



Получено: 19.07.2024 г. | Принято: 24.07.2024 г. | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2024.17.5.276.280>

Научная статья

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ "ФЕМТОСКАН ОНЛАЙН": ОТ СРЕДНЕЙ ДО ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

И.В.Яминский^{1, 2}, д.ф.-м.н., проф., ген. дир., ORCID: 0000-0001-8731-3947 / yaminsky@nanoscopy.ru

Аннотация. Программное обеспечение "ФемтоСкан Онлайн", являясь высокопрофессиональным продуктом для научных исследований, оказалось удачным инструментом для образовательной деятельности в средней и высшей школе. В научных исследованиях "ФемтоСкан Онлайн" предоставляет весь спектр необходимых решений для сбора, хранения, анализа, обработки и дальнейшего применения экспериментальных данных оптической, электронной и зондовой микроскопии. Наибольшая ценность программного обеспечения "ФемтоСкан Онлайн" состоит в широких возможностях работы с трехмерными изображениями в различных ракурсах, цветовых гаммах с использованием математических фильтров и операций, количественной обработки и наглядного визуального представления. В "ФемтоСкан Онлайн" также предусмотрена возможность работы с двумерными данными – диаграммами, графиками, сканами и пр. Обработка фотографий тоже может находиться в фокусе "ФемтоСкан Онлайн".

Ключевые слова: обработка данных, выравнивание подложки, атомно-силовая микроскопия, сканирующая зондовая микроскопия, бионаноскопия

Для цитирования: И.В. Яминский. Программное обеспечение "ФемтоСкан онлайн": от средней до высшей школы. НАНОИНДУСТРИЯ. 2024. Т. 17. № 5. С. 276–280. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2024.17.5.276.280>.

Received: 19.07.2024 | Accepted: 24.07.2024 | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2024.17.5.276.280>

Original paper

FEMTOSCAN ONLINE SOFTWARE: FROM SECONDARY TO HIGH SCHOOL

I.V.Yaminsky^{1, 2}, Doct. of Sci. (Physics and Mathematics), Prof., Director, ORCID: 0000-0001-8731-3947 / yaminsky@nanoscopy.ru

Abstract. FemtoScan Online software, being a highly professional product for scientific research, has turned out to be a successful tool for educational activities in secondary and higher schools. In scientific research, FemtoScan Online provides the full range of necessary solutions for the collection, storage, analysis, processing and further application of experimental data from optical, electron and probe microscopy. The greatest value of the FemtoScan Online software lies in its wide capabilities for working with three-dimensional images from different perspectives, color scales using mathematical filters and operations, quantitative processing and clear visual representation. FemtoScan Online also provides the ability to work with two-dimensional data – diagrams, graphs, scans, etc. Photo processing can also be the focus of FemtoScan Online.

Keywords: data processing, substrate alignment, atomic force microscopy, scanning probe microscopy, bionanoscopia

For citation: I.V. Yaminsky. FemtoScan online software: from secondary to high school. NANOINDUSTRY. 2024. Vol. 17. No. 5. PP. 276–280. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2024.17.5.276.280>.

¹ МГУ имени М.В.Ломоносова, Физический факультет, Москва, Россия / Lomonosov Moscow State University, Physical department, Moscow, Russia

² ООО НПП "Центр перспективных технологий", Москва, Россия / Advanced Technologies Center, Moscow, Russia



ВВЕДЕНИЕ

А зачем "ФемтоСкан Онлайн" в школе? При начальном использовании "ФемтоСкан Онлайн" школьник сразу же может познакомиться с объектами наномира: атомами, молекулами, наночастицами и наноматериалами. И сразу в трехмерном виде. Особый интерес представляет наблюдение объектов живой природы – ДНК и РНК, белков, липидов, вирусов, бактерий, клеток различных организмов. Каков размер атома или человеческого волоса? Как выглядит вирус табачной мозаики или обыкновенной простуды человека? На эти и другие вопросы ответ дает "ФемтоСкан Онлайн". Инструменты – линейка или сечение – интуитивно понятны и в высшей степени информативны. Можно выделить одиночный объект и определить совокупность его геометрических параметров – периметр, площадь основания, объем, перепад высот, шероховатость. К этим же параметрам относится и фактор формы: насколько, например, форма объекта отличается от шара и насколько близка к вытянутой. Широкое поле для самостоятельной и вдумчивой работы школьника [1].

