

**РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СТАНДАРТНОГО КОМПЛЕКТА ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕНТРА  
"ТОЧКА РОСТА" ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТЕЙ**

Перечень стандартного комплекта оборудования для оснащения Центров "Точка роста" сформирован с учетом ряда принципов, в том числе:

Принцип преемственности систем оборудования. Оборудование для проведения ученических практических работ является общим для уровней основного общего и среднего общего образования. В системе наглядных средств обучения и демонстрационного оборудования имеются базовые элементы, общие для основного общего и среднего общего образования. Цифровая лаборатория и оборудование общего назначения позволяют обеспечивать деятельность обучающихся как в основной, так и в старшей школе, а в совокупности с цифровыми лабораториями по физике, биологии и химии - практическую деятельность в рамках изучения естественно-научных предметов в 10 - 11 классах на углубленном уровне.

Принцип сочетания классических и современных средств измерений и способов экспериментального исследования явлений. В состав оборудования входят классические средства измерения (например: динамометры, стрелочные амперметр и вольтметр) и цифровые приборы (например: цифровые весы, секундомер) и датчики. Соблюдение этого принципа имеет особое значение для уровня основного общего образования, поскольку здесь происходит знакомство со способами измерения физических величин, формируется понимание принципов действия аналоговых измерительных приборов и обеспечивается переход к использованию инструментов цифровой лаборатории.

Принцип приоритета ученического эксперимента для реализации системно-деятельностного подхода. Реализация системно-деятельностного подхода в обучении естественно-научным предметам базируется в первую очередь на вовлечении обучающихся в практическую деятельность по проведению наблюдений и опытов. Поэтому значительная часть наблюдений и опытов, которые в традиционной методике предлагались как демонстрационные, перенесены в разряд ученических работ. Следует отметить, что в настоящее время изучение физики, химии и биологии в основной школе и на базовом уровне старшей школы ориентируется на освоение естественно-научной грамотности, которое идет через развитие способностей учащихся анализировать разнообразную естественно-научную информацию и использовать полученные знания для объяснения явлений и процессов окружающего мира; понимать особенности использования методов естествознания для получения научных данных; проявлять самостоятельность суждений и понимать роль науки и технологических инноваций в развитии общества; осознавать важность научных исследований и их связь с нашим материальным окружением и состоянием окружающей среды. Ориентация на естественно-научную грамотность предполагает акцент на методологию науки и напрямую связано как с общим числом ученических опытов в курсах естественных наук, так и направленностью их на формирование самостоятельности действий при проведении наблюдений, измерений и исследований.

Использование средств наглядности и учебного оборудования в учебном процессе направлено на выполнения следующих функций: обеспечивают более полную и точную информацию об изучаемом явлении или объекте и тем самым способствуют повышению качества обучения;

помогают в максимальной мере развить познавательные интересы учащихся; повышают уровень наглядности и доступности обучения; увеличивают объем самостоятельной работы учащихся на уроке и внеурочной деятельности; создают условия для организации практико-ориентированной проектной и исследовательской деятельности; дают возможность доступнее и глубже раскрыть содержание учебного материала, способствуют формированию у учащихся положительных мотивов обучения.

Важнейшей частью оснащения Центра "Точка роста" является цифровая лаборатория, перечень датчиков которой позволяет использовать эту лабораторию при изучении физики, химии и биологии. Введение в школьный эксперимент цифровых датчиков для регистрации различных величин и возможности использовать компьютер (смартфон или планшет) для расчетов и оформления результатов опытов, позволяет перейти на новый качественный уровень проведения измерений, упростив процесс измерений и повысив их точность. Появление цифровых технологий в лабораторных работах повышает их актуальность и привлекательность в сознании современного школьника, усиливает наглядность как в ходе опытов, так и при обработке результатов с использованием программных средств. Для экспериментов по биологии и химии это является значимым переходом от качественных наблюдений и опытов к количественным экспериментам. Использование цифровой лаборатории существенно изменяет подходы к проведению и демонстрационных, и ученических опытов:

Использование цифровых датчиков в качестве измерительных инструментов изменяет подходы к проведению прямых измерений физических величин.

