

REFERENCES

1. *Akho A, Ulman Dzh.* Teoriya sintaksicheskogo analiza, perevoda i kompilyatsii. V 2 t. Sintaksicheskij analiz. M.: Mir, 1978. T. 1. 614 s.
2. *Bjord R.* Zhemchuzhiny proektirovaniya algoritmov: funktsionalnyj podkhod. M.: DMK Press, 2013. 330 s.
3. *Glushkov V. M.* Teorema o nepolnote formalnykh teorij s pozitsij programmista // Kibernetika. 1979. № 2. S. 1–5.
4. *Gris D.* Nauka programmirovaniya / Per. s angl. M.: Mir, 1984. 416 s.
5. *Dovek Zh., Levi Zh.-Zh.* Vvedenie v teoriyu yazykov programmirovaniya. M.: DMK Press, 2013. 134 s.
6. *Dushkin R.* Model tipizatsii Khindli-Milnera i primer ejo realizatsii na yazyke Haskell // Praktika funktsionalnogo programmirovaniya, 2010. № 5. S. 89–105.
7. *Ershov A. P.* Vvedenie v teoreticheskoe programmirovanie. M.: Nauka, 1977. 288 s.
8. *Kirpichjov E. R.* Ehlementy funktsionalnykh yazykov // Praktika funktsionalnogo programmirovaniya. 2009. № 3. S. 83–197.
9. *Knyazeva E. N.* Nastoyashhee i budushhee transdistsiplinarnykh issledovanij / Budushchee fundamentalnoj nauki: Kontseptualnye, filosofskie i sotsialnye aspekty problemy. M.: KRASAND, 2011. S. 248–258.
10. *Kotov V. E., Sabelfeld V. K.* Teoriya skhem programm. M.: Nauka, 1991. 248 s.
11. *Kudryavtseva I. A.* Metodika obucheniya bakalavrov fiziko-matematicheskogo obrazovaniya matematicheskim osnovaniyam paradigmm programmirovaniya: Avtoref. dis. ... kand phiz.-mat. nauk. SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Gertsena, 2005. 20 s.
12. *Laptev V. V., Shvetskij M. V.* Metodicheskaya sistema fundamentalnoj podgotovki v oblasti informatiki: Teoriya i praktika mnogourovnevnogo pedagogicheskogo universitetskogo obrazovaniya. SPb.: Izd-vo Sankt-Peterburgskogo universiteta, 2000. 508 s.
13. *Menskij M. B.* Chelovek i kvantovyj mir. Fryazino: Vek2, 2007. 320 s.
14. *Mitchell Dzh.* Osnovaniya yazykov programmirovaniya. M.; Izhevsk: NITs Regulyarnaya i khaticheskaya dinamika, 2010. 720 s.
15. *Nepejvoda N. N., Skopin I. N.* Osnovaniya programmirovaniya. M.; Izhevsk, 2003. 868 s.
16. *Pirs B.* Tipy v yazykakh programmirovaniya. M.: Lyambda press, Dobrosvet, 2012. 656 s.
17. *Khoar Ch.* Vzaimodejstvuyushhie posledovatelnye protsessy / Per. s angl. M.: Mir, 1989. 264 s.
18. *Kholsted M. Kh.* Nachala nauki o programmakh. M.: Finansy i statistika, 1981. 128 s.
19. *Khofshtadter D.* Gjodel, Ehsher, Bakh: ehta beskonechnaya girlyanda. Samara: Izdatelskij dom «Bakhrakh»; M., 2001. 752 s.

*А. А. Лужков, В. В. Рычгорский, И. И. Хинич*

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ФИЗИЧЕСКОМУ ПРАКТИКУМУ  
НА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОМ ЗОНДОВОМ МИКРОСКОПЕ NANOEDUCATOR**

*Обсуждается комплексный подход к построению цикла лабораторных занятий на сканирующем зондовом микроскопе. В качестве примера рассматривается исследование дифракционных решеток и эквивалентных им квазипериодических структур. В этой работе наряду с экспериментальным изучением профиля поверхности выполняется и его математическое преобразование.*

