

Разработка практикума по микрофлюидике для англоязычного модуля «Smart Materials»

DOI 10.31483/r-63858

УДК 378

Безруков А.Н.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Российская Федерация.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3253-0335>, e-mail: a.bezrukov.knrtu@yandex.ru

Резюме: Статья посвящена анализу опыта разработки и аprobации экспериментальных практикумов для иностранных студентов на основе современных методик. Особенno это актуально для программ в области химической технологии и материаловедения, так как соответствующие практикумы дают студентам возможность познакомиться с передовыми междисциплинарными методами получения и исследования свойств современных материалов. Цель статьи – разработка междисциплинарного практикума по микрофлюидным системам для англоязычного модуля магистерской программы «Smart Materials». Методы. Анализ производился на базе Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ). Разработка экспериментального практикума осуществлялась на основе опыта международных партнеров КНИТУ: университета Регенсбурга (Германия) и университета Карнеги-Меллон (США) путем сравнительного анализа программ магистратуры в КНИТУ и вузах-партнерах, а также учебно-методических материалов соответствующих образовательных программ. Делается вывод, что микрофлюидные системы типа «лаборатория-на-чипе» являются перспективными устройствами для реализации различных химических и химико-технологических процессов на уровне конечного пользователя или группы пользователей и являются актуальной экспериментальной средой для студентов естественнонаучных специальностей. Проведена аprobация разработанного практикума среди студентов программ бакалавриата и магистратуры. Проанализирована возможность использования практикума для организации краткосрочных международных образовательных программ, таких как летние школы. Практикум вызвал значительно больший интерес у студентов по сравнению с традиционными лабораторными работами ввиду возможности самостоятельного проектирования и изготовления микрофлюидных устройств и управления процессом получения наночастиц с помощью компьютера.

Ключевые слова: инженерное образование, магистратура, международные образовательные программы, интернационализация образования, микрофлюидные системы.

Благодарности: Исследование проводилось при поддержке Благотворительного фонда В.А. Потанина, грант для преподавателей магистратуры № ГСГК-25/18.

Автор выражает благодарность коллективу лаборатории Complex Fluids Engineering университета Карнеги-Меллон, США, за помощь в разработке и изготовлении микрофлюидных устройств.

Для цитирования: Безруков А.Н. Разработка практикума по микрофлюидике для англоязычного модуля «Smart Materials» // Развитие образования. – 2019. – № 4 (6). – С. 8-12. DOI:10.31483/r-63858.

Development of a Practicum on Microfluidics for a «Smart Materials» Module in English

Artem N. Bezrukov

FSBEI HE "Kazan National Research Technological University" N.G. Chernyshevsky", Kazan, Russian Federation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3253-0335>, e-mail: a.bezrukov.knrtu@yandex.ru

Abstract: The article is devoted to the analysis of development and testing of experimental practicums for foreign students based on modern techniques. It is of special importance for programs in chemical engineering and material's science as respective practicums provide students with opportunities to learn more about cutting-edge interdisciplinary methods used for development and investigation of modern materials properties. The purpose of the article is to develop an interdisciplinary experimental practicum on microfluids for a Master's degree program «Smart Materials» in English. **Methods.** The analysis was carried out on the basis of Kazan National Research Technological University (KNRTU). The development of the experimental practicum was carried out on the basis of the KNRTU international partners' experience: the University of Regensburg (Germany) and Carnegie Mellon University (USA) through a comparative analysis of master's programs at KNRTU and international partners, as well as teaching materials of relevant educational programs. *It is concluded that* microfluidic systems such as «lab-on-a-chip» devices are a promising technology for the implementation of various chemical and chemical-technological processes for the end user or group of users as well as an actual experimental environment for students studying natural sciences. The practicum was tested on Bachelor's and Master's students. The practicum was analyzed for its potential to be implemented as a component of short-term academic programs such as summer schools. The practicum aroused greater interest among students compared to traditional laboratory work due to the possibility of self-design and manufacture of microfluidic devices and control of the process of obtaining nanoparticles using a computer.

