции

Реакции восстановления и окисления. Первичные и вторичные процессы. Движущая сила в окислительно-восстановительных фотореакциях. Условие протекания фотореакции. Скорость реакции фотопереноса электрона. Диффузионная и кинетическая области. Роль среды в реакции фотопереноса электрона. Квантовый выход окислительно-восстановительной фотореакции. Вторичные реакции продуктов фотопереноса электрона.

Семестр: 8 (Весенний)

8. Реакция фотодиссоциации

Прочность химической связи. Энергия диссоциации. Модели фотодиссоциации. Гомолитический и гетеролитический механизмы фотодиссоциации. Роль сольватации. Двухквантовый механизм фотодиссоциации.

9. Реакция фотополимеризации

Несенсибилизированная и сенсибилизированная фотополимеризация. Инициирование фотополимеризации. Реакция зарождения, развития и обрыва цепи. Фотосенсибилизаторы, активаторы.

10. Реакция фотоизомеризации

Цис-транс фотоизомеризация. Фотокаталитическая изомеризация. Синглетно-возбужденные и триплетные состояния в реакции цис-транс изомеризации. Фотосенсибилизированная цис-транс изомеризация. Кинетика цис-транс фотоизомеризации.

11. Фотохромизм

Фотохромные окислительно-восстановительные системы. Реакция фотопереноса электрона с участием красителей. Фотовосстановление тиазиновых красителей. Образование лейкоформы красителя. Роль молекулярного кислорода.

12. Особенности фотореакций димеров

Процесс димеризации и его спектральное проявление. Батохромный и гипсохромный сдвиги в спектрах поглощения. Интеркомбинационный переход в димерах. Сенсibilизированные реакции фотопереноса электрона с участием димеров.

13. Агрегаты как наноразмерные частицы

Спектральное проявление агрегатов. J-агрегаты полиметиновых красителей. Скорость агрегации. Влияние добавок (ионы металлов, белки) на скорость J-агрегации.

14. Экспериментальные методы в фотохимии

Спектрофотометрия, флуоресценция, фосфоресценция, импульсный фотолиз.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для лекций: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Turro N.J., Ramamurthy V., Scaiano J.C. Principles of Molecular Photochemistry. An introduction.- University Science Books, Sausalito, California, 2009.
2. Turro N.J., Ramamurthy V., Scaiano J.C. Modern Molecular Photochemistry of Organic Molecules. University Science Books, Sausalito, California, 2010.
3. Wardle B. Principles and Applications of Photochemistry, Wiley, 2009.
4. Albani I.R. Principles and Applications of Fluorescence Spectroscopy. Wiley-Blackwell, 2007.
5. May V, Kühn O. Charge and Energy Transfer Dynamics in Molecular Systems. Wiley, 2004.

Дополнительная литература

1. Багдасарьян Х.С. Двухквантовая фотохимия.- М.: Наука, 1976.
2. Барачевский В.А., Лашков Г.И., Цехомский В.А. Фотохромизм и его применение. - М.: Химия, 1977.
3. Успехи научной фотографии /Под ред. К.В. Чибисова. - М.: Наука, 1972, - Т.16; 1978, - Т.19; 1980, - Т.20; 1989, - Т.25.
4. Фотохимические процессы в слоях /Под ред. А.В. Ельцова. - Л.: Химия, 1978.
5. Паркер С. Фотолюминесценция растворов. – М.: Мир, 1972.
6. Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. – М.: Мир, 1986.
7. Капинус Е.И. Фотоника молекулярных комплексов. – Киев: Наукова Думка, 1988.
8. Орчин М., Джаффе Г. Разрыхляющие орбитали. – М.: Мир, 1969.
9. Барлтруп Дж., Койл Дж. Возбужденные состояния в органической химии. - М.: Мир, 1978.
10. Введение в фотохимию органических соединений /Под ред. Г.О. Беккера. - Л.: Химия, 1976.
11. Турро Н. Молекулярная фотохимия. - М.: Мир, 1967.
12. Теренин А.Н. Фотоника молекул красителей. – Л.: Наука, 1967.
13. Калверт Дж., Питтс Дж. Фотохимия. – М.: Мир, 1968
14. Мак-Глинн С., Адзуми Т., Киносита М. Молекулярная спектроскопия триплетного состояния. – М.: Мир, 1972.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://www.springerlink.com>,
<http://www.sensors-research.com>,
<http://www.nanojournal.ru>,
<http://pubs.acs.org>

