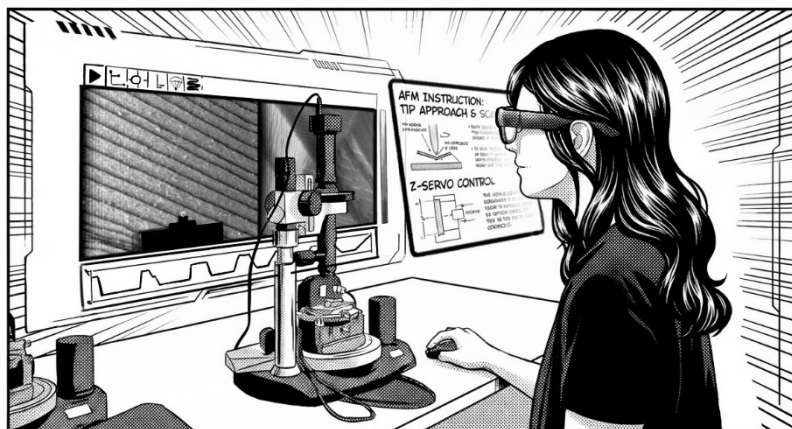


ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ НАВЫКАМ РАБОТЫ С ЛАБОРАТОРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В ПРАКТИКУМЕ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ (Lab-in-AR). ЧАСТЬ 1



LAB-IN-AR  IITMO

Санкт-Петербург

2026

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Е.А. Смирнов, И.В. Богуш

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ
ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ НАВЫКАМ РАБОТЫ С
ЛАБОРАТОРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В ПРАКТИКУМЕ ПО
АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ (Lab-in-AR). ЧАСТЬ 1**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО

по направлению подготовки 04.03.01, 18.03.01

в качестве Учебно-методического пособия для реализации основных
профессиональных образовательных программ высшего образования
бакалавриата

ИТМО

Санкт-Петербург

2026

Смирнов Е.А., Богуш И.В., ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ НАВЫКАМ РАБОТЫ С ЛАБОРАТОРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В ПРАКТИКУМЕ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ (Lab-in-AR). Часть 1 – СПб: Университет ИТМО, 2026. – 29 с.

Рецензент(ы):

Блейхер Оксана Владимировна, кандидат философских наук, доцент, преподаватель (квалификационная категория "преподаватель практики") института математики, Университета ИТМО.

В данном пособии описаны принципы работы и применения в образовательном процессе очков дополненной реальности (AR-очков). Целью пособия является распространение методологии применения очков дополненной реальности среди преподавателей, методистов и разработчиков учебных курсов, включая студентов и аспирантов. Результатом изучения данного пособия будет ознакомление с техникой работ в лаборатории с использованием очков дополненной реальности, а также применением данной технологии в освоении обучающимися современного аналитического оборудования. Пособие предназначено для преподавателей, методистов и разработчиков учебных курсов, заинтересованных в использовании передовых цифровых инструментов для повышения качества и эффективности образования, в частности, НОЦ Инфохимии мегафакультета Наук о Жизни университета ИТМО. Пособие может быть рекомендовано другим подразделениям Университета ИТМО, желающим применить технологию дополненной реальности в обучении профессиональным навыкам студентов со специализацией в области естественных наук.

ИТМО (Санкт-Петербург) – национальный исследовательский университет, научно-образовательная корпорация. Альма-матер победителей международных соревнований по программированию. Приоритетные направления: IT и искусственный интеллект, фотоника, робототехника, квантовые коммуникации, трансляционная медицина, Life Sciences, Art&Science, Science Communication.

Лидер федеральной программы «Приоритет-2030», в рамках которой реализуется программа «Университет открытого кода». С 2022 ИТМО работает в рамках новой модели развития — научно-образовательной корпорации. В ее основе академическая свобода, поддержка начинаний студентов и сотрудников, распределенная система управления, приверженность открытому коду, бизнес-подходы к организации работы. Образование в университете основано на выборе индивидуальной траектории для каждого студента.

ИТМО пять лет подряд – в сотне лучших в области Automation & Control (кибернетика) Шанхайского рейтинга. По версии SuperJob занимает первое место в Петербурге и второе в России по уровню зарплат выпускников в сфере IT. Университет в топе международных рейтингов среди российских вузов. Входит в топ-5 российских университетов по качеству приема на бюджетные места. Рекордсмен по поступлению олимпиадников в Петербурге. С 2019 года ИТМО самостоятельно присуждает ученые степени кандидата и доктора наук.

© Университет ИТМО, 2026

© Смирнов Е.А., Богуш И.В., 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ОБОРУДОВАНИЕ.....	7
ИНСТРУКЦИЯ ПО РАБОТЕ С AR-ОЧКАМИ.....	11
СТРУКТУРА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ	15
АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КЛЮЧЕВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ С ЛАБОРАТОРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ	20
БЛАГОДАРНОСТИ.....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРИМЕР ТЕСТА ВЫХОДНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	24
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С AR-ОЧКАМИ	26

ВВЕДЕНИЕ

В современную эпоху развитие высшего образования переживает масштабную и глубокую цифровую трансформацию. Этот процесс обусловлен целым комплексом вызовов и возможностей, с которыми сталкивается традиционная система обучения. Классические методы передачи знаний, основанные преимущественно на лекционных форматах и статичных лабораторных практикумах, демонстрируют всё более очевидные и общепризнанные ограничения. С одной стороны, в условиях быстрого технологического прогресса владение узкоспециализированными, часто междисциплинарными знаниями и уверенные практические навыки работы со сложным, наукоёмким оборудованием становятся критически важными для профессионального успеха выпускника. С другой стороны, эффективность образовательного процесса напрямую зависит от его способности учитывать индивидуальные когнитивные особенности каждого обучающегося. Каждый студент обладает уникальным психофизиологическим профилем, что выражается в различии скорости восприятия информации, предпочитаемых каналах её получения (визуальный, аудиальный, кинестетический), а также в индивидуальных стратегиях обработки и долгосрочного сохранения знаний.

Параллельно с этим трансформируются и ожидания самих обучающихся, представителей поколения «цифровых аборигенов». Они привыкли к высокому уровню интерактивности, мгновенной обратной связи, персонализированному цифровому контенту в повседневной жизни и закономерно ожидают аналогичных подходов в учебном процессе. Всё это создаёт мощный запрос на внедрение инновационных педагогических инструментов, способных преодолеть существующие ограничения. В ответ на этот запрос на первый план выходят иммерсивные технологии, такие как дополненная (AR – Augmented Reality), виртуальная (VR – Virtual Reality) и их синтез – расширенная реальность (XR – Extended Reality). Эти технологии предлагают принципиально новый способ взаимодействия с информацией, переводя обучение из плоскости пассивного наблюдения за «мастером» с последующим повторением в плоскость активного, вовлечённого действия.