**Ключевые слова:** физический практикум, информационные технологии образовательной среды, нанотехнологии в образовании.

*A. Luzhkov, V. Rychgorsky, I. Khinich*

**Integrated Approach to Physics Practicum  
with High-Tech Probe Microscope Nanoeducator**

*An integrated approach to the composition of a practicum with scanning probe microscope is discussed. A research of diffraction grids and equivalent quasiperiodic structures is highlighted as an example. Along with an experimental study of surface profile the corresponding mathematical transformation is also performed.*

**Keywords:** physics practicum, information technologies in educational environment, nanotechnologies in education.

Во многих случаях информационная образовательная среда (ИОС) является виртуальной надстройкой, структурирующей современные способы организации и информационного сопровождения образовательного процесса. В то же время встраивание в ИОС высокотехнологичных лабораторных комплексов физического практикума демонстрирует пример максимально возможной «материализации» этой среды.

В настоящее время на факультете физики РГПУ им. А. И. Герцена развернут класс современного диагностического оборудования нанотехнологий — сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ) NanoEducator первого и второго поколения, что является примером объединения информационных технологий и высокотехнологичных измерительных приборов. В этом классе в течение последних пяти лет отработана методика проведения лабораторно-практических занятий на основе проблемно-ориентированного информационно-деятельностного подхода со студентами факультета физики и других естественнонаучных факультетов. Целью этой методики в первую очередь является развитие у студентов экспериментальных технологических навыков самостоятельной познавательной и профессиональной деятельности.

Оборудование высокотехнологичного уровня позволяет реализовывать комплексный подход к концепции многоуровневого физического практикума. Подход включает в себя различные формы проведения занятий, организацию межпредметных связей и реализуется в виде следующих основных направлений:

- 1) разнообразие выбора объектов исследования из различных областей естествознания;
- 2) изучение различных электрофизических характеристик объектов, в том числе и их модификацию в режиме нанолитографии;
- 3) сочетание параллельных исследований в нескольких лабораториях факультета физики;
- 4) математическую обработку результатов исследований как методами, встроенными в NanoEducator, так и в рамках параллельных дисциплин, например — «Вычислительная физика»;
- 5) работу в on-line режиме из удаленного класса (в качестве перспективного направления).

В соответствии с этим разработана структура лабораторно-практических занятий по общему направлению «Применение современных наукоемких технологий» для спецкурсов (уровней бакалавриата и магистратуры) и факультативов, включающая решение инновационно-экспериментальных задач и программно-методическое обеспечение обучающей системы. Типичная структура лабораторно-практических занятий содержит: 1) теоретическую

часть, 2) вопросы и тесты, 3) методику и технику эксперимента, 4) виртуальный эксперимент, 5) моделирование, 6) реальный эксперимент, 7) обработку результатов, 8) выводы.

СЗМ NanoEducator является многофункциональным исследовательским прибором, выпускаемым российской компанией НТ-МДТ. Его основные элементы с учетом внешних и внутренних связей представлены на рис. 1.

В программное обеспечение СЗМ NanoEducator уже встроены элементы методического сопровождения и справочно-информационные материалы по СЗМ. На первом этапе знакомства с прибором предусмотрен режим эмуляции реального эксперимента (сканирование виртуальных образцов).

Процессы настройки прибора, измерение и модификация образцов управляются специализированной компьютерной программой. Кроме того, имеется встроенный пакет для математической обработки полученных изображений и предусмотрена возможность сохранения данных в различных форматах.