Keywords: engineering education, international educational programs, master's degree, internationalization of education, microfluidic systems.

Acknowledgements: The research was carried out under the sponsorship of Vladimir Potanin Charitable Foundation, grant for teachers of master's degree №ГСГК-25/18.

The author expresses gratitude to the staff of the laboratory Complex Fluids Engineering of Carnegie Mellon University, USA, for their assistance in the development and manufacture of microfluidic devices.

For citation: Bezrukov A.N. (2019). Development of a Practicum on Microfluidics for a «Smart Materials» Module in English. *Razvitiye obrazovaniya = Development of education*, 4(6), 8-12. (In Russ.) DOI:10.31483/r-63858.

Микрофлюидика «Smart Materials» модуль валли ақалчан чөлхипе практикум хатерлени

Безруков А.Н.

АП «Хусанән тәпчев технологийә наци университетеч» ФПБВУ,

Хусан, Раçсей Патшаләхе.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3253-0335>, e-mail: a.bezrukov.knrtu@yandex.ru

Аннотации: Магитратурән тәнче шайне тивәстerekен программисене хатерлесси Раçсей аслә шкулән ёçенче пәлтерешлә вырән йышшаныт. Инженерсене хатерлекен программасемшән ют çёр-шыв студенчесем валли сәнав практикумсем хатерлесси паян күн пысак вырән йышшаныт. Çак ёç уйрәмых хими технологийесемпе тата материаловедение сыйханнә программасене кирлә, мәншән тесен хальхи практикумсем темиçe предмета пेrlештешреççé, չавәнна студентсем паян усä куракан сәнә материалсем тума тата вәсен уйрәмләхнә тәнчеме меллә чи лай-äх меслесемпе паллашаççé. Ку статьяра Хусанән тәпчев технологийә наци университететенче микрофлюидика «Smart Materials» модуль валли ақалчан чөлхипе практикум хатерленә опыта пәтәмләтнә. «Чип лабораторийә» евәрлә микрофлюидика системисем хими тата химипе технологии процессесене пёччен ысын еушкән пурнаça көртме малашләх пур хатерсем шутланасçé, паян күн сут çанталäк яслаләхнә алла илекен студентсемшән тेrlә эксперимент ирттерме меллә хутләх пулса тăраççé. Практикума хатерленә чухне университетән урах çёр-шывра ёçлекен партнерләс - Карнеги-Меллон университетеч (АПШ) тата Регенсбург университетеч (Германия) – тәнче шайенче программасем янтälаса пухнә оптыне шута илнә. Хатерленә практикума бакалавриат тата магистратура студенчесемпе ёçлесе тेरәсленә. Практикума тәнче программипе ирттерекен кëске курсра (тëслëхрен, չуллахи шуклта) усä курма май пуррине тишкернә.

Тәп сামахсем: инженер пәлләвә, тәнче вәренү программисем, магистратура, вәренү интернационализациленни, микрофлюид системи.

Тав таңы: Тәпчеве В.А. Потанинән ыр кämälлäх фончे пулашнипе ирттернә, магистратура преподавателесем валли уйарнä ГСПК-25/18 №-лә грант.

Автор выражает благодарность коллективу лаборатории Complex Fluids Engineering университета Карнеги-Меллон, США, за помощь в разработке и изготовлении микрофлюидных устройств.

Цитаталама: Безруков А.Н. Разработка практикума по микрофлюидике для англоязычного модуля «Smart Materials» // Развитие образования. – 2019. – № 4 (6). – С. 8-12. DOI:10.31483/r-63858.

Введение

В рамках федерального проекта «Экспорт образования» планируется значительное увеличение числа иностранных студентов в российских вузах к 2025 г. Актуальной задачей для реализации подобного масштабного проекта является разработка международных образовательных программ на иностранном языке, которые бы привлекали студентов из-за рубежа в рамках краткосрочных и долгосрочных программ академической мобильности [1–3].

