|  |
| --- |
| Федеральное государственное бюджетное образовательноеучреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова |

Физический факультет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**(межфакультетского учебного курса)**

**Современные компьютеры и интернет: могут ли они работать со "скоростью" света?**

**Modern computers and internet: can they work with the "speed" of light?"**

*наименование дисциплины*

**Уровень высшего образования:** бакалавриат, магистратура, специалитет

**Направление подготовки:** все направления

*(код и название направления)*

**Профиль (направленность) ОПОП:** все

*(название направленности)*

Форма обучения: очная

**Автор:** **к.ф.-м.н, Старший научный сотрудник И.Р. Прудников, физ. фак. МГУ**

Москва 2023

**1. Цель освоения дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины:**

Дисциплина направлена на формирование у студента компетенций:

1) способность к творчеству, порождению инновационных идей, выдвижению самостоятельных гипотез;

2) способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации, к постановке целей исследования и выбору оптимальных путей и методов их достижения;

3) способность к самостоятельному обучению и разработке новых методов исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля деятельности; к инновационной научно-образовательной деятельности;

**2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:**

Дисциплина **«Современные компьютеры и интернет: могут ли они работать со "скоростью" света?»** относится к вариативной части (естественно-научному блоку) основной профессиональной образовательной программы высшего образования по всем направлениям магистратуры МГУ имени М.В. Ломоносова.

Период – **1 (один) семестр обучения**.

**3. Объем дисциплины составляет:**

Объем дисциплины – 1 з.е. / 36 часов, из которых 24 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (24 часов – занятия лекционного типа), 12 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Вид промежуточной аттестации – **зачет**.

**4. Тематический план: структура дисциплины по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в соответствии с учебным планом)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** **разделов и тем дисциплины,****Форма промежуточной** **аттестации по дисциплине** | **Номинальные трудозатраты** **обучающегося**  | **Всего академических часов** | **Форма текущего контроля успеваемости[[1]](#footnote-1) \*** |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)****Виды контактной работы, академические часы** | **Самостоя-тельная****работа** **обучаю-****щегося,****академи-****ческие** **часы** |
| **Занятия** **лекционного** **типа** | **Занятия** **семинарского** **типа / (в** **интерактивной форме)** |
| Тема 1. **Введение. Краткий обзор содержания курса.** | 2 | - | 1 | 3 | В, Д |
| Тема 2.  **История развития электронной вычислительной техники (обзор).** | 2 | - | 1 | 3 | АО, В, Д |
| Тема 3.  **Что такое полупроводниковый транзистор и почему его создатели получили Нобелевскую премию по физике.** | 2 | - | 1 | 3 | РК, В, Д |
| Тема 4 **Транзистор и интегральная микросхема: основные компоненты современных компьютеров.** | 2 | - | 1 | 3 | АО, РК, В, Д |
| Тема 5.  **Современные микросхемы и современные нанотехнологии.** | 2 | - | 1 | 3 | АО, РК, В, Д |
| Тема 6. **Закон Мура.**  | 2 | - | 1 | 3 | АО, РК,В, Д |
| Тема 7.  **Самые современные процессоры для смартфонов и настольных компьютеров от "гигантов" компьютерной индустрии: Apple, Samsung, Intel, AMD, Huawei.** **Отечественные процессоры Эльбрус и Байкал.** | 2 | - | 1 | 3 | АО, РК,В, Д |
| Тема 8.  **Новый класс современных оптических материалов - фотонные кристаллы.** | 2 | - | 1 | 3 | АО, РК, В, Д |
| Тема 9.  **Фотонная запрещенная зона.** | 2 | - | 1 | 3 | АО, РК, В, Д |
| Тема 10.  **Как начиналась эпоха фотонных кристаллов.** | 2 | - | 1 | 3 | АО, РК, В, Д |
| Тема 11.  **Фотонные кристаллы для создания оптического волокна.** | 2 | - | 1 | 3 | АО, РК, В, Д |
| Тема 12.  **Использование технологий нанофотоники для создания многоядерных портативных суперкомпьютеров.** | 2 | - | 1 | 3 | АО, РК, В, Д |
| Промежуточная аттестация: **Зачет** |  |  |  |  | КО, КР,Т |
| **Итого** | **24** | **-** | **12** | **36** |  |