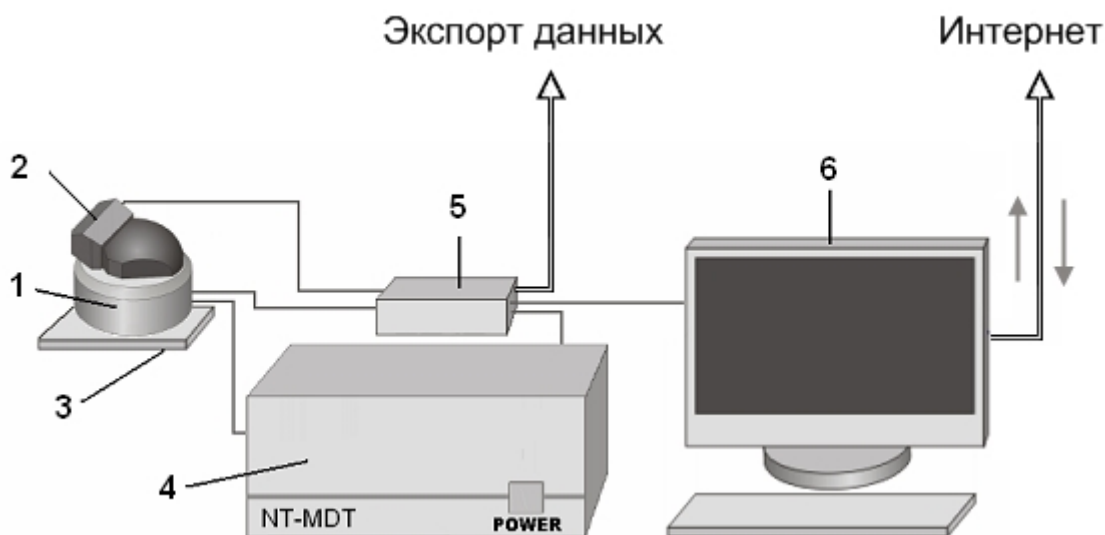


Рис. 1. Основные элементы СЗМ NanoEducator: 1 — измерительная головка; 2 — видеомикроскоп; 3 — antivиброционная подставка; 4 — контроллер; 5 — USB HUB (разветвитель); 6 — компьютер с выходом в Интернет и локальную сеть

В случае необходимости синхронно с работой на комплексе можно выполнять запросы в Интернет. Развернутые методические рекомендации к работам позволяют дополнять проводимые исследования изучением образцов на другом физическом оборудовании.

Данные, полученные в ходе эксперимента, обрабатываются как встроенными программами, так и внешними по отношению к комплексу средствами ИОС (на основе готовых программных пакетов или самостоятельно разработанных программ). Последний элемент может рассматриваться как дополнительное исследовательское задание.

В качестве примера заявленного комплексного подхода к лабораторному практикуму рассмотрим учебно-исследовательскую работу «Исследование дифракционных решеток и эквивалентных им квазипериодических структур».

Стандартные дифракционные решетки являются различными разновидностями очень точно изготовленных периодических структур. Они являются частью некоторых оптиче-

ских приборов, а также используются для демонстрации волновых свойств света в лабораторном цикле курса общей физики.

С другой стороны, существуют эквивалентные дифракционным решеткам квазипериодические структуры, которые реализуются в естественных условиях (в том числе у некоторых живых организмов) или могут возникать как побочное свойство некоторых технических элементов. Такие структуры при определенных условиях обеспечивают дифракционные эффекты того же типа, что и стандартные дифракционные решетки.

В рамках заявленного подхода к физическому практикуму на основе СЗМ NanoEducator по данной теме организуется комплексное исследование, состоящее из следующих основных этапов:

- 1) исследование профиля поверхности дифракционной решетки на СЗМ Nanoeducator-2;
- 2) исследование дифракционных эффектов на решетке в оптической лаборатории;
- 3) сканирование поверхности исследуемой квазипериодической структуры;
- 4) демонстрация дифракционных эффектов от данной структуры в оптической лаборатории;
- 5) компьютерная математическая обработка функции профиля поверхности исследуемой структуры с целью выявления периодической составляющей, ответственной за дифракцию.

Проиллюстрируем эти этапы результатами, получаемыми по ходу выполнения рассматриваемой учебно-исследовательской работы.

На рис. 2 представлен 3D профиль поверхности исследуемой треугольной дифракционной решетки, а на рис. 3 дано сечение ее поверхности в режимах определения высоты и фазового контраста.