Разработка международных программ в сфере инженерного образования подразумевает разработку и практических компонентов – экспериментальных практикумов. Так, в программах в области химической технологии и материаловедения подобные практикумы дают студентам возможность познакомиться с передовыми междисциплинарными методами получения и исследования свойств современных материалов.

Экспериментальные практикумы могут быть важным компонентом не только долгосрочных образовательных программ, но и краткосрочных программ мобильности, таких как летние школы, семестровые программы и т. д., и служить дополнительным фактором привлечения иностранных студентов в российские вузы [4].

В настоящей статье анализируется опыт создания и апробации практикума по микрофлюидным системам для англоязычного модуля «Умные материалы» – «Smart Materials» программы магистратуры «Физико-химические особенности надмолекулярно-организованных процессов и систем» на базе Казанского национального исследовательского технического университета (КНИТУ).

Микрофлюидика – перспективная междисциплинарная область исследований, посвященная манипулированию микрообъемами жидкостей и растворов различных химических веществ в каналах размером от десятков до сотен микрометров [5]. С образователь-

ной точки зрения микрофлюидика интересна, в первую очередь, тем, что она предлагает экономичные альтернативы дорогостоящим экспериментальным методам. Например, многие магистерские работы студентов, обучающихся по программам в сфере нанотехнологии, биотехнологии и материаловедения, включают данные по определению размеров наночастиц на дорогостоящем оборудовании (таком как Malvern Zetasizer Nano). Микрофлюидные аналоги могут дать удовлетворительные результаты на уровне студенческих практикумов и имеют стоимость на два порядка меньше. Во-вторых, работа с микрофлюидными системами дают возможность студентам участвовать во всех стадиях процесса экспериментального исследования: от проектирования и изготовления микрофлюидных устройств до модификации свойств различных функциональных материалов в этих устройствах (применительно к программам по химической технологии и материаловедению). Микрофлюидные устройства легко интегрируются в компьютерные системы, управляемые на месте и дистанционно, что позволяет эффективно решать важные сегодня задачи цифровизации образовательного процесса [6] и организации научных исследований в университете на современном уровне [7].

Соответственно целью настоящей работы являлась разработка междисциплинарного экспериментального практикума по микрофлюидике для студентов программ магистратуры. Были поставлены следующие задачи:

1. Разработать доступную для студентов методику проектирования и изготовления микрофлюидных устройств.
2. Разработать междисциплинарный экспериментальный практикум для магистрантов инженерных специальностей.
3. Провести апробацию практикума со студентами, обучающимися в рамках международных программ.



Методы. При проектировании компонентов образовательных программ для интернационализации как в гуманитарной, так и в технической сфере, необходим учет передового международного опыта [8; 9]. Разработка экспериментального практикума осуществлялась на основе опыта международных партнеров КНИТУ: университета Регенсбурга (Германия) и университета Карнеги-Меллон (США) путем сравнительного анализа программ магистратуры в КНИТУ и вузах-партнерах, а также учебно-методических материалов соответствующих образовательных программ.

Апробация практикума осуществлялась в группах студентов инженерных специальностей, проходящих обучение по дисциплине «физическая химия» в рамках образовательных программ, преподающихся в вузе с элементами английского языка или полностью на английском языке. Также проводилась апробация практикума как средства организации научно-исследовательской работы магистрантов программы «Физико-химические особенности надмолекулярно-организованных процессов и систем».

Результаты и обсуждение. Для решения задачи №1 был использован следующий алгоритм проектирования и изготовления микрофлюидных устройств для студенческих практикумов: создание электронного макета устройства (программа AutoCAD), печать фототаблона на основе электронного макета на прозрачном носителе, создание матрицы устройства, отливка устройства на матрице (устройства изготавливаются из гибкого, долговечного и прозрачного полимерного материала – полидиметилсилоксана, поэтому студенты могут многократно использовать одно и тоже устройство в серии лабораторных работ).