Дополненная реальность (AR) представляет собой технологический концепт, суть которого заключается в наложении цифровых объектов – будь то трёхмерные модели, анимации, текстовые аннотации, видео или звуковые дорожки – на физическое окружение пользователя в режиме реального времени. В результате создаётся единое, гибридное интерактивное пространство, где виртуальные элементы органично сосуществуют с реальными. Ключевое отличие AR от виртуальной реальности (VR) заключается в степени погружения: если VR полностью изолирует пользователя от внешнего мира, перенося его в симулированную среду, то AR лишь обогащает и «дополняет» существующую

реальность, оставляя пользователя в контакте с ней. Доступ к такому гибриднему пространству осуществляется через специальные устройства – от широко распространённых смартфонов и планшетов до более специализированных AR-очков и шлемов.

Особая ценность технологии дополненной реальности для высшего образования, особенно в естественнонаучных и инженерных дисциплинах, раскрывается в контексте обучения работе со сложным лабораторным и промышленным оборудованием. Используя AR-очки, студент получает возможность видеть пошаговые интерактивные инструкции, схемы подключения, анимационные разборы механизмов и предупреждения о безопасности, наложенные прямо на физический прибор, с которым он взаимодействует. Принципиальное преимущество такого подхода заключается в том, что у обучающегося остаются свободные руки – он может выполнять реальные манипуляции, не отрываясь для изучения бумажного руководства или стационарного экрана. Это не только повышает эффективность и скорость обучения, но и существенно увеличивает безопасность процесса, минимизируя ошибки, связанные с неверной интерпретацией инструкции или потерей концентрации при переключении между источниками информации.

Ещё одним значимым стратегическим преимуществом внедрения технологий расширенной реальности (XR) в образовательный процесс является возможность выстроить объективную, стандартизированную и детализированную систему оценки практических навыков и компетенций учащихся. XR-системы способны в реальном времени отслеживать действия пользователя: последовательность операций, точность движений, время реакции, принимаемые решения в смоделированных ситуациях. Эти данные позволяют перейти от субъективного оценивания «на глазок» к точному метрическому анализу. Такой инструментарий делает оценку не только более гибкой и точной, но и значительно повышает вовлечённость студентов благодаря возможности мгновенной, контекстно-зависимой обратной связи. Например, если студент при сборке установки или узла пропустил критический этап, система может немедленно указать на ошибку, показать её последствия в безопасной виртуальной среде и предложить корректирующее действие.

Современный опыт применения XR уже доказал свою эффективность в ряде высокорисковых отраслей. В строительстве и горном деле технологии позволяют моделировать аварийные и опасные ситуации для отработки эвакуации и действий в чрезвычайных обстоятельствах, что готовит профессионалов к работе в сложных условиях с минимальным риском. В авиации развитие XR кардинально улучшило точность и реалистичность пилотажных тренажёров, где будущие лётчики отрабатывают действия как в штатных, так и в нештатных ситуациях. В медицинском образовании AR используется для тренировки хирургических

вмешательств на виртуальных 3D-моделях органов, созданных на основе реальных данных пациентов. Более того, платформы дополненной реальности – Metaverse и Vírpar – уже активно внедряются в образовательный процесс, предлагая интерактивные модули по научным дисциплинам, географии и математике.

Таким образом, XR-подход трансформирует не только обучение студентов, но и существенно облегчает работу преподавателей. Он обеспечивает автоматизацию рутинной части проверки практических навыков, снижая нагрузку на педагога и высвобождая его время для творческой и индивидуальной работы с учащимися. Преподаватель получает мощный аналитический инструмент, предоставляющий объективную картину успеваемости каждого студента и всей группы в целом, что позволяет своевременно корректировать учебный процесс, выявлять общие проблемы и точно работать с отстающими. Безусловно, внедрение полноценных XR-решений в образовательный процесс на текущем этапе сопряжено с определёнными трудностями: это и значительные первоначальные инвестиции в оборудование и ПО, и необходимость разработки качественного образовательного контента, и потребность в обучении преподавательского состава. Однако потенциал этих технологий столь велик, а преимущества столь очевидны, что по мере развития и удешевления технологий, а также накопления успешных кейсов, эти барьеры будут неуклонно снижаться, открывая принципиально новые горизонты для создания гибкой, персонализированной и высокоэффективной образовательной экосистемы будущего.

ОБОРУДОВАНИЕ

Выбор конкретного типа устройств дополненной реальности для образовательных целей является стратегически важным решением, которое должно основываться на чётком соответствии оборудования поставленным педагогическим задачам, специфике учебной дисциплины и индивидуальным потребностям обучающегося. Условно всё многообразие AR-гарнитур можно разделить на два основных класса, имеющих фундаментальные различия в архитектуре и сфере применения: монокулярные (Рис.1) и бинокулярные (Рис.2) очки.



Рисунок 1. Монокулярные очки дополненной реальности RealWear™ Navigator 500. Источник: <https://www.realwear.com/devices/navigator-500>

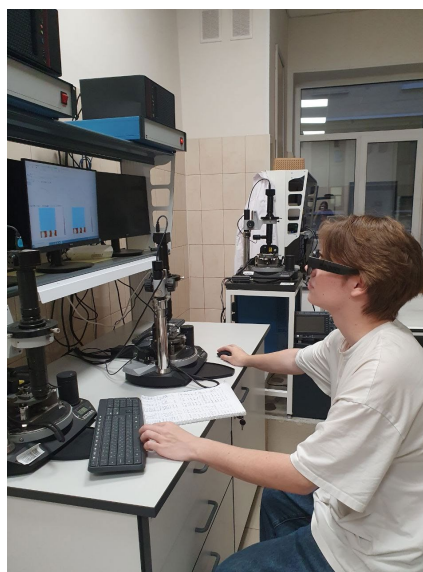


Рисунок 2. Бинокулярные очки дополненной реальности INMO Air2. Источник: <https://www.inmoxr.com/pages/inmo-air2>

Монокулярные очки дополненной реальности, как например, модель RealWear™ Navigator 500, сконструированы с прицелом на профессиональное и промышленное использование. Их ключевая философия – это максимальная надежность, функциональность и безопасность в сложных условиях, что делает их идеальным инструментом для обучения в таких областях, как химия, биомедицина, инженерия, нефтегазовая отрасль, где требования к точности и безопасности процедур максимально высоки.

Основные характеристики и образовательные преимущества монокулярных очков:

1. **Конструкция и эргономика.** Дисплей, как правило, небольшой и расположен перед одним глазом (обычно правым), что обеспечивает так называемое «see-through» восприятие – пользователь одновременно видит и цифровую информацию, и неограниченный обзор реального мира вторым глазом. Это минимизирует когнитивную нагрузку и снижает риск дискомфорта (киберболезни), что критически важно при длительных рабочих сессиях. Конструкция часто предусматривает возможность ношения поверх обычных корректирующих очков, что снимает ограничения для многих пользователей.
2. **Управление.** Акцент сделан на голосовом управлении, которое является доминирующим и часто единственным способом взаимодействия. Это позволяет полностью освободить руки для манипуляций с оборудованием, реактивами или инструментами. Системы шумоподавления обеспечивают точное распознавание команд даже в условиях повышенного шума, что важно в реальных производственных условиях.
3. **Прочность и защита.** Корпус таких очков выполнен из ударопрочных материалов, часто соответствует стандартам защиты от пыли и влаги (IP-рейтинг), что позволяет использовать их как в лабораториях, так и в цехах или полевых условиях.
4. **Камера и коммуникации.** Наличие высококачественной камеры позволяет не только считывать QR-коды и маркеры, но и вести запись процесса работы или транслировать «вид от первого лица» преподавателю или эксперту для дистанционной консультации в реальном времени. Это открывает возможности для наставничества и совместного удалённого решения задач.