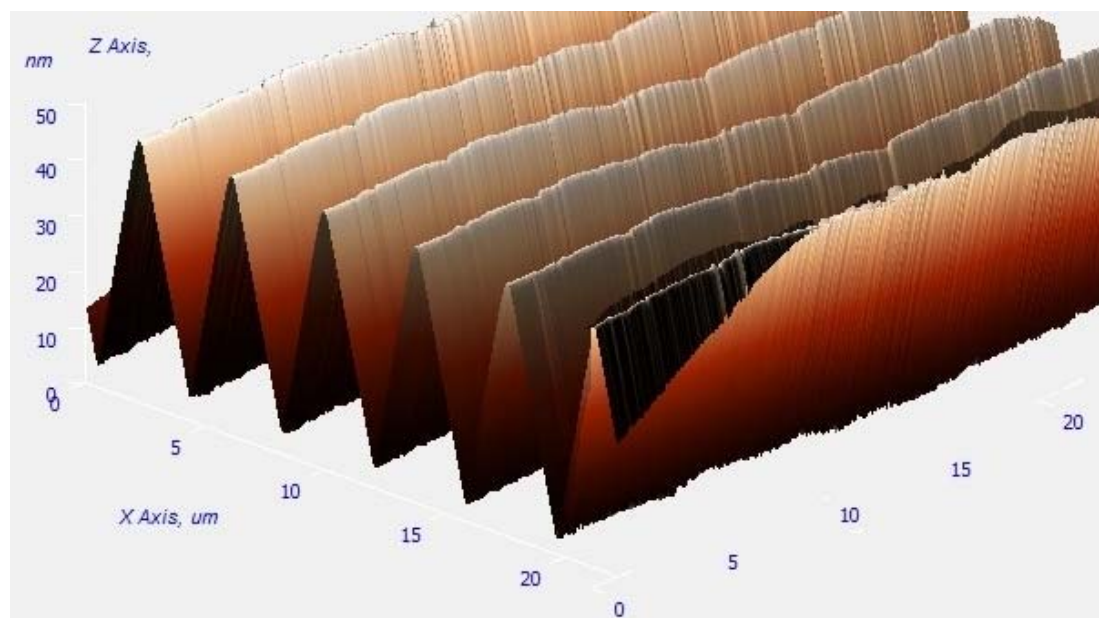


Рис. 2. Скан поверхности дифракционной решетки, снятый на СЗМ NanoEducator

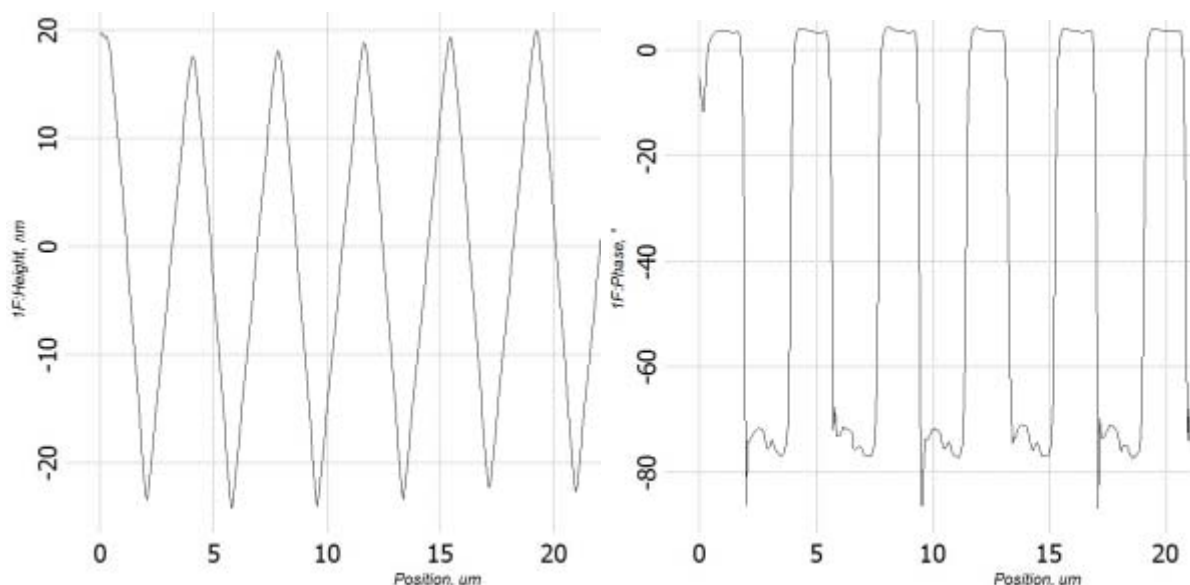


Рис. 3. Сечения профиля поверхности по высоте и отображение фазового контраста вдоль линии сечения

Сечение проведено в направлении, перпендикулярном «канавкам» дифракционной решетки (вдоль оси  $X$ ). Рисунки в явном виде демонстрируют наличие периодического профиля поверхности и позволяют определить количественные параметры решетки.