Аналогичный технологический цикл был впоследствии реализован на базе КНИТУ и доступен, в настоящее время, магистрантам программы «Физико-химические особенности надмолекулярно-организованных процессов и систем» (рис. 1).

Разработанный в рамках решения задачи №2 экспериментальный практикум посвящен синтезу наночастиц в микрофлюидных устройствах. Это актуальное междисциплинарное направление в мировой науке [10], представляющее значительный интерес для студентов, обучающихся по программам в сфере нанотехнологии, биотехнологии, материаловедения

и т. д. В качестве структурных компонентов наночастиц студенты могут использовать востребованные в настоящее время учеными «мягкие» материалы (soft matter): растворы полимеров, поверхностно-активных веществ, квантовые точки и т. д.

Подготовка к лабораторному практикуму осуществляется путем установки микрофлюидного устройства в держатель цифрового оптического микроскопа и подключения в нем питающих трубок с растворами компонентов наносистем (рис. 2). Далее студенты контролируют ход практикума на мониторе компьютера и могут производить запись и анализ полученных изображений и видеоматериалов.

Методические материалы для практикума доступны на русском и английском языках. В дополнение к материалам практикума были также опубликованы учебные пособия на английском языке «Introduction to Smart Materials» и «Research Methods for Smart Materials», в которых, в том числе, обсуждается вклад микрофлюидики в технологию получения «умных» материалов.

Стоимость комплекта оборудования для данного практикума (включая цифровой микроскоп, микрофлюидные устройства и шприцевые насосы) не превышает 100–150 тыс. руб., что меньше стоимости оборудования, необходимого для организации учебной нанотехнологической лаборатории. Необходимая площадь для размещения оборудования на группу из 5 чел. – 1x1,5 м (лабораторный стол).

При апробации практикума (задача №3) был выявлен значительный интерес студентов к данной экспериментальной методике по сравнению с традиционными лабораторными работами. Особый интерес вызывает возможность проектирования и изготовления собственных устройств «с нуля» для решения определенных практических задач. Была отмечена сложность отработки методики правильной работы с микрофлюидными устройствами (2–3 недели для студентов программы магистратуры) по сравнению с традиционными экспериментальными методами. Соответственно, в рамках летних школ подобный практикум нужно реализовывать под руководством преподавателя, аспиранта или студента-магистранта с опытом работы с микрофлюидными устройствами.

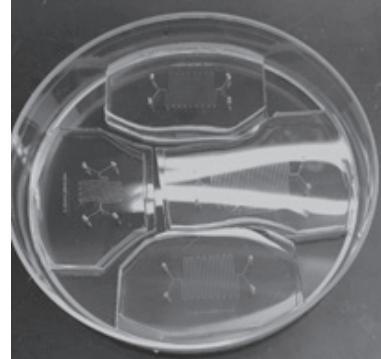
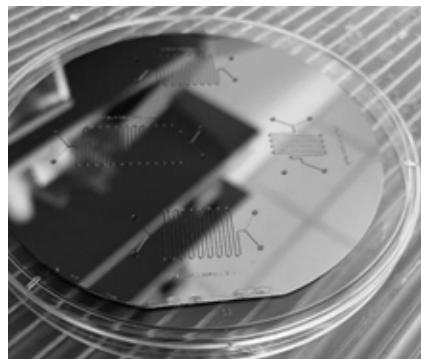
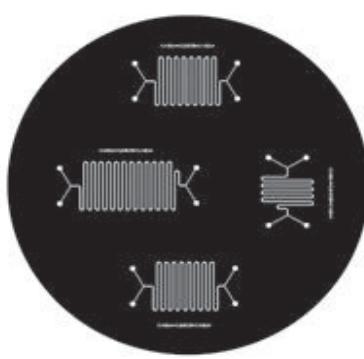


Рис. 1. Проектирование и изготовление микрофлюидных устройств для экспериментального практикума