"ФЕМТОСКАН" В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Работа с трехмерными изображениями позволяет понять много важных вопросов. Так уж получается, что в школьных задачах по физике ответ имеет точное значение. К примеру, действующая сила в 1 Н, или скорость в момент приземления тела – 10 м/с. В реальных условиях все не так. Значения всегда получаются приблизительными с той или иной точностью. На первых курсах обучения в высшей школе многим это не нравится. Хочется точного ответа, а не ответа с погрешностью. Но с этим приходится мириться и только стараться каждый раз получать значение измеряемой величины все точнее и точнее.

Как и в других физических экспериментах, в зондовой микроскопии есть шумы, помехи и огрехи, которые будут проявляться на трехмерных изображениях. Для их устранения там, где это возможно, используют различные виды фильтрации. В зондовой микроскопии надо регистрировать субмикронные перепады рельефа поверхности образца. Однако из-за температурного дрейфа поверхность образца может плавно приближаться к зонду или от него удаляться. На изображении появляется наклон, которого на поверхности образца нет. Для устранения такого эффекта из полученного изображения вычитают плоскость наклона. Для удаления одиночных выбросов используют медианную фильтрацию. Как работают различные математические фильтры можно наглядно смотреть при их использовании на реальных или модельных образцах. В итоге получается хорошая лабораторная работа по математике и информатике.

INTRODUCTION

Why does FemtoScan Online need to be used at school? With the initial use of FemtoScan Online a schoolchild can immediately get acquainted with the objects of the nanoworld: atoms, molecules, nanoparticles and nanomaterials. And, immediately, in three-dimensional form. Of particular interest is observation of living nature objects – DNA and RNA, proteins, lipids, viruses, bacteria, cells of various organisms. What is the size of an atom or a human hair? What does the tobacco mosaic virus or the common human cold look like? FemtoScan Online answers these and other questions. The tools – ruler or section – are intuitive and highly informative. You can select a single object and define a set of its geometric parameters – perimeter, base area, volume, height difference, roughness. These parameters also include the shape factor: how much, for example, the shape of the object differs from a sphere and how close to an elongated one. A wide field for independent and thoughtful work of a schoolchild [1].

FEMTOSCAN IN SECONDARY SCHOOL

Working with three-dimensional images allows you to understand many important questions. It so happens that in school physics problems the answer has a precise meaning. For example, the acting force is 1 N, or velocity at the moment of landing of the body is 10 m/sec. In real conditions it is not so. The values always turn out to be approximate with one or another accuracy. In the first courses of higher education, many people do not like it. They want an exact answer, not an answer with an error. But you have to put up with it and only try to get the value of the measured value more and more accurately each time.



Рис.1. Занятия в ЦМИТ "Нанотехнологии" по обработке данных с ПО "ФемтоСкан Онлайн"

Fig.1. Classes in YICC "Nanotechnologies" on data processing in FemtoScan Online software



Клондайк для урока по биологии – это изображение вирусов, бактерий и клеток, а также РНК, ДНК, белков, липидов. Можно рассмотреть все мельчайшие детали с большой пользой для понимания и обучения.

На уроках химии удачным и красивым примером является локальное анодное окисление поверхности. В качестве образца может выступать поверхность графита, кремния, титана, алюминия и других материалов. В эксперименте в определенных местах поверхности к зонду прикладывается отрицательный потенциал. В результате на поверхности образца происходит окисление под действием электронов и отрицательных ионов. Полученный таким образом оксидный слой будет давать дополнительный рельеф на поверхности. Получается литография с нанесением фигурок, портретов и других рисунков.