Далее эту решетку (или ее аналог) используют в оптической лаборатории для получения и количественного анализа дифракционной картины от лазерного луча, например, для определения его длины волны.

В качестве тестового объекта с квазипериодической структурой используется поверхность компакт-диска (точнее, фрагмент поверхности, содержащий несколько десятков «канавок» оптической записи). Периодом структуры является шаг спиральной дорожки (1,6 мкм). Именно эта структура и может рассматриваться как эффективная дифракционная решетка, работающая на отражение.

Результат сканирования поверхности такого диска представлен на рис. 4 в виде двумерного монохромного рисунка, где самым высоким точкам соответствует белый цвет, а самым глубоким — черный.

Справа вверху на рис. 4 показано одномерное сечение профиля поверхности по диагонали от левого верхнего угла к правому нижнему. Очевидно, что на таком графике мы не видим никакой периодичности. Однако исследования в оптической лаборатории, при которых поверхность диска используется как отражательная дифракционная решетка, на которую направляется луч лазера, показывают наличие четкой дифракционной картины. Зная длину волны лазера, можно рассчитать период эквивалентной дифракционной решетки, который должен совпадать с шагом спиральной дорожки.

Для математического обоснования этого факта студентам предлагается получить двумерное фурье-преобразование функции профиля поверхности, используя запись СЗМ кадра, полученную при сканировании и сохраненную в соответствующем формате. Для этого студенты могут использовать любой доступный пакет прикладных программ. Типичный результат такого преобразования представлен на рис. 4 в правом нижнем углу.

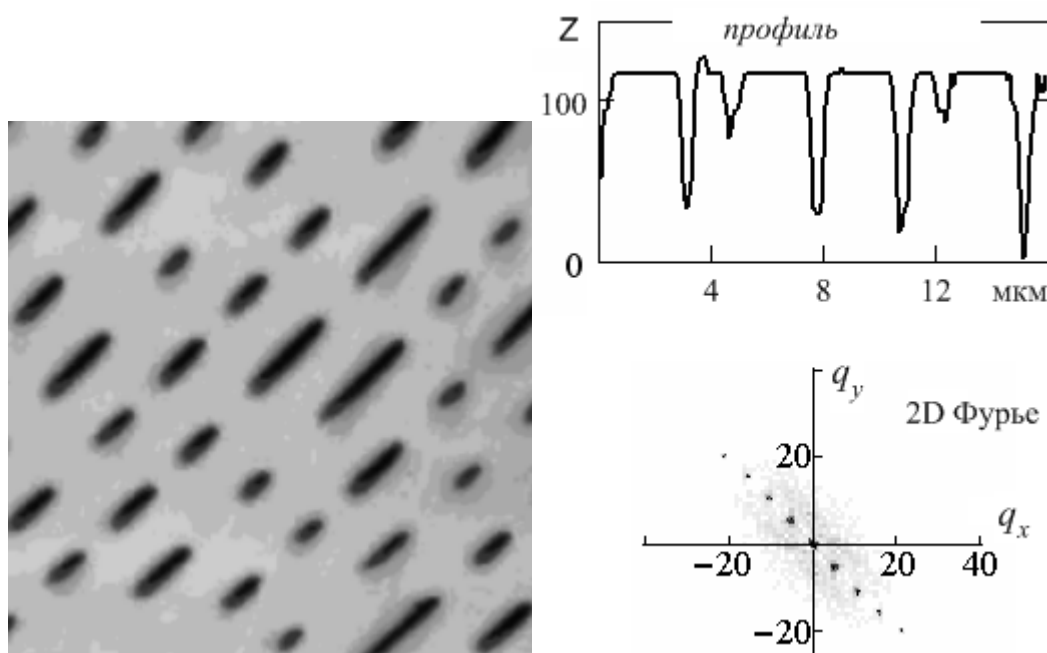


Рис. 4. Фрагмент поверхность CD диска, его сечение вдоль диагонали и двумерный Фурье-образ профиля поверхности

На рисунке хорошо видна цепочка эквидистантных максимумов, ориентированных в направлении  $(1, -1)$ . Расстояние между точками (с учетом масштаба) обратно пропорционально периоду квазипериодической структуры, то есть шагу решетки.