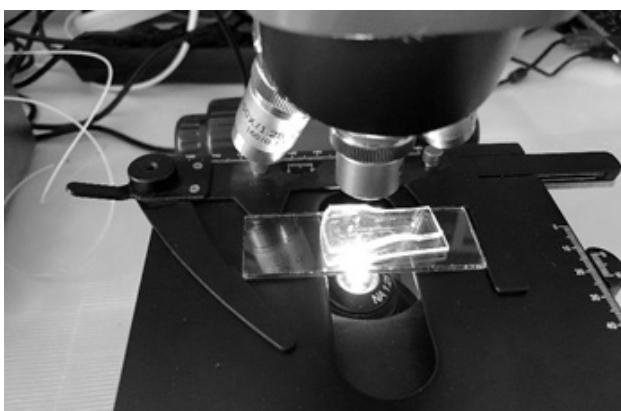


Рис. 2. Подготовка к лабораторной работе: установка микрофлюидного устройства в цифровой микроскоп

Таким образом, разработан экспериментальный практикум по получению наночастиц в микрофлюидных устройствах для студентов программы магистратуры «Физико-химические особенности надмолекулярно-организованных процессов и систем» на базе

Казанского национального исследовательского технологического университета. Методика проведения экспериментов была разработана на основе опыта международных партнеров вуза в США и Германии. Для реализации практикума не требуется дорогостоящее оборудование или отдельная лаборатория.

Практикум вызывает значительно больший интерес у студентов по сравнению с традиционными лабораторными работами ввиду возможности самостоятельного проектирования и изготовления микрофлюидных устройств и управления процессом получения наночастиц с помощью компьютера.

Апробация практикума с русскоязычными группами студентов, обучающихся на английском языке, показала возможность использования данного образовательного компонента для обучения иностранных студентов в рамках долгосрочных и семестровых образовательных программ, а также краткосрочных программ, таких как международные летние школы.

Список литературы

1. Зиятдинова Ю.Н. Интернационализация инженерного образования / Ю.Н. Зиятдинова, А.Н. Безруков // Профессиональное образование. Столица. – 2015. – №5. – С. 21–23.
2. Ziyatdinova J.N. Global Challenges and Problems of Russian Engineering Education Modernization / J.N. Ziyatdinova, P.N. Osipov, A.N. Bezrukov // Proceedings of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2015. – 2015. – Р. 397–400.
3. Ziyatdinova J. Going Globally as a Russian Engineering University / J. Ziyatdinova, V.G. Ivanov, A. Bezrukov, P. Osipov, P.A. Sanger // ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings 122, Making Value for Society. Сер. «ASEE's 122nd Annual Conference and Exposition: Making Value for Society». – 2015.
4. Ziyatdinova J. Factors and Barriers of Inbound International Student Mobility in Russia / J. Ziyatdinova, P. Osipov, A. Gornovskaya, N. Zolotareva // Teaching and Learning in a Digital World. ICL 2017. Advances in intelligent systems and computing. Т. 716. – 2018. – Р. 313–322.
5. Микрофлюидные системы для химического анализа / под ред. Ю.А. Золотова, В.Е. Курочкина/ – М.: ФизматЛит, 2011. – 528 с.
6. Залунин В.И. Некоторые проблемы реализации научного потенциала высшей школы в контексте взаимосвязи образования и науки // Развитие образования. – 2019. – №1 (3). – С. 31–35. – ISSN 2619–1466. – DOI:10.31483/r-22240
7. Дмитриева Н.К. Образовательные технологии новой педагогической системы // Развитие образования. – 2019. – №1 (3). – С. 26–30. – ISSN 2619–1466. – DOI:10.31483/r-22219
8. Горылев А.И. Совместные образовательные программы как инструмент интернационализации (на примере юридического факультета университета Лобачевского) / А.И. Горылев, С.Н. Кузнецова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2017. – №1 (45). – С. 150–155.
9. Муравьева А.А. Теоретические основы проектирования современных образовательных программ: международный опыт / А.А. Муравьева, О.Н. Олейникова, Н.М. Аксенова // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. – 2018. – №1. – С. 67–79.
10. Sevim S. Self-assembled Materials and Supramolecular Chemistry within Microfluidic Environments: from Common Thermodynamic States to Non-equilibrium Structures / S. Sevim, A. Sorrenti, C. Franco, S. Furukawa, S. Pane, A. De Mello, L. J. Puigmarti // Chemical Society Reviews. Т. 47(11). – 2018. – Р. 3788–3803. – DOI: 10.3929/ethz-b-000270314