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

по направлению: Прикладные математика и физика (бакалавриат)
профиль подготовки: Химическая физика и свойства наноструктур
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра физики супрамолекулярных систем и нано
курс: 4
квалификация: бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7(Осенний) - Экзамен

8(Весенний) - Экзамен

Разработчик: А.К. Чибисов, (на удаление) член-корреспондент российской академии наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Молекулярные системы. Оптические и фотохимические свойства» обучающийся должен:

знать:

- место и роль фотоники в научных исследованиях;
- основные законы фотохимии;
- основы теории поглощения света веществом;
- основные процессы диссипации энергии поглощенного света веществом;
- свойства молекул в возбужденном состоянии;
- основы фотохимической кинетики;
- экспериментальные методы фотохимии и их принципы;
- классификацию фотохимических реакций;
- пути и способы установления механизмов фотохимических реакций;
- специфику фотореакций в конденсированной фазе;
- окислительно-восстановительные фотохимические реакции;
- реакции фотодиссоциации;
- фоторезисты. Фотореакции в полимерах. Получение рельефного изображения;
- реакции фотополимеризации;
- реакции фотоизомеризации;
- процессы фотодеструкции;
- реакции синглетного кислорода;
- пути фотостабилизации окрашенных материалов и полимеров.

уметь:

- пользоваться справочной литературой по физике и химии научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых физико-химических данных и понятий;
- понять, какие свойства нужно придать системе для проявления определенных фотофизических и фотохимических свойств;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента.

владеть:

- химической терминологией и терминологией фотоники;
- методами моделирования фотопроцессов.

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

1. Волновые и корпускулярные свойства света. Поглощение и пропускание. Закон Бугера-Ламберта-Бееера. Интенсивность поглощенного света.
2. Спектр поглощения. Образование электронно-возбужденных состояний. Синглетные и триплетные состояния. Энергетическая диаграмма состояний
3. Классификация и характеристики излучательных процессов дезактивации электронно-возбужденных состояний. Классификация и характеристики безызлучательных процессов дезактивации электронно-возбужденных состояний.
4. Спин-орбитальное взаимодействие и эффект тяжелого атома. Индуктивно-резонансный и обменно-резонансный перенос энергии.

5. Скорость дезактивации электронно-возбужденных состояний. Кинетика тушения электронно-возбужденных состояний. Уравнение Штерна-Фольмера.
6. Квантовый выход фотохимических реакций. Дифференциальный и интегральный квантовый выход. Квантовый выход последовательных и параллельных фотореакций.
7. Нахождение квантового выхода фотореакций из кинетических данных. Порядок фотохимических реакций.
8. Законы фотохимии. Свойства молекул, изменяющиеся при возбуждении. Потенциал ионизации и сродство к электрону. Кислотно-основные свойства молекул.
9. Реакционная способность молекул в возбужденном состоянии. Синглетно-возбужденные и триплетные состояния. Влияние среды на направление протекания реакции. Сольватация. Реакция с растворителем.
10. Адиабатические и диабатические реакции. Одно- и двухквантовые фотореакции
11. Фотосенсибилизированные реакции. Механизмы фотосенсибилизации. Цепные фотореакции..
12. Конкурентное тушение электронно-возбужденных состояний. Сенсибилизированное заселение триплетных уровней (триплет-триплетный перенос энергии).
13. Зависимость скорости фотореакций от интенсивности света. Свет как реагент.
14. Спектрофотометрия, флуоресценция, фосфоресценция
15. Импульсный фотолиз.