Бинокулярные очки дополненной реальности, примером которых служит модель INMO Air 2, представляют собой иной класс устройств, более ориентированный на потребительский рынок, мультимедийные задачи и сценарии, где важны визуальная насыщенность и комфорт.

Основные характеристики и образовательные преимущества бинокулярных очков:

1. **Конструкция и визуализация.** Они оснащены двумя дисплеями (по одному на каждый глаз), что создаёт эффект стереоскопического, объёмного изображения. Современные модели используют полноцветные micro-OLED дисплеи, обеспечивающие высокую яркость, контрастность и широкий цветовой охват, что позволяет отображать сложные 3D-модели оборудования и цветные схемы приборов в полноценном разрешении.
2. **Управление.** Помимо голосового управления, здесь активно используются сенсорные панели на дужках, управление жестами (hand-tracking) и пространственное позиционирование. Это создаёт более интуитивный и разнообразный интерфейс для взаимодействия с контентом.
3. **Производительность и AI.** Часто оснащаются более мощными процессорами с интегрированными AI-блоками. Это позволяет реализовывать такие функции, как распознавание объектов в реальном времени (например, для мгновенного перевода надписей на оборудовании), навигацию в помещении или «умное» выделение деталей изучаемого механизма.
4. **Дизайн и мобильность.** Эти очки, как правило, легче, компактнее и стилистически ближе к обычным солнцезащитным очкам. Они предназначены для продолжительного ношения в аудиторных условиях, библиотеках или при самостоятельной работе, где важны мобильность и эстетика.

Сравнительный анализ ключевых характеристик двух типов очков наглядно представлен в Таблице 1.

Таким образом, выбор между монокулярными и бинокулярными очками – это не вопрос того, какая технология лучше, а вопрос того, какая из них наиболее точно соответствует конкретной педагогической цели. Для отработки моторных навыков на реальном оборудовании в лаборатории подойдут, как монокулярные, так и бинокулярные решения.

Таблица 1. Сравнение характеристик монокулярных очков дополненной реальности RealWear™ Navigator и бинокулярных INMO Air 2.

Характеристика	RealWear™ Navigator	INMO Air 2
Основное назначение	Профессиональное обучение, промышленность	Повседневное, образовательное использование
Принцип отображения	Монокулярный, see-through дисплей	Бинокулярный, полноценные стереодисплеи micro-OLED
Управление	Голосовое	Голосовое, жесты, сенсорное
Дисплей	Полноцветный, но с фокусом на надежности	Полноцветный, яркий micro-OLED
Камера	Высококачественная с оптической стабилизацией	Две камеры с пространственным позиционированием
Производительность	Оптимизирована для стабильной работы со сложными инструкциями	Мощный процессор с AI для интерактивных 3D-приложений
Комфорт и стиль	Утилитарный дизайн, рассчитан на СИЗ, прочный корпус	Лёгкие, стильные, рассчитаны на длительное ношение в помещении
Интерактивность	Высокая для профессионального обучения	Высокая для работы с 3D-моделями и интерактивными сценариями
Применимость	Промышленное обучение	Широкое образовательное использование
Ключевая образовательная ценность	Безопасность, свобода рук, работа в реальных условиях	Наглядность, глубина погружения, работа с виртуальными объектами

ИНСТРУКЦИЯ ПО РАБОТЕ С AR-ОЧКАМИ

Разработка и внедрение образовательных модулей в рамках проекта Lab-in-AR осуществлялись с использованием российской программной платформы «ИКСАР», созданной компанией «ИКСАР Технологии». Данная платформа представляет собой комплексное решение, предназначенное для создания, управления и визуализации разнообразных бизнес-процессов и операционных процедур в режиме реального времени с помощью интеллектуальных AR-устройств. Её ключевое преимущество для образования – это наличие удобного конструктора сцен и логики, позволяющего педагогам и методистам без глубоких навыков программирования создавать интерактивные инструкции, лабораторные работы и системы проверки знаний.

Ниже представлена детализированная пошаговая инструкция по подготовке оборудования, установке необходимого программного обеспечения и началу работы с образовательными модулями.

Настройка оборудования и установка программного обеспечения

Этапы 1-8 являются подготовительным и выполняется один раз перед началом цикла занятий.

1. **Подготовка AR-очков.** Полностью зарядите гарнитуру, используя только оригинальное зарядное устройство, входящее в комплект поставки. Это обеспечит корректную работу аккумулятора и предотвратит возможные сбои.
2. **Подготовка компьютера.** Потребуется персональный компьютер или ноутбук под управлением операционной системы Windows, Linux или macOS. Подготовьте USB-кабель, совместимый с портом ваших AR-очков (чаще всего USB-C), для физического соединения устройств.
3. **Установка программного моста.** Для взаимодействия между компьютером и очками необходимо вспомогательное ПО. Скачайте и установите на компьютер программу Vysor с официального сайта разработчика (www.vysor.io/download). Vysor позволит дублировать экран очков на монитор компьютера и передавать файлы.
4. **Получение образовательной платформы.** Скачайте установочный файл (APK) клиентского приложения платформы «ИКСАР» (IKSAR.apk) с выделенного облачного ресурса (cloud.iksar.io) или получите его у ответственного преподавателя.
5. **Включение и первичная настройка очков.** Нажмите и удерживайте кнопку питания на очках в течение 3–5 секунд до появления на дисплее фирменного логотипа производителя. При первом включении следуйте появляющимся на экране подсказкам для выбора языка интерфейса,

подключения к сети Wi-Fi (обязательно для загрузки образовательных модулей) и настройки базовых параметров.

6. **Соединение с ПК и отладка.** Подключите очки к компьютеру с помощью USB-кабеля. На экране очков, скорее всего, появится системный запрос «Разрешить отладку по USB?». Необходимо подтвердить разрешение, выбрав соответствующий пункт (например, «Всегда разрешать с этого компьютера»). Этот шаг критически важен для дальнейшей установки приложений.
7. **Запуск Vysor и установка «ИКСАР».** Запустите программу Vysor на компьютере. В её главном окне должна определиться ваша модель очков. Нажмите красную кнопку «Play» (или аналогичную). В результате откроется новое окно, которое является точной копией (зеркалом) экрана ваших AR-очков. Перетащите ранее скачанный файл IKSAR.apk в это окно. Начнётся процесс установки.
8. **Завершение установки.** Дождитесь окончания установки (обычно не более 5 минут). Системное сообщение на экране очков или в окне Vysor уведомит об успешном завершении. На домашнем экране (лаунчере) очков появится жёлтая иконка с надписью «ИКСАР».