Простор возможностей дает зондовая микроскопия на уроках физики. Например, есть хороший вопрос: как отличить реальный наклон поверхности образца от наклона, обусловленного температурным дрейфом? Вопрос не очень сложный, и сообразительный школьник дает правильный ответ, хотя может быть и не сразу. Пара подсказок бывает полезна.

Другие физические задачи. Прижимая зонд к поверхности с различной силой, можно оценить механические свойства поверхности. Также можно определить вариации силы трения между зондом и исследуемой поверхностью.

Настройка цепи обратной связи – широкое поле для общего понимания, что такое обратная связь не только в зондовой микроскопии. Благодаря зондовой микроскопии можно легче понять, как ее настраивать и зачем используются пропорциональное, интегральное и дифференциальное звенья. Начать тренировку полезно с весового макета. Весовым макетом мы называем резистор (электрическое сопротивление), которое подключаем между выходом и входом цепи обратной связи. С точки зрения функционирования электроники сканирующего зондового микроскопа всю механическую систему, включая зонд, образец, систему перемещения и регистрации можно заменить одним резистором. Если в цепи появился дополнительный сигнал, то обратная связь должна его скомпенсировать. Так и в обыденной жизни. Если кто-то начинает говорить излишне громко, мы просим его немного умерить свой пыл. Мы выступаем в качестве обратной связи и подаем выходной сигнал – просим говорить тише. Что получится, в конце концов, точно неизвестно. Но часто

As in other physical experiments, probe microscopy has noise, interference and errors that will appear in three-dimensional images. Various types of filtering are used to remove them where possible. In probe microscopy, it is necessary to register submicron differences in the sample surface topography. However, due to temperature drift, the sample surface may smoothly approach or move away from the probe. A slope appears in the image that is not present on the sample surface. To eliminate this effect, the slope plane is subtracted from the resulting image. Median filtering is used to remove single outliers. How different mathematical filters work can be clearly seen when using them on real or model samples. The result is good laboratory work in maths and computer science.

A "Klondike" for a biology lesson are images of viruses, bacteria and cells, as well as RNA, DNA, proteins, lipids. You can look at all the minute details with great benefit for understanding and learning.

In chemistry lessons, local anodic oxidation of a surface is a successful and beautiful example. The sample can be the surface of graphite, silicon, titanium, aluminium and other materials. In the experiment, a negative potential is applied to the probe in certain places of the surface. As a result, oxidation occurs on the surface of the sample under the action of electrons and negative ions. The oxide layer thus obtained will give additional relief on the surface. This results in lithography with figures, portraits and other designs.

Probe microscopy in physics lessons offers a wide range of possibilities. For example, there is a good question: how to distinguish the real slope of the sample surface from the slope caused by temperature drift? The question is not very difficult, and a clever pupil gives the right answer, although maybe not immediately. A couple of hints can be useful.

Other physics tasks. By pressing a probe against a surface with different forces, the mechanical properties of the surface can be evaluated. It is also possible to determine variations in friction force between the probe and the surface under study.

Tuning a feedback circuit is a broad field for a general understanding of what feedback is not only in probe microscopy. Probe microscopy makes it easier to understand how to tune it and why proportional, integral and differential links are used. It is useful to start the training with a weight layout. A weight dummy is a resistor (electrical resistance) that we connect between the output and input of a feedback circuit. From the point of view of scanning probe microscope electronics functioning, the entire mechanical system including the probe, sample, handling and recording system can be replaced by a single resistor. If an additional signal appears in the circuit, the feedback should compensate for it. So it is in everyday life. If someone starts to speak too loudly, we ask him or her to tone it down a bit. We act as feedback and give an



обратная связь срабатывает, и говорящий сбавляет громкость речи. Но если мы попросим невежливо и слишком громко, то, скорее, получим обратный эффект. Не дай бог услышим крик и брань. Так и в зондовой микроскопии, если ответ обратной связи будет слишком резким, то микроскоп хоть и не заругается, но может перейти в автоколебательный режим и повредить и зонд, и образец.