После обработки результатов экспериментов студентам предлагается осуществить интернет-поиск других примеров квазипериодических структур естественного или искусственного происхождения, демонстрирующих эффекты оптической дифракции. Целью такого поиска может быть выбор других объектов для будущего исследования.

В заключение еще раз отметим, что именно практикум такого рода максимально стимулирует самостоятельную работу студентов, поскольку он обеспечивается современными средствами высокотехнологичной образовательной среды.

#### Список литературы

1. Дашина А. Ю., Лужков А. А., Попова И. О., Хинич И. И. Физические основы наноэлектроники. Часть 1: Сканирующая зондовая микроскопия: Учебно-методическое пособие. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2010. 86 с.
2. Ханин С. Д., Хинич И. И. Исследовательское обучение физическим основам электроники в подготовке педагогических кадров: Монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. 127 с.
3. Лужков А. А. Математическая обработка изображений в сканирующей зондовой микроскопии: Учебно-методическое пособие. СПб.: Изд. РГПУ им. А. И. Герцена, 2012. 52 с.

#### REFERENCES

1. Dashina A.U., Luzhkov A. A., Popova I. O., Khinich I. I. Fizicheskie osnovy nanoelektroniki: Chast 1. Skaniruyschaya zondovaya mikroskopija: Uchebno-metodicheskoe posobie. SPb.: Izd. RGPU im. A. I. Herzena. 2010. 86 s.

2. Khanin S. D., Khinich I. I. Issledovatel'skoe obuchenie fizicheskim osnovam elektroniki v podgotovke pedagogicheskikh kadrov: Monografiya SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Hertseny. 2011. 127 s.

3. Luzhkov A. A. Matematicheskaya obrabotka izobrazhenii v skaniruyschey zondovoi mikroskopii: Uchebno-metodicheskoe posobie. SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Hertseny. 2012. 52 s.

*S. A. Mikhееva, E. P. Svit*

### ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

*Рассматриваются основные различия между понятиями «дистанционное обучение» и «электронное обучение», анализируются преимущества электронного обучения, формулируются основные направления его использования в образовательной среде педагогического университета. Описывается опыт использования электронного обучения на курсах повышения квалификации учителей экономики в рамках совместного проекта Института экономического образования университета им. К. фон Оссецкого (Германия) и РГПУ имени А. И. Герцена.*

**Ключевые слова:** электронное обучение, дистанционное обучение, информационно-коммуникационные технологии, образовательная среда.

*S. Mikheeva, E. Svit*

### Experience and Prospects of E-Learning in Educational Environment of a Pedagogical University

*This article examines the distinct differences between 'distance education' and 'e-learning' in higher education settings, analyzes the advantages of e-learning, formulates the main directions of its use in the educational environment of a pedagogical university. The article describes the experience of using e-learning in CPD courses for teachers of economics in the project of the Institute for Economic Education of Carl von Ossietzky University (Germany) and Herzen State Pedagogical University of Russia.*

**Keywords:** e-learning, distance learning, information and communication technology, educational environment.

Системы высшего образования во всем мире сегодня широко используют современные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), которые позволяют не только объединить традиционные инструменты обучения, но и значительно расширить их перечень, оказывая существенное влияние на информационную культуру в образовательной среде вуза. Все более востребованным способом получения новых знаний в мире становится электронное обучение. Несмотря на значительное число исследований по использованию ИКТ в образовании, многие аспекты использования электронного обучения разработаны недостаточно. Внедрение электронного обучения в образовательную среду университета требует его теоретического осмысления, создания научно обоснованной системы подготовки всех участников образовательного процесса. Цель данной работы — разработка