Запуск образовательного модуля и начало работы (этапы 9-14). После успешной установки платформы можно приступать к работе с учебным контентом.

9. **Запуск приложения.** Находясь в основном меню очков, произнесите голосовую команду «ИКСАР». Система распознавания голоса активирует приложение. Альтернативно можно выбрать иконку приложения с помощью сенсорной панели или жестов, если они поддерживаются вашей моделью очков.
10. **Авторизация.** При первом запуске потребуется ввести предоставленные преподавателем учётные данные (логин и пароль). Это обеспечивает доступ к персональному или групповому образовательному профилю и соответствующему набору модулей.
11. **Подключение к серверу.** Для загрузки списка доступных образовательных процессов (модулей) произнесите команду «Подключиться к серверу». Приложение установит соединение с облачным сервером платформы «ИКСАР», где хранятся учебные материалы.
12. **Выбор модуля.** После успешного подключения перейдите в раздел загрузки процессов, произнесите команду «Загрузить процесс». Перед вами откроется список доступных образовательных модулей (например, «Базовый модуль: Вольтамперометрия», «Продвинутый модуль: Калибровка спектрометра»).

13. **Инициализация загрузки.** Выберите нужный модуль, чётко произнеся голосовую команду «Выбрать пункт <номер пункта>», где <номер пункта> – это порядковый номер модуля в списке. Система запросит подтверждение. Подтвердите начало загрузки, ответив «Ответ – да».
14. **Старт обучения.** Дождитесь окончания загрузки модуля. Процесс, как правило, запускается автоматически. С этого момента вы погружаетесь в интерактивную образовательную среду, где дальнейшее управление будет осуществляться согласно встроенным инструкциям.

Голосовое управление AR-очками

Платформа «ИКСАР» спроектирована с расчётом на минимальный порог вхождения. Обучение основным голосовым командам происходит непосредственно в начальной части каждого образовательного модуля через интерактивный тренажёр.

Общий принцип управления очками дополненной реальности заключается в использовании голосовых команд (обычно состоящих из двух или трёх слов), которые необходимо произносить четко, разборчиво, без пауз между словами в составе одной команды. Для надёжного распознавания рекомендуется делать небольшие паузы (2-3 секунды) между завершением команды и началом обычной речи или следующей команды.

В процессе выполнения практической работы в очках дополненной реальности необходимо изучить теоретические материалы на слайдах и последовательно выполнить задания, а затем ответить на контрольные вопросы.

Для переключения слайдов используются голосовые команды: «переход вперед» – для перехода на следующий слайд, «переход назад» – для возврата к предыдущему. **Важно:** команда «переход вперед» активна только тогда, когда в интерфейсе присутствует соответствующая виртуальная кнопка. На этапах практического задания эта кнопка может появиться **только** после корректного выполнения всех требуемых действий, что обеспечивает последовательное и осмысленное прохождение материала. Команда «переход назад», как правило, доступна всегда для возможности повторного просмотра информации.

Если в процессе выполнения практического задания возникли трудности или была совершена ошибка, система может отобразить виртуальную кнопку «вызов эксперта». Активируйте её соответствующей голосовой командой. Это позволит отправить запрос преподавателю на дистанционную консультацию через аудио- или видеосвязь, либо получить автоматическую подсказку от системы.

На некоторых этапах выполнения практической работы необходимо дать ответ на поставленный вопрос либо в форме выбора правильного варианта ответа из предложенных, либо в виде ввода ответа на открытый вопрос:

-для выбора варианта ответа из нескольких предложенных необходимо использовать голосовую команду «выбрать пункт <номер пункта>», вставив номер

нужного варианта ответа (например, «выбрать пункт один»). Номера вариантов ответов отображаются в левом верхнем углу каждого блока.

-для ввода ответа на открытый вопрос необходимо сначала активировать поле для ввода, используя ту же команду «выбрать пункт <номер>», где номер соответствует полю. После активации продиктуйте ответ в именительном падеже (например, «сто двадцать пять»). Для завершения ввода и подтверждения данных произнесите команду «подтвердить значение».

СТРУКТУРА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

Разработанные образовательные модули построены по принципу прогрессивного усложнения и адаптированы под различные уровни начальной подготовки студента. На примере курса аналитической химии и обучения работе на конкретном приборе можно выделить три основных уровня.

Базовый (basic) модуль. Цель – познакомить с конкретным методом и оборудованием, также сформировать фундамент для дальнейшей работы. Модуль фокусируется на освоении фундаментальных принципов работы оборудования, правил безопасной эксплуатации и отработке стандартных, рутинных операций (включение/выключение, подготовка к работе, выполнение простейших измерений по готовому протоколу). По завершении этого уровня студент должен уверенно и безопасно выполнять типовые процедуры по регламентированным методикам под общим контролем.

Продвинутый (intermediate) модуль. Предназначен для углубления компетенций. Здесь внимание смещается на изучение более сложных методик, понимание взаимосвязи между параметрами настройки прибора и качеством получаемых данных, а также освоение базовых навыков обработки и интерпретации результатов. Фактически, прохождение этого модуля эквивалентно выполнению полноценной лабораторной работы в рамках учебного курса, где студент не просто следует инструкции, но и понимает, почему каждый шаг выполняется именно так.

Экспертный (advanced) модуль. Нацелен на формирование компетенций по комплексному управлению оборудованием, включая самостоятельное проведение научно-исследовательских работ для решения конкретных задач. Основная задача экспертного модуля – расширить кругозор обучающегося при использовании данной аналитической методики, что может включать в себя работу с дополнительными приставками (например, ИК-спектроскопия с использованием диффузного рассеяния или приставки на отражение), совмещение различных аналитических методик в одну, так называемые гибридные методы анализа и т.д. Для некоторых методов необходимо создание нескольких экспертных модулей, описывающих работу с отдельными приставками.

Внутренняя архитектура каждого модуля является универсальной и состоит из четырёх последовательных и логически связанных частей.

- 1. Интерактивная инструкция по работе с очками (Рис. 3).** Это вводный интерактивный тур, который знакомит студента с интерфейсом AR-среды, обучает корректному произношению ключевых голосовых команд и правилам навигации. Инструкция построена по принципу «сделай это», мгновенно вовлекая пользователя в практическое взаимодействие с системой.