Традиционно в качестве средств измерения использовались простейшие инструменты (рычажные весы и разновесы, мензурка, динамометр, термометр) и стрелочные приборы (амперметр и вольтметр).

Использование цифровых датчиков позволяет на совершенно другом качественном уровне производить измерения времени, расстояния, иметь возможность регистрировать и наблюдать изменение во времени таких величин как температура, электрическое напряжение, сила тока и т.д.

Эти возможности позволяют, например, на уроках физики с высокой точностью измерить мгновенную скорость тела, движущегося неравномерно, наблюдать в динамике процесс электромагнитной индукции, возникновение и изменение индукционного тока, исследовать изменение температуры с течением времени в процессе установления теплового равновесия и т.д.

На уроках биологии появляется возможность получить количественные данные при проведении опытов, например: при определении факторов, влияющих на скорость процесса фотосинтеза, при изучении дыхания корней и листьев, при исследовании условий прорастания семян и т.д.

На уроках химии на количественный уровень переходят практические работы по изучению процесса электролиза, исследование экзотермических и эндотермических реакций, теплового эффекта горения топлива и т.д. С использованием традиционных "аналоговых" средств подобные измерения выполнить невозможно. Однако, при переходе на цифровую лабораторию в тематическом планировании необходимо предусмотреть дополнительное время для обучения работе с датчиками, включая сборку экспериментальной установки с датчиками, снятие показаний с экрана компьютера, определение погрешностей измерений.

Для работы с цифровыми датчиками используется специальное программное обеспечение, установленное на компьютер. Для коммуникации цифровых датчиков, записи и хранения

информации, полученной с их помощью, цифровая лаборатория используется в комплекте с ноутбуком с необходимым установленным программным обеспечением.

Использование компьютерной формы регистрации полученных значений и построения графиков изменяет подходы к оформлению лабораторных и практических работ обучающимися.

Данные, полученные при помощи цифровых датчиков, вносятся в электронные таблицы, что позволяет строить графики зависимостей исследуемых величин на экране компьютера. На основании этих графиков делать выводы о характере зависимости величин от времени или других параметров. На углубленном уровне целесообразно обучать проводить аппроксимацию выбранных точек итоговой графической зависимостью.

Эти новые возможности позволяют автоматизировать рутинные процедуры заполнения таблиц, выполнение однотипных расчетов, построения графиков. Цифровая фотокамера позволяет сфотографировать собранную экспериментальную установку и прикрепить фотографию в электронный отчет. Таким образом, осуществляется переход к оформлению электронного отчета о проделанном эксперименте, проектной или исследовательской работе.

Возможность использования видеонаблюдения за процессом выполнения практических работ обучающимися изменяет подходы к оцениванию работ.

Электронный отчет о проделанной практической работе может сопровождаться прикрепленной фотографией, которая позволяет оценивать правильность собранной экспериментальной установки, более полно определять полноту и правильность проделанного исследования, анализировать достоверность представленных экспериментальных данных. При одновременном выполнении разными группами обучающихся разных исследовательских работ целесообразно использовать видеозапись всего хода работ. В этом случае оцениваться могут не только предметные результаты, связанные с проведением конкретного эксперимента, но и коммуникативные и регулятивные действия: планирование работы, отслеживание хода работы, коррекция плана работы, коммуникация в совместной деятельности, наличие (или отсутствие) конфликтов и способы их решения.

Использование цифровых лабораторий существенно расширяет спектр возможных опытов и исследований, особенно это касается изучения биологии и химии.

Расширение спектра возможностей можно проиллюстрировать на примере изучения электромагнитной индукции в курсе физики. При использовании стрелочного амперметра традиционно наблюдают лишь факт возникновения индукционного тока в проводнике и изменение его направления при изменении скорости внесения магнита или его полярности. Использование цифрового датчика позволяет получить осциллограмму ЭДС индукции, возникающей в катушке, при пролете через нее магнита. Это позволяет сравнивать значения максимальных ЭДС при пролете через катушку магнита с разными скоростями и с разной полярностью, анализировать вид полученной зависимости, конструировать экспериментальные задачи по изучению электромагнитной индукции.