Задачи:

1. Каков диапазон длин волн света, используемого в фотохимии
 - а) 10-150 нм.
 - б) 200-800 нм.
 - в) 1000-50000 нм.
2. Как зависит интенсивность поглощенного света от оптической плотности
 - а) не зависит
 - б) зависит линейно
 - в) зависит экспоненциально
3. Как зависит интенсивность поглощенного света от оптической плотности 3-х последовательно расположенных слоев
 - а) пропорционально произведению значений оптических плотностей
 - б) пропорционально сумме значений оптических плотностей.
4. Как располагаются уровни синглетно-возбужденного (S^*) и триплетного (T) состояний
 - а) Уровни S^* и T состояний совпадают
 - б) Уровень S^* расположен выше уровня T состояния
 - в) Уровень S^* расположен ниже уровня T состояния
5. Как соотносятся времена жизни флуоресценции $\tau_{фл}$ и $\tau_{фосф}$
 - а) $\tau_{фл} = \tau_{фосф}$
 - б) $\tau_{фл} > \tau_{фосф}$
 - в) $\tau_{фл} < \tau_{фосф}$
6. Как влияет тяжелый атом на квантовый выход интеркомбинационной конверсии
 - а) увеличивает
 - б) уменьшает

в) не влияет

7. Как зависит в уравнении Штерна-Фольмера относительный выход флуоресценции и фосфоресценции от времени жизни возбужденного состояния

а) не зависит

б) зависит прямо пропорционально

в) зависит обратно пропорционально

8. Как зависит квантовый выход 2-х параллельных реакций

а) пропорционально сумме квантовых выходов каждой реакции

б) пропорционально произведению квантовых выходов каждой реакции

9. Для фотореакции $A \rightarrow B$ какой порядок определяет условие $DA > 1$

а) нулевой

б) первый

в) второй

10. Как изменяется потенциал ионизации при фотовозбуждении

а) увеличивается

б) не изменяется

в) уменьшается

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 8-ом семестре:

1. Реакции восстановления и окисления. Первичные и вторичные процессы. Движущая сила в окислительно-восстановительных фотореакциях. Условие протекания фотореакции.

2. Скорость реакции фотопереноса электрона. Диффузионная и кинетическая области. Роль среды в реакции фотопереноса электрона. Квантовый выход окислительно-восстановительной фотореакции. Вторичные реакции продуктов фотопереноса электрона.

3. Прочность химической связи. Энергия диссоциации. Модели фотодиссоциации.

4. Гомолитический и гетеролитический механизмы фотодиссоциации. Роль сольватации. Двухквантовый механизм фотодиссоциации.

5. Несенсибилизированная и сенсибилизированная фотополимеризация. Инициирование фотополимеризации.

6. Инициирование фотополимеризации. Реакция зарождения, развития и обрыва цепи. Фотосенсибилизаторы, активаторы.

7. Цис-транс фотоизомеризация. Фотокаталитическая изомеризация. Синглетно-возбужденные и триплетные состояния в реакции цис-транс изомеризации.

8. Фотосенсибилизированная цис-транс изомеризация. Кинетика цис-транс фотоизомеризации.

9. Процесс димеризации и его спектральное проявление. Батохромный и гипсохромный сдвиги в спектрах поглощения.

10. Интеркомбинационный переход в димерах. Сенсибилизированные реакции фотопереноса электрона с участием димеров.

11. Фотохромные окислительно-восстановительные системы. Реакция фотопереноса электрона с участием красителей. Фотовосстановление тиазиновых красителей.

12. Спектральное проявление агрегатов. J-агрегаты полиметиновых красителей. Скорость агрегации.

13. Влияние добавок (ионы металлов, белки) на скорость J-агрегации.

4. Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 бала - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 бал - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Вопрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.