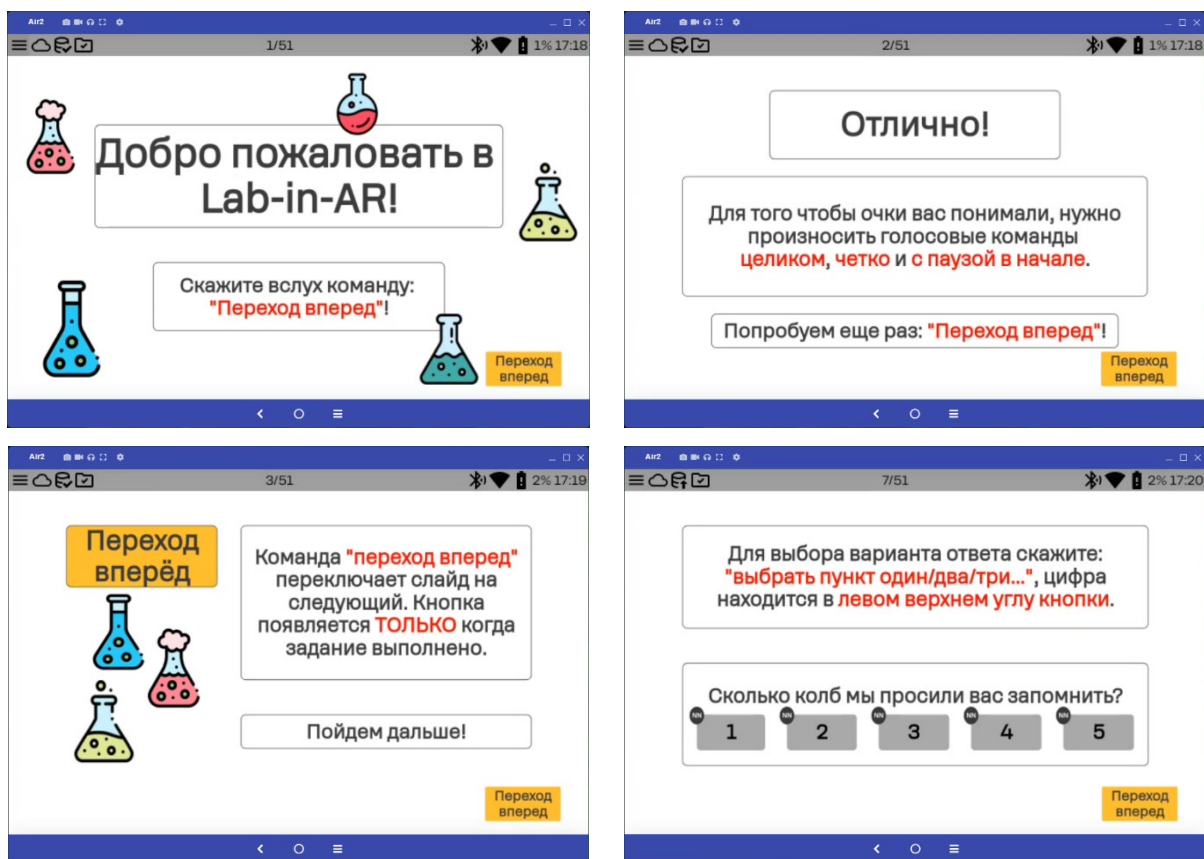


Рисунок 3. Пример интерактивной инструкции по работе с очками, объясняющий основные нюансы работы и обучающий корректному произношению голосовых команд.

- Инструктаж по безопасности и основам работы (Рис. 4).** Данный раздел является обязательным и неизменяемым для всех модулей, работающих с физическим оборудованием. Он служит напоминанием и проверкой знания ключевых правил: работы с системами вентиляции, обращения с химическими реактивами, электробезопасности. Особый акцент делается на обязательном использовании средств индивидуальной защиты (СИЗ) – лабораторного халата, перчаток, защитных очков. Система может требовать подтверждения (голосом или жестом), что студент экипирован, прежде чем разрешить переход к следующему этапу.

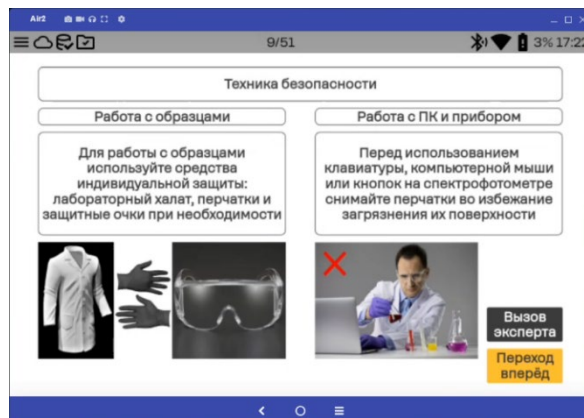


Рисунок 4. В каждом модуле предусмотрен инструктаж по технике безопасности и основам безопасной работы

3. **Теоретические основы метода и рабочая схема прибора** (Рис. 5). Этот блок представляет собой концентрированную теоретическую выжимку, необходимую для осознанного выполнения практической части. С помощью интерактивных 3D-моделей, анимированных схем и коротких видеовставок объясняются физико-химические принципы, лежащие в основе метода (например, закон Ламберта-Бера для спектроскопии), а также назначение и функции основных узлов изучаемого прибора. Цель – актуализировать знания, полученные на лекциях, и связать теорию с практикой.
4. **Практическое задание/лабораторная работа** (Рис. 6). Центральный и наиболее объемный блок модуля. Здесь знания применяются на практике. В базовом модуле это может быть отработка последовательности запуска прибора. В продвинутом – выполнение калибровки, измерение образцов, построение градуировочного графика. В экспертном – постановка исследовательского эксперимента. Все действия студента сопровождаются интерактивными подсказками, проверкой на ошибки и возможностью вызвать помощь.

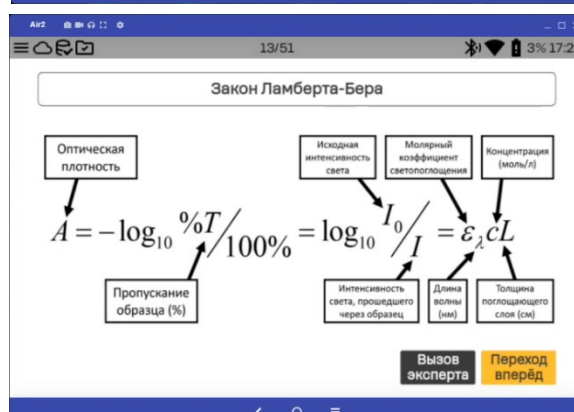
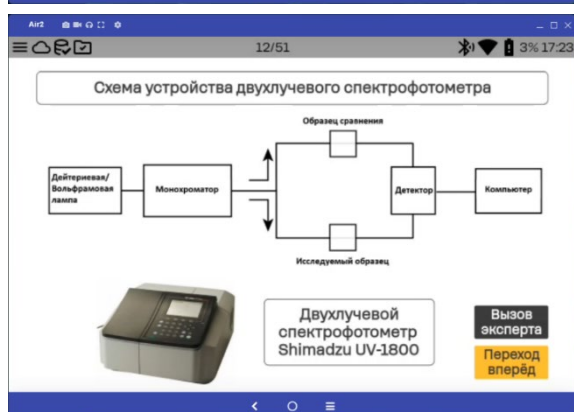
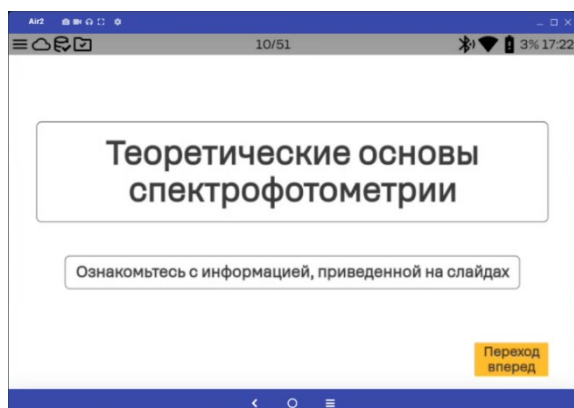