Цифровая лаборатория позволяет организовать проектную и учебно-исследовательскую деятельность школьников как в рамках уроков, так и во внеурочной деятельности. Наличие разнообразных цифровых датчиков дает возможность проводить самые разнообразные исследования, опираясь на интересы обучающихся. В качестве примера можно привести

исследования экологической направленности по выявлению факторов загрязнения окружающей среды, изучению экологического состояния помещений школы, почвы, воздуха в населенном пункте и т.д. Исследовательские работы с использованием цифровых датчиков целесообразно предлагать учащимся 10 - 11 классов в рамках обязательной для них проектной деятельности. Выполнение таких проектов является основанием для оценки не только уровня сформированности предметных результатов, но итоговой оценки достижения метапредметных результатов обучения: коммуникативных (которые оцениваются как в процессе проведения работы, так и в процессе защиты проекта или исследования) и регулятивных (которые оцениваются в процессе выполнения проекта).

Оснащение для изучения физики представлено в виде оборудования для демонстрационных опытов и оборудования для лабораторных работ и ученических опытов, включая общую для естественно-научного цикла цифровую лабораторию, а также цифровую лабораторию по физике (как дополнительный элемент для углубленного изучения физики).

Демонстрационное оборудование обеспечивает возможность наблюдения большинства изучаемых явлений, процессов и законов. Это возможно при оптимальном сочетании аналоговых и цифровых средств наблюдения, анализа измерительной информации. Так, например, для курса физики основной школы есть возможность демонстрации классических демонстрационных экспериментов: падение тел в трубке Ньютона, демонстрация действия атмосферного давления, закона Паскаля, изменения объема тел при нагревании (охлаждении), притяжения молекул и т.д. Набор по электростатике дает возможность демонстрации электризации тел, закона сохранения заряда, линий напряженности электрического поля и т.д. и может использоваться как в 8 классе при изучении электромагнитных явлений, так и в 10 классе при изучении электростатики.

При проведении демонстрационных опытов должны соблюдаться требования к их наглядности (ясная и понятная постановка опыта), видимости для всех учащихся класса (при наличии мелких деталей используется их увеличенное изображение при помощи веб-камеры), эмоциональности и, по возможности, занимательности (демонстрационный опыт должен вызывать интерес учащихся, создавать мотивацию к изучению предмета) и убедительности (показывать тот эффект, на демонстрацию которого он был направлен).

Однако реализация деятельностного подхода в обучении физике переносит акцент с демонстрационного эксперимента на ученический. Например, по механике исследование кинематических закономерностей, законов динамики, колебательных движений перенесено в ученический эксперимент с соответствующим набором оборудования. При изучении электродинамики лабораторное оборудование позволяет исследовать не только законы постоянного тока, но с использованием компьютерного осциллографа позволяет пронаблюдать и исследовать электрические цепи переменного тока, блок диодов позволяет исследовать вольтамперные характеристики диода. При изучении оптики лабораторное оборудование позволяет изучить законы геометрической оптики (преломление света в полуцилиндре и получение изображения в линзах) и пронаблюдать основные явления волновой оптики (интерференция и поляризация), исследовать дифракцию света (дифракционная решетка).

В соответствии с предметными результатами обучения физике оборудование для ученических опытов обеспечивает проведение следующих типов работ, сгруппированных по видам деятельности, независимо от их тематической принадлежности:

1. Проведение прямых измерений физических величин (измерение массы, объема жидкости, температуры жидкости, силы, силы тока, напряжения) с использованием аналоговых и цифровых приборов.
2. Проверка заданных предположений (прямые измерения физических величин и сравнение заданных соотношений между ними). Например: проверка условий плавания тел, условий равновесия рычага и блоков, закономерностей последовательного и параллельного соединения проводников и т.д.
3. Расчет по полученным результатам прямых измерений зависимого от них параметра (в основной школе) и косвенные измерения (в 10 - 11 классах