References

1. Ziyatdinova, Iu. N., & Bezrukov, A. N. (2015). Internatsionalizatsiiia inzhenernogo obrazovaniia. Professional'noe obrazovanie. Stolitsa, 5, 21-23.
2. Ziyatdinova, J. N., Osipov, P. N., & Bezrukov, A. N. (2015). Global Challenges and Problems of Russian Engineering Education Modernization. Proceedings of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2015, P. 397.
3. Ziyatdinova, J., Ivanov, V. G., Bezrukov, A., Osipov, P., & Sanger, P. A. (2015). Going Globally as a Russian Engineering University. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings 122, Making Value for Society. Ser. "ASEE's 122nd Annual Conference and Exposition: Making Value for Society".

4. Ziyatdinova, J., Osipov, P., Gornovskaya, A., & Zolotareva, N. (2018). Factors and Barriers of Inbound International Student Mobility in Russia. *Teaching and Learning in a Digital World. ICL 2017. Advances in intelligent systems and computing.* T. 716, P. 313.
5. Zolotova, Iu. A., & Kurochkina, V. E. (2011). Mikrofluidnye sistemy dlia khimicheskogo analiza., 528. M.: FizmatLit.
6. Zalunin, V. I. (2019). Nekotorye problemy realizatsii nauchnogo potentsiala vysshei shkoly v kontekste vzaimosviazi obrazovaniia i nauki. *Razvitie obrazovaniia*, 1 (3), 31-35. DOI:10.31483/r-22240
7. Dmitrieva, N. K. (2019). Obrazovatel'nye tekhnologii novoi pedagogicheskoi sistemy. *Razvitie obrazovaniia*, 1 (3), 26-30. DOI:10.31483/r-22219
8. Gorylev, A. I., & Kuznetsova, S. N. (2017). Sovmestnye obrazovatel'nye programmy kak instrument internatsionalizatsii (na primere iuridicheskogo fakul'teta universiteta Lobachevskogo). *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Sotsial'nye nauki*, 1 (45), 150-155.
9. Murav'eva, A. A., Oleinikova, O. N., & Aksanova, N. M. (2018). Teoreticheskie osnovy proektirovaniia sovremennoykh obrazovatel'nykh programm: mezhdunarodnyi opty. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika i psichologiya*, 1, 67-79.
10. Sevim, S., Sorrenti, A., Franco, C., Furukawa, S., Pane, S., & Puigmarti, L. J. (2018). Self-assembled Materials and Supramolecular Chemistry within Microfluidic Environments: from Common Thermodynamic States to Non-equilibrium Structures. *Chemical Society Reviews*. T. 47(11), P. 3788. DOI:10.3929/ethz-b-000270314

Информация об авторе

Безруков Артем Николаевич –
канд. хим. наук, доцент кафедры
физической и коллоидной химии
ФГБОУ ВО «Казанский наци-
ональный исследовательский
технологический университет»,
Казань, Российская Федерация.

Information about the author

Artem N. Bezrukov – candidate
of chemical sciences, associate
professor of Physical and Colloidal
Chemistry Department of FSBEI
HE "Kazan National Research
Technological University", Kazan,
Russian Federation.

Авторсем җинчен пәлтерни

Безруков Артем Николаевич –
хими ёслаллахэн к-чё, АП «Хусанән
тәпчөв технологийә наци
университетчә» ФПБВУн физика
тата колоид химийә кафедрин
доценчё, Хусан, Раççей Патшалайх.