

## Применение трехмерной печати для расширения возможностей цифровых лабораторий по химии

О.В. Колясников<sup>1</sup>, А.Ю. Цуцких<sup>2</sup>, О.А. Поваляев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГБОУ Городской Методический Центр Департамента образования г. Москвы

<sup>2</sup>ООО «Научные развлечения»

[koliasnikovov@mosmetod.ru](mailto:koliasnikovov@mosmetod.ru)

Цифровые лаборатории (ЦЛ) год за годом занимают все большее место в экспериментальной деятельности на уровне среднего общего образования, в том числе в преподавании химии [1]. Они с успехом применяются как на уроках химии, так и во внеурочной деятельности [2]. В настоящее время в Москве идет развитие Курчатовского проекта, призванного обеспечить московские школы доступом к современной учебной и научной аппаратуре, в том числе к цифровым лабораториям [3]. Цифровые лаборатории сопровождаются методическими материалами и оснасткой для проведения лабораторных работ по программам обучения. При проведении же проектно-исследовательских работ учащихся возникают задачи, для решения которых зачастую требуется отойти от стандартных методов, чего иногда нельзя сделать без дополнительной оснастки.

В то же время трехмерная печать с каждым годом становится все более и более доступной для пользователей [4]. Цены на принтеры с послойным наложением расплавленной полимерной нити (FDM - Fused Deposition Modeling) сейчас сравнимы со средней месячной заработной платой в России, а стоимость расходных материалов примерно равна 1-2 руб/г. При этом расходные материалы к 3D принтерам доступны в большом разнообразии по свойствам и цвету.

В связи с развитием технологии трехмерной печати ЦЛ получили потенциал для расширения возможностей. Мы бы хотели это проиллюстрировать на примере датчиков оптической плотности [5, с. 13-15]. Эти датчики, выпускаемые рядом компаний, представляют из себя П-образную рамку, в противоположных точках которой находится светодиод, испускающий свет определенной длины волны, и фоточувствительный элемент, напряжение на котором зависит от интенсивности попадающего на него света. Оптический ход луча пересекает пластиковая кювета, габариты которой определяются комплексом оборудования цифровой лаборатории. Как правило, объем кюветы составляет около 100 мл (Рис. 1).

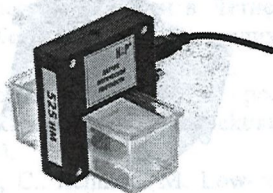


Рис. 1. Датчик оптической плотности с кюветой [5, с. 15]

Датчик измеряет поглощение света на данной длине волны в растворе, помещенном в кювету, и позволяет определять как концентрацию раствора, так и скорость реакции, протекающей в кювете. Достоинством данной системы является наглядность – т.к. раствор в кювете можно наблюдать невооруженным глазом и соотносить наблюдения с показаниями датчика, что имеет дидактическую ценность. Изначально размер кюветы определялся задачами титрования: внутри должен был беспрепятственно проворачиваться якорь магнитной мешалки, устанавливаться термостат, помещаться датчик pH или электропроводности и т.д. и т.п. В итоге, возникла сопутствующая необходимость в большом расходе реактивов, а также несовместимость со стандартными кюветами для спектральной техники, имеющими существенно меньший объем в 3-4 мл (Рис. 2).

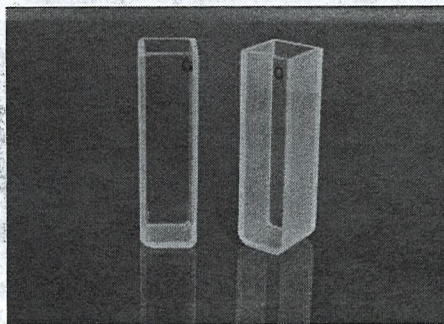


Рис. 2. Стандартные кюветы с длиной оптического пути 10 мм



Для снижения расхода реактивов и ускорения работы по измерению пропускания света был разработан адаптер, который позволяет применять с датчиками оптической плотности стандартные кюветы, в том числе и одноразовые, сохраняя при этом все остальные возможности устройства. Адаптер представляет собой пустотелую форму с приливами для посадки в датчик оптической плотности на позицию кюветы, содержащую посадочное место для кюветы, посадочное место для фильтра (стеклянного, пластикового или пленочного) и канал для прохождения оптического луча (Рис. 3).

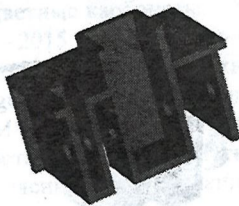


Рис. 3. Трехмерная модель адаптера для распечатки на 3D-принтере (в разрезе)

В программе САПР создана трехмерная твердотельная модель адаптера. Габариты кюветы выбирались из совместимости со спектрометром лаборатории, но это не является ограничением для других габаритов спектрометрических кювет. Данный адаптер возможно распечатывать на 3D-принтере из черного неблестящего материала АБС или ПЛА, что соответствует требованиям детали оптического прибора. В настоящее время разработаны модели адаптеров с отверстиями для кювет 12\*12 мм и 24\*16 мм. В зависимости от требуемого качества распечатки и модели 3D-принтера время распечатки занимает от 1 до 4 часов. После распечатки и удаления материала поддержки адаптер готов к работе (рис. 4).

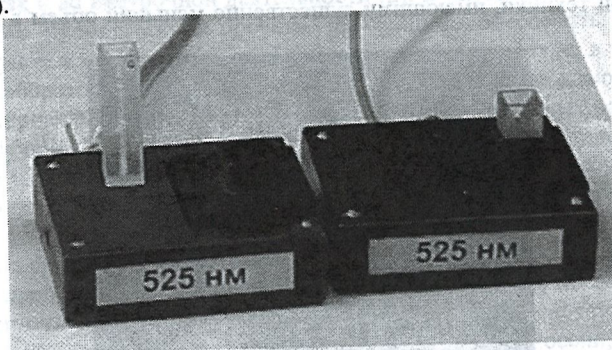


Рис. 4. Использование адаптеров с рамками датчиков оптической плотности

Применение трехмерной печати, подобно описанному нами варианту, существенно расширяет возможности ЦЛ и увеличивает разнообразие способов

их применения в учебной деятельности. Возможность создавать новые элементы оснастки стимулирует освоение учащимися программ САПР и современных методов быстрого прототипирования, тем самым реализуя метапредметный подход к обучению.

#### *Библиографический список*

1. Беспалов, П.И., Дорофеев, М.В., Жилин, Д.М., Зими́на, А.И., Оржековский, П.А. Использование цифровых лабораторий при обучении химии в средней школе – М.: БИНОМ. – Лаборатория знаний. – 2014. – 229 С.
2. Колясников, О., Малашихина, А. Осуществление проектно-исследовательской деятельности по химии в Летней научно-образовательной школе МГУ ЛАНАТ / О. Колясников, А. Малашихина // Слово учителю. — 2015. — № 2. — С. 6–7.
3. Курчатовский проект. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://mosmetod.ru/centr/proekty/kurchatovskij-proekt/kurchatovskij-proekt.html> (дата обращения: 30.09.2015).
4. Canessa, E., Fonda, C., Zennaro, M. Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development – Trieste: ICTP. – 2013. – 198 С.
5. Жилин, Д.М., Поваляев, О.А., Хоменко, С.В. Цифровая лаборатория по химии. Методическое руководство по работе с комплектом – М.: ООО «Типография МАКССПЕЙС». – 2013. – 96 С.