Рисунок 5. Пример реализации раздела «Теоретические основы метода»

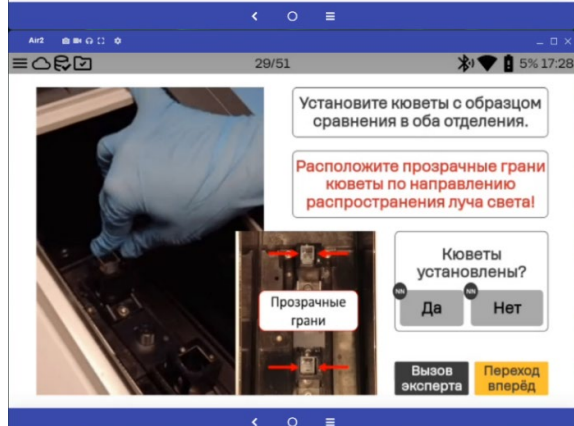
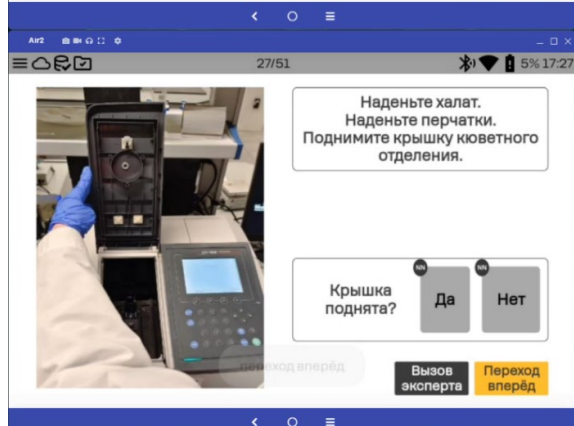
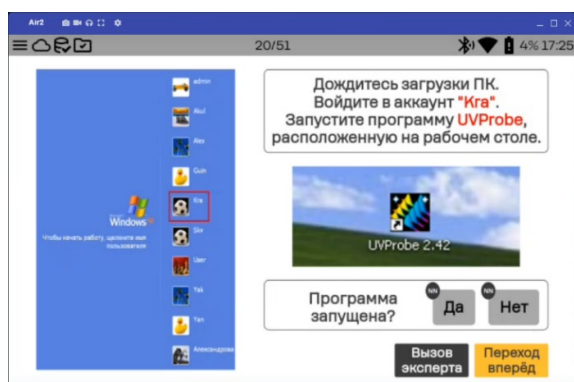
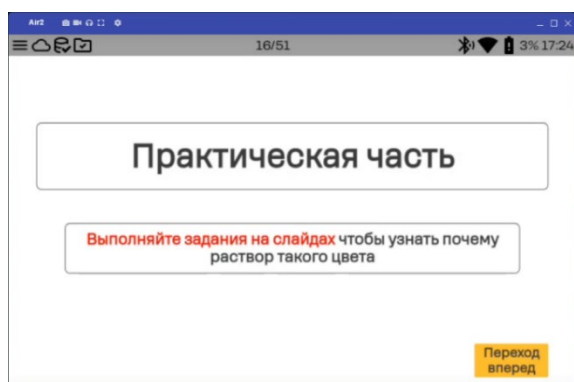


Рисунок 6. Пример реализации раздела «Практическая часть», в котором представлены практическое задание и/или лабораторная работа

Для повышения эффективности обучения в рамках продвинутого и экспертного модулей реализована система вспомогательных подмодулей. Если в ходе основной работы студент испытывает трудности с конкретным узким навыком (например, правильная пробоподготовка, сложная математическая обработка данных, настройка чувствительности детектора), он может по запросу или рекомендации системы перейти в соответствующий подмодуль. Этот подмодуль точно, в интерактивном формате, прорабатывает проблемный навык, после чего студент возвращается к выполнению основной задачи. Это создаёт гибкий, адаптивный образовательный маршрут, позволяющий каждому обучающемуся восполнить индивидуальные пробелы без торможения общего темпа работы группы.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КЛЮЧЕВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ С ЛАБОРАТОРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Цель оценки: обеспечить безопасность студента и сохранность дорогостоящего лабораторного оборудования, а также гарантировать, что студент обладает необходимым и достаточным минимумом теоретических знаний и практических навыков для **осмысленной, корректной и продуктивной самостоятельной работы** на приборе.

Основные принципы:

- Успешное прохождение оценки базового уровня является обязательным и безусловным требованием для получения физического доступа к оборудованию для самостоятельной работы;
- Двухэтапность: Оценка разделена на два взаимодополняющих этапа (i) непрерывный формирующий контроль внутри AR-модуля и (ii) итоговое обобщающее тестирование после его завершения;
- Образовательная направленность: Процесс оценки интегрирован в обучение и сам по себе является обучающим. Его задача – не только констатировать уровень знаний, но и выявить пробелы, направить студента на их устранение, сформировать индивидуальные рекомендации для дальнейшего роста.

Структура и процедура оценки

Для получения допуска к самостоятельной работе на оборудовании, продвинутому и экспертному уровням, студент должен успешно пройти **ОБА ЭТАПА** оценки по базовому модулю.

Этап 1. Предварительный диалог (ответы на обучающие вопросы по мере прохождения образовательного AR-модуля). Данный этап представляет собой не отдельный тест, а непрерывный диалог, встроенный непосредственно в процесс прохождения образовательного AR-модуля. Он реализуется через ответы студента на специально разработанные обучающие вопросы, которые появляются контекстно – после изучения блока теории, инструктажа по безопасности или перед началом практического действия.

Содержание вопросов адаптировано под специфику конкретного лабораторного оборудования или изучаемой процедуры. Эти вопросы призваны проверить несколько аспектов подготовки студента. Во-первых, они оценивают понимание общей цели и конкретных задач выполняемой работы. Во-вторых, они направлены на проверку усвоения физических принципов или технологических процессов, лежащих в основе лабораторной работы. Отдельное внимание

уделяется пониманию принципов техники безопасности при работе с прибором. Кроме того, вопросы контролируют знание правильной последовательности действий, то есть алгоритма выполнения работы, а также понимание ключевых терминов и определений, используемых в рамках модуля.