Для эффективного использования программного обеспечения "ФемтоСкан Онлайн" на школьных уроках или в проектной деятельности школьников недостаточно одного программного обеспечения. Необходим богатый, обширный и понятный дополнительный образовательный материал: пособия, видеоролики, базы данных изображений, поддержка через социальные сети, организация конкурсов, олимпиад, хакатонов, встречи, конференции и т.д.

В 2011 году мы выпустили описание Практикума для старшеклассников по сканирующей зондовой микроскопии "Пять нобелевских уроков" [2]. За прошедшее время зондовая микроскопия сильно продвинулась вперед и назрело время нового сборника для школьников. Теперь существует уже не 5, а как минимум 25 уроков, и необязательно нобелевских. Работаем.

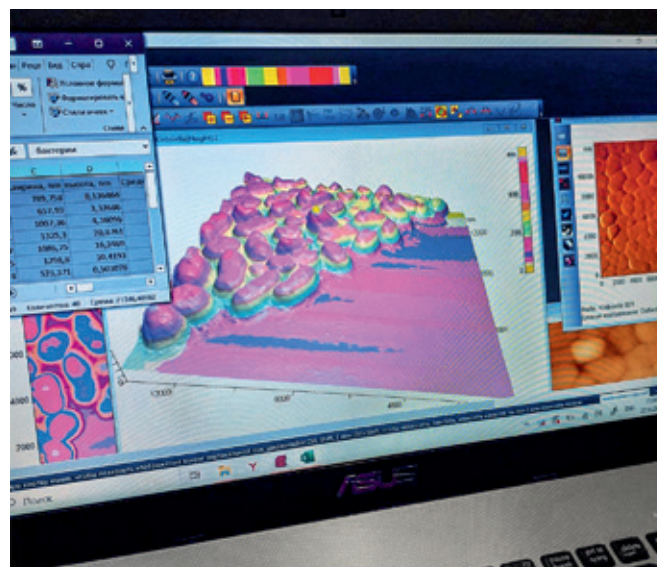


Рис.2. Новая палитра для обработки бактериальных клеток готова

Fig.2. A new palette for bacterial cell processing is ready

output signal – we ask you to keep your voice down. We do not know exactly what will happen in the end. But often the feedback works, and the speaker lowers the volume of



ТЕЛЕГРАММ КАНАЛ
НАУЧНОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА
ТЕХНОСФЕРА:

- Онлайн репортажи с крупнейших выставок отрасли
- Анонсы мероприятий с участием технических экспертов отрасли
- Скидки на журналы издательства до 25%
- Конкурсы и розыгрыши от ведущих компаний
- Книжные новинки и презентации новых выпусков журналов

Подписывайтесь и оставайтесь в курсе главных событий научно-технической сферы





В 2021 году были подготовлены четыре образовательных видеоролика для широкой аудитории, в том числе школьников [3]:

- Взгляд в наномир. В контакте;
- Как взвесить один атом?
- Вирусы под микроскопом;
- Сканирующая капиллярная микроскопия.

Доступность материала стала нашей основной заботой, с которой мы постарались справиться.

Бесспорно, этого мало. И в целом в мире мало информации для школьников об этом уникальном методе изучения наномира и его объектов.

Для практических занятий сканирующей зондовой микроскопии нами при поддержке правительства Москвы был запущен на физическом факультете МГУ Центр молодежного инновационного творчества "Нанотехнологии" – www.startinnovation.com. Центр оборудован шестью многофункциональными сканирующими зондовыми микроскопами "ФемтоСкан".

ВЫВОДЫ

Сейчас мы сделали программное обеспечение доступным для средней школы. По заявке школа получает на бесплатной основе необходимое количество бессрочных лицензий и имеющийся у нас сопроводительный материал. В кооперации со школами будем проводить конкурс на лучшее изображение.

ИНФОРМАЦИЯ О РЕЦЕНЗИРОВАНИИ

Редакция благодарит анонимного рецензента (рецензентов) за их вклад в рецензирование этой работы, а также за размещение статей на сайте журнала и передачу их в электронном виде в НЭБ eLIBRARY.RU.