 Формы текущего контроля успеваемости – это: проверка конспектов лекций и первоисточников (статьи, монографии, учебника, книги и пр.) (ПК); контрольный (устный / письменный) опрос (КО); контрольная работа (КР); правовой диктант (ПД); презентация доклада, выступления, реферата (П); тестирование (решение тестовых заданий) (Т); коллоквиум (К); решение кейсов (конкретных практических ситуационных заданий) (РК); разработка исследовательского мини-проекта, отчет по нему (ИП); аналитический обзор официальной и исследовательской статистики и аналитики (АО); деловая игра (ДИ); выступление на научно-практической конференции (ВК). Формы текущего контроля успеваемости по всем темам дисциплины сопровождаются устными индивидуальными выступлениями (В) и групповой дискуссией (обсуждение противоречивых, проблемных тем и вопросов) обучающихся (Д).

**5. Содержание разделов, тем дисциплины: краткое содержание дисциплины (темы** **межфакультетского учебного курса):**

**Раздел I.**

**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ДОСТИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ: ОТ ПЕРВЫХ ЭВМ ДО СОВРЕМЕННЫХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ, ГАДЖЕТОВ И ПЕРВЫХ ПРОТОТИПОВ ОПТИЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРОВ**

**Тема 1. Введение. Краткий обзор содержания курса.**

Идея оптического процессора и оптического компьютера. Что такое оптический компьютер: зачем он нужен и его возможные преимущества по сравнению с современными компьютерами, использующими полупроводниковые (интегральные) микросхемы и электрические сигналы. Как претворить в жизнь идею оптического компьютера и что для этого потребуется?

**Тема 2. История развития электронной вычислительной техники (обзор).**

Электронно-вычислительные машины (ЭВМ) -предшественники современных портативных персональных компьютеров. Первые универсальные ЭВМ в 1946, 1951 годах. Их размеры, скорость, с которой производились вычисления, мощность, которую они потребляли. Задачи, которые решались при помощи первых ЭВМ.

**Тема 3. Что такое полупроводниковый транзистор и почему его создатели получили Нобелевскую премию по физике.**

Почему появление полупроводникового транзистора в 1948 году кардинально повлияло на размеры ЭВМ, их быстродействие и потребляемую ими мощность. Нобелевская премия по физике 1956 года за создание полупроводникового транзистора: физики Дж. Бардин, У.Х. Браттейн и У.Б. Шокли.

**Тема 4. Транзистор и интегральная микросхема: основные компоненты современных компьютеров.**

Идея интегральной микросхемы, выдвинутая Р. Нойсом и Дж. Килби в 1958 году. Почему эта идея оказалась революционной и Дж. Килби получил в 2000 году Нобелевскую премию по физике ? Первая микросхема в 1958 году и современные микросхемы: как и почему уменьшались размеры и увеличивалось быстродействие компьютеров.

**Тема** **5. Современные микросхемы и современные нанотехнологии.**

Современные нанотехнологии: как они используются для создания микросхем. До какого предела можно уменьшать размеры современных компьютеров и увеличивать их быстродействие? Технологический процесс, используемый для создания самых современных микросхем и транзисторов.

**Тема 6.** **Закон Мура.**

Эмпирический **з**акон Мура и увеличение быстродействия компьютеров. Когда перестанет работать закон Мура: тенденции и различные обоснованные прогнозы. Последствия прекращения закона Мура для полупроводниковой промышленности и компьютерной индустрии. Как долго можно будет уменьшать размеры транзисторов на полупроводниковой микросхеме?

**Тема 7.** **Самые современные процессоры для смартфонов и настольных компьютеров от "гигантов" компьютерной индустрии: Apple, Samsung, Intel, AMD, Huawei.** **Отечественные процессоры Эльбрус и Байкал.**

Краткий обзор характеристик процессоров в рамках этой темы.