Критерием успешного прохождения данного этапа является демонстрация студентом *осмысленного* и *самостоятельного* продвижения по образовательному модулю. Система построена таким образом, что без корректных ответов на базовые, фундаментальные вопросы дальнейшее прохождение заданий становится невозможным, что гарантирует необходимый уровень подготовки перед переходом к практическим действиям. Примеры типичных вопросов, используемых на данном этапе, можно увидеть на рисунке 7.

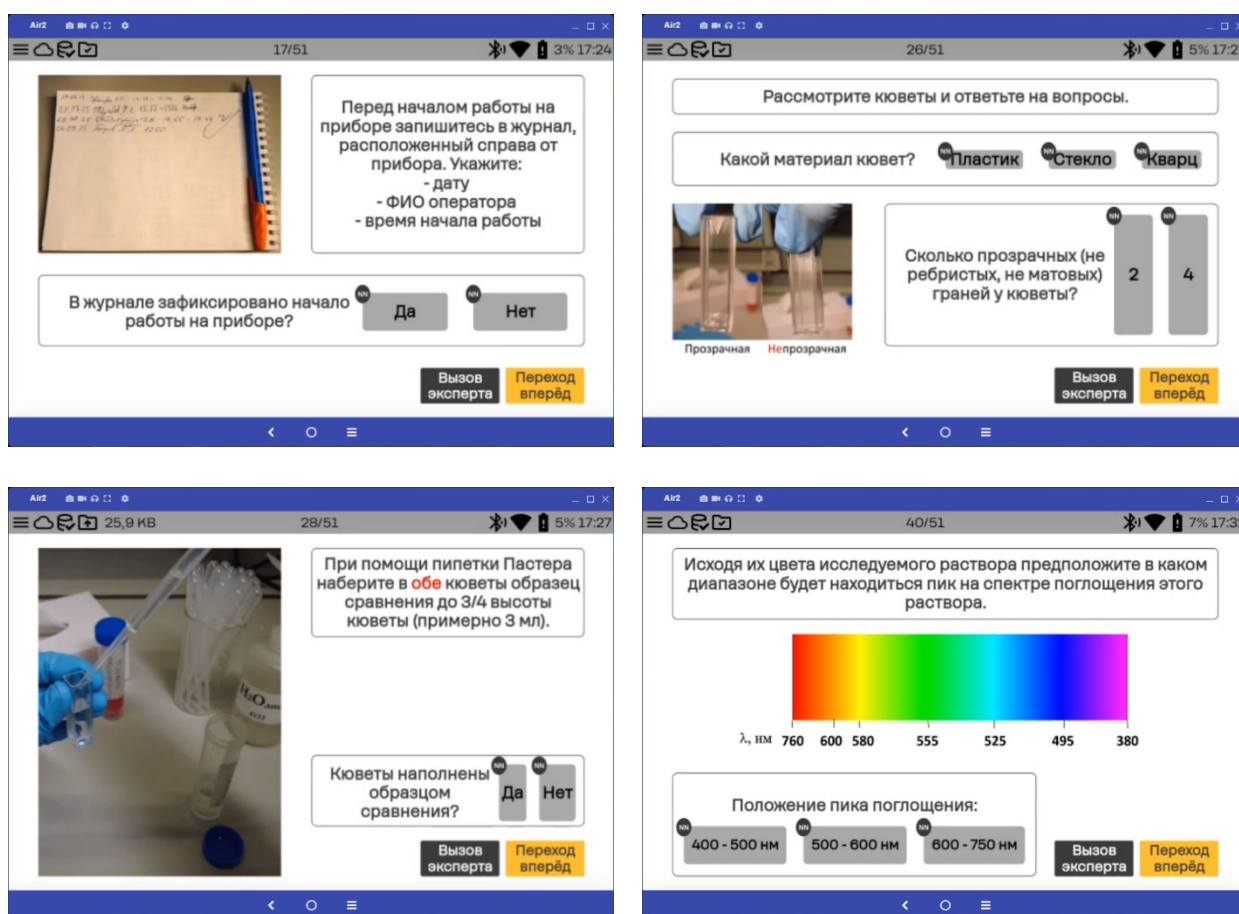


Рисунок 7. Примеры базовых вопросов внутри образовательного AR-модуля, проверяющие вовлечённость студента в образовательный процесс.

Этап 2. Итоговое тестирование по результатам прохождения образовательного AR-модуля (оценка остаточных знаний). Данный этап проводится в форме онлайн-тестирования и служит для оценки остаточных знаний после завершения работы с образовательным AR-модулем. Его проведение

планируется на специально отведенное время, следующее непосредственно за практической частью в дополненной реальности.

Содержание теста является стандартизированным и комплексно охватывает ключевые аспекты изученной темы. В первую очередь, проверяются знания правил техники безопасности при работе с конкретным оборудованием. Далее оценивается усвоение теоретической основы, включающей основные формулы, законы и физические принципы, проверяемые в ходе работы. Важным блоком является понимание устройства оборудования, а именно назначения и функций его основных блоков и элементов. Завершающая часть теста посвящена методике проведения работы, где студент должен продемонстрировать знание корректного алгоритма измерений и правильной последовательности действий. Пример такого теста приведен в Приложении 1.

Критерием успешного прохождения этапа считается результат тестирования, составляющий **не менее 80%**. Достижение данного порога подтверждает достаточный уровень остаточных знаний для допуска к дальнейшей учебной или практической деятельности.

Предложенная двухэтапная модель является не формальным барьером, а краеугольным камнем современного интерактивного обучения. Интеграция оценочных элементов в сам образовательный процесс (Этап 1) стирает искусственную границу между учением и контролем. Вопросы выполняют дидактическую функцию, направляя внимание, закрепляя материал и обеспечивая глубокое вовлечение. Наиболее ценным итогом становится формирование персонализированной образовательной траектории. На основе данных обоих этапов система генерирует для каждого студента отчет с указанием сильных сторон и зон роста, а также конкретные рекомендации: «повторить теорию спектральных методов», «отработать алгоритм калибровки в симуляторе» и т.д. Таким образом, система трансформируется из «допускающей» в диагностико-развивающую, способствуя осознанному профессиональному росту. Использование иммерсивных технологий на первом этапе обеспечивает объективность оценки практических действий, а стандартизированное тестирование на втором – единые критерии для всей группы, что делает систему масштабируемой, справедливой и эффективной для работы с большим потоком студентов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю и глубокую признательность коллегам, чья помощь и экспертиза были неоценимы для реализации данного проекта. Отдельная благодарность сотруднику Университета ИТМО, к.х.н. А.А. Ботнарз за создание и ведение модуля по атомно-силовой микроскопии, аспирантке О.О. Волковой за создание и ведение модулей по ИК-спектроскопии, а также студентке А.О. Ахундзяновой за создание и ведение модулей по спектрофотометрии и инициативность в ходе подготовки, организации и непосредственного проведения многоэтапного тестирования образовательных модулей с использованием инструментов дополненной реальности, а также за сбор и первичный анализ обратной связи от участников.