Декларация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в данной статье.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Akhmetova A.I., Yaminsky I.V., Sovetnikov T.O. FemtoScan Online: 3D visualization and processing of bionanoscapy data // NANOINDUSTRY. 2023. Vol. 16. No. 7–8. PP. 450–455. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2023.16.7-8.450.455>
2. Bolshakova A.V., Dubrovin E.V., Protopenova A.S., Sinitsyna O.V., Smironov S.Yu., Yaminsky I.V. Workshop for high school students on scanning probe microscopy. Five Nobel lessons. Moscow. Center for Advanced Technologies. 2013.
3. Электронный источник: <https://rutube.ru/channel/27613222/>

speech. If we ask impolitely and too loudly, we are more likely to get the opposite effect. God forbid we hear shouting and swearing. Similarly, in probe microscopy, if the feedback response is too sharp, the microscope, although not scolding, may go into auto-oscillation mode and damage both the probe and the sample.

For effective use of FemtoScan Online software at school lessons or in project activities of students, software alone is not enough. There is a need for rich, extensive and understandable additional educational material: manuals, videos, image databases, support via social networks, organisation of contests, Olympiads, hackathons, meetings, conferences, etc.

In 2011, we published a description of the Practical studies for high school students on scanning probe microscopy "Five Nobel lessons" [2]. Since then, probe microscopy has advanced a lot and the time is ripe for a new compendium for high school students. Now there are not 5 but at least 25 lessons, and not necessarily Nobel lessons. Work is in a progress.

In 2021, 4 educational videos were produced for a wide audience, including schoolchildren [3]:

- Outlook into the nanoworld. In contact;
- How do you weigh a single atom?
- Viruses under the microscope;
- Scanning capillary microscopy.

The accessibility of the material has been our main concern, which we have tried to address. Undoubtedly, this is not enough. In general, there is little information for schoolchildren about this unique method of studying the nanoworld and its objects.

For practical training in scanning probe microscopy, we launched the Youth Innovative Creativity Centre "Nanotechnologies" (www.startinnovation.com) at the Physical Department of MSU with the support of the Moscow City Government. The Centre is equipped with six multifunctional FemtoScan scanning probe microscopes.

CONCLUSIONS

We have now made the software available to secondary schools. On request, schools receive the necessary number of perpetual licences and the accompanying materials available to them free of charge. In co-operation with schools, we will organise a competition for the best image.

PEER REVIEW INFO

Editorial board thanks the anonymous reviewer(s) for their contribution to the peer review of this work. It is also grateful for their consent to publish papers on the journal's website and SEL eLibrary eLIBRARY.RU.

Declaration of Competing Interest. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.



ТЕРМООБРАБОТКА

Семнадцатая международная специализированная выставка

Единственная в России выставка
термического оборудования и технологий

17 - 19 сентября 2024

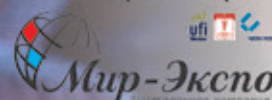
Россия, Москва, ЦВК "Экспоцентр", павильон 7, зал 1



Основные разделы:

- » Оборудование для термической и химико-термической обработки
- » Промышленные печи и сушильные шкафы
- » Жаропрочная оснастка
- » Индукционное оборудование
- » Огнеупорные и теплоизоляционные материалы
- » Изделия из графита, углеродного волокна и углерод-углеродных композитов
- » Лабораторное и контрольно-измерительное оборудование
- » Вакуумная техника
- » Автоматизация производства

Организатор:



Независимый
выставочный
аудит



В рамках выставки "Термообработка - 2024" 18 сентября пройдет
**Семнадцатая международная научно-практическая конференция
"Инновационные технологии термообработки"**

Место проведения: Москва, ЦВК "Экспоцентр", павильон 7, зал 1, конференц-зал

Информационная поддержка:



Официальный сайт выставки:
www.htexporus.ru



Telegram-канал «Термообработка»
@termoobrabotka



termoobrabotka



@htexpo_ru