**Раздел II**

**НОВЫЙ КЛАСС СОВРЕМЕННЫХ ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ - ФОТОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ И ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА НОВОГО ТИПА**

**Тема 8. Новый класс современных оптических материалов - фотонные кристаллы.**

Что такое фотонные кристаллы и как можно их использовать для создания оптических интегральных схем и оптических процессоров. Примеры фотонных кристаллов.

**Тема 9. Фотонная запрещенная зона.**

Эффект фотонной запрещенной зоны при отражении света от фотонного кристалла: качественное физическое объяснение явления и его возможные применения для управления оптическим сигналом.

**Тема 10.** **Как начиналась эпоха фотонных кристаллов.**

Первые фотонные кристаллы, созданные в конце 80х годов 20 века физиком Э. Яблоновичем, при помощи простых экспериментальных методов и подходов. Современные нанотехнологии и фотонные кристаллы. Примеры современных нанотехнологий, на основе которых создаются фотонные кристаллы: краткий обзор.

**Тема 11**. **Фотонные кристаллы для создания оптического волокна.**

Возможные преимущества волноводов на основе фотонных кристаллов по сравнению с традиционной современной волоконной оптикой, используемой для IP телефонии и интернета.

**Тема 12. Использование технологий нанофотоники для создания многоядерных портативных суперкомпьютеров.**

На примере кремниевого оптического модулятора, созданного фирмой IBM: как можно передавать сигнал между ядрами процессора при помощи оптического сигнала и какой колоссальный выигрыш в быстродействии это дает.

Перспективы кремниевой нанооптики и нанофотоники для создания многоядерных портативных суперкомпьютеров. Прогнозы и оценки инженеров и физиков. Многоядерные оптические процессоры и современные существующие суперкомпьютеры: краткое сравнение максимальной производительности и энергопотребления.

**6. Перечень вопросов для подготовки к зачету**

**Тема 1. Введение. Краткий обзор содержания курса.**

1.Что такое интегральная микросхема?

2. В чем заключаются потенциальные преимущества оптической интегральной схемы перед "традиционной" полупроводниковой интегральной схемой?

3. Ограничения на скорость передачи электрического сигнала между различными элементами современной интегральной схемы.

4. Первый оптический процессор EnLight 256: его характеристики и вычислительные возможности.

**Тема 2. История развития электронной вычислительной техники (обзор).**

5. Эволюция полупроводниковой интегральной схемы с точки зрения степени интеграции.

**Тема 3. Что такое полупроводниковый транзистор и почему его создатели получили Нобелевскую премию по физике.**

6. Что такое интегральная микросхема?

7. Эволюция полупроводниковой интегральной схемы с точки зрения степени интеграции

**Тема 4. Транзистор и интегральная микросхема: основные компоненты современных компьютеров.**

8.Что такое интегральная микросхема?

9. Когда и кем была создана первая интегральная микросхема?

10. Эволюция полупроводниковой интегральной схемы с точки зрения степени интеграции.

11. В чем заключаются потенциальные преимущества оптической интегральной схемы перед "традиционной" полупроводниковой интегральной схемой?

12. Ограничения на скорость передачи электрического сигнала между различными элементами современной интегральной схемы.

**Тема** **5. Современные микросхемы и современные нанотехнологии.**

13. Примеры современных технологий для создания полупроводниковых интегральных схем.

14. Возможности современных полупроводниковых технологий, используемых для изготовления полупроводниковых интегральных схем.

**Тема 6.** **Закон Мура.**

15. Закон Мура.

16. Прекращение закона Мура: прогнозы и последствия.

**Тема 7.** **Самые современные процессоры для смартфонов и настольных компьютеров от "гигантов" компьютерной индустрии: Apple, Samsung, Intel, AMD, Huawei.** **Отечественные процессоры Эльбрус и Байкал.**

17. Успехи и достижения современных технологических процессов, достигнутые к настоящему времени при производстве полупроводниковых интегральных микросхем.

18. Первый оптический процессор EnLight 256: его характеристики и вычислительные возможности.