Мы также высоко ценим вклад всех участников тестирования – школьников, студентов, аспирантов и сотрудников Университета ИТМО, которые нашли время и проявили искренний интерес к новым технологиям, предоставив ценные замечания и предложения, позволившие значительно улучшить юзабилити и образовательную эффективность разработанных материалов.

Особая благодарность направлена компании ООО «ИКСАР Технологии» за предоставление открытого доступа к своей программной платформе для создания AR-модулей, а также за оперативную техническую поддержку и готовность к продуктивному сотрудничеству в области развития образовательных технологий.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРИМЕР ТЕСТА ВЫХОДНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Пример стандартизированного теста, охватывающего ключевые аспекты пользования спектрофотометров в УФ-видимой области спектра.

AR-модуль по спектрофотометрии (базовый уровень). Тестирование

1. ФИО (свободное поле ввода информации)
2. Был ли у вас опыт работы со спектрофотометром до сегодняшнего дня?
 - a. Да
 - b. Нет
3. Спектр поглощения вещества показывает зависимость оптической плотности раствора вещества от:
 - a. Длины волны
 - b. Ионной силы
 - c. Толщины слоя
 - d. Концентрации вещества
4. Оптическая плотность раствора зависит от:
 - a. Концентрации растворенного вещества
 - b. Толщины кюветы
 - c. Длины волны света
 - d. Всего вышеперечисленного
5. До какого уровня должна быть заполнена кювета?
 - a. Полностью
 - b. До половины
 - c. На 1 см
 - d. На $\frac{3}{4}$ от высоты кюветы
6. Для съемки бесцветных растворов ароматических молекул, которые поглощают ультрафиолетовое излучение, необходимо использовать кюветы:
 - a. Пластиковые
 - b. Стеклянные
 - c. Кварцевые
 - d. Любые

7. Мешают ли пузырьки воздуха в кювете спектрофотометрическому анализу?
- Да, мешают
 - Нет, не мешают
 - В зависимости от исследуемого вещества
 - Да, мешают, но только в УФ-диапазоне
8. Для окрашенных растворов характерно поглощение в области:
- 1 - 1000 нм
 - 400 - 750 нм
 - 450 - 600 нм
 - 500 - 1000 нм
9. Для калибровки прибора перед началом анализа необходимо использовать:
- Пустые кюветы
 - Кюветы с раствором, идентичным анализируемому, но без аналита
 - Всегда кюветы с водой
 - Калибровку необходимо проводить без кювет
10. В каких растворах необходимо мыть кюветы?
- В растворителе, использованном для приготовления раствора аналита
 - В деионизированной воде
 - В этиловом спирте
 - В ацетоне
11. По завершении работы на спектрофотометре необходимо:
- Выключить прибор
 - Проверить забронирован ли прибор на ближайшее время, если нет, то выключить его
 - Оставить прибор в рабочем состоянии
 - Убраться в лаборатории
12. Ваши пожелания и комментарии: (свободное поле ввода информации с дополнительным текстом «Здесь вы можете написать любой комментарий касательно AR-модуля и его системы оценивания.»)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С AR-ОЧКАМИ

1. Общие положения

1.1. Настоящая инструкция разработана для пользователей дополненной реальности (AR-очков) с целью предотвращения травм, ухудшения здоровья и обеспечения безопасной эксплуатации устройства.

1.2. Инструкция обязательна к соблюдению всеми сотрудниками, использующими AR-очки в рабочих процессах.

2. Требования перед началом работы

2.1. Изучите инструкцию по использованию конкретной модели AR-очков.

2.2. Проверьте исправность устройства:

- Отсутствие физических повреждений;
- Исправность креплений (необходимо для обеспечения безопасности использования);
- Заряд батареи (при низком заряде батареи очки могут не включиться или выключиться в самый неподходящий момент);
- Чистоту линз и датчиков. При необходимости очистите их с помощью влажной спиртовой салфетки.

2.3. Убедитесь, что рабочая зона безопасна для использования AR-очков (достаточное освещение, отсутствие препятствий в рабочей зоне).

2.4. Отрегулируйте устройство для комфортной посадки на голове и переносице, в противном случае, дискомфорт не позволит эффективно работать с AR-гарнитурой.

3. Требования безопасности во время работы

3.1. Фокус внимания:

- Сохраняйте осознание реального окружения;
- Не отвлекайтесь **полностью** на виртуальные элементы.

3.2. Здоровье и эргономика:

- Делайте перерывы каждые 30-60 минут в зависимости от типа выполняемой задачи. Это необходимо, чтобы дать глазам отдохнуть;

- При появлении симптомов усталости глаз (сухость, покраснение, жжение) немедленно прекратите использование;
- При головокружении, тошноте или дискомфорте немедленно снимите очки;
- Поддерживайте правильную осанку.

3.3. Безопасность перемещения:

- Использование AR-очков в сценариях, озвученных выше, не подразумевает длительного перемещения как в лаборатории, так и вне её;
- Останавливайтесь при взаимодействии со сложным AR-контентом;
- Внимательно смотрите под ноги при ходьбе.

4. Ограничения и противопоказания

4.1. Медицинские противопоказания:

- Эпилепсия или склонность к судорогам;
- Серьезные нарушения зрения, не корректируемые очками;
- Вестибулярные нарушения;
- Мигрени и сильные головные боли;
- Послеоперационный период (особенно операции на глазах).

4.2. Ограничения по возрасту:

- Дети 10-13 лет – только под контролем взрослых до 20-30 минут за сеанс;
- Подростки 13-18 лет – ограниченное время использования (не более 2 часов в день).

4.3. Ограничения по времени для взрослых старше 18 лет:

- Непрерывное использование – не более 2 часов с перерывами каждые 45-60 мин на 10-15 мин;
- Общее дневное время – не более 4-6 часов с перерывами.

5. Требования по окончании работы

5.1. Аккуратно снимите AR-очки, не дергая за провода (если они есть);

5.2. Протрите линзы специальной влажной спиртовой салфеткой;

5.3. Зарядите устройство, если это необходимо;

5.4. Уберите очки в защитный футляр;

5.5. При наличии симптомов усталости глаз выполните гимнастику для глаз.

6. Аварийные ситуации

6.1. При возникновении неисправностей (перегрев, искрение, задымление):

- Немедленно снимите устройство;
- Отключите от питания;
- Сообщите ответственному лицу.

6.2. При получении травмы или ухудшении самочувствия:

- Немедленно прекратите работу;
- Обратитесь за медицинской помощью;
- Сообщите руководителю.

7. Ответственность

7.1. Пользователь несет ответственность за:

- Соблюдение данной инструкции;
- Сохранность выданного оборудования;
- Своевременное сообщение о неисправностях;
- Безопасность себя и окружающих при использовании AR-очков.

Смирнов Евгений Алексеевич
Богуш Ирина Викторовна

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ
РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ НАВЫКАМ РАБОТЫ С
ЛАБОРАТОРНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В
ПРАКТИКУМЕ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ
(Lab-in-AR). Часть 1**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе

Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, литер А