**Тема 8. Новый класс современных оптических материалов - фотонные кристаллы.**

19.Что такое фотонные кристаллы?

20. Примеры фотонных кристаллов.

**Тема 9. Фотонная запрещенная зона.**

21. Что такое фотонная запрещенная зона?

22. Почему при отражении света от фотонного кристалла наблюдается эффект фотонной запрещенной зоны?

23. Как можно использовать фотонные кристаллы для управления оптическими сигналами и для создания оптического транзистора?

24. Примеры нанотехнологий, которые используются для создания фотонных кристаллов.

**Тема 10.** **Как начиналась эпоха фотонных кристаллов.**

25. Примеры фотонных кристаллов.

26. Примеры нанотехнологий, которые используются для создания фотонных кристаллов.

**Тема 11**. **Фотонные кристаллы для создания оптического волокна.**

27. Зачем нужны волноводы на основе фотонных кристаллов?

28. Оптическое волокно на основе фотонного кристалла.

**Тема 12. Использование технологий нанофотоники для создания многоядерных портативных суперкомпьютеров.**

29. Принцип работы кремниевого оптического модулятора для передачи данных между ядрами процессора.

30. Скорость передачи данных при помощи кремниевого оптического модулятора.

31. Перспективы кремниевой нанооптики и нанофотоники для создания многоядерных портативных суперкомпьютеров.

**7. Ресурсное обеспечение:** п**еречень основной и дополнительной литературы**

**Основная литература:**

1. А.С.Илюшин, И.Р.Прудников, Е.В. Якута, "Перспективные объекты исследований в современной физике конденсированного состояния вещества. Полимерные структуры, фотонные кристаллы, сверхрешетки". — М.: МЦНМО, 2018. — С. 148.
2. Илюшин А.С., Прудников И.Р. «Современные проблемы физики конденсированного состояния вещества. Фотонные кристаллы. Успехи и достижения современных нанотехнологий». Учебное пособие. 2-е издание, дополненное и переработанное М.; физический факультет МГУ, 2009. – 47 с.
3. J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn, and R. D. Meade, Photonic crystals: molding the flow of light, second ed., Princeton University Press, Princeton, 2008.
4. Авторская презентация (автор И.Р. Прудников) МФК «**Современные компьютеры и интернет: могут ли они работать со "скоростью" света?».** Лектор использует эту презентацию при чтении лекций МФК.
5. Авторские Аудиолекции (автор И.Р. Прудников) по курсу МФК в формате mp4.

**Дополнительная литература:**

1. Busch K. et al. (ed.). Photonic crystals: advances in design, fabrication, and characterization. – John Wiley & Sons, 2006.
2. S. John, Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices, Phys. Rev. Lett. 58 (1987) 2486–2489.
3. E. Yablonovitch, T.J. Gmitter, R.D. Meade, A.M. Rappe, K.D. Brommer, J.D. Joannopoulos, Donor and acceptor modes in photonic band structure, Phys. Rev. Lett. 67 (1991) 3380–3383.

**8. Преподаватели дисциплины: к.ф.-м.н., Ст. н. с. Прудников И.Р., физический факультет МГУ**

1. Формы текущего контроля успеваемости – это: проверка конспектов лекций и первоисточников (статьи, монографии, учебника, книги и пр.) (ПК); контрольный (устный / письменный) опрос (КО); контрольная работа (КР); правовой диктант (ПД); презентация доклада, выступления, реферата (П); тестирование (решение тестовых заданий) (Т); коллоквиум (К); решение кейсов (конкретных практических ситуационных заданий) (РК); разработка исследовательского мини-проекта, отчет по нему (ИП); аналитический обзор официальной и исследовательской статистики и аналитики (АО); деловая игра (ДИ); выступление на научно-практической конференции (ВК). Формы текущего контроля успеваемости по всем темам дисциплины сопровождаются устными индивидуальными выступлениями (В) и групповой дискуссией (обсуждение противоречивых, проблемных тем и вопросов) обучающихся (Д). [↑](#footnote-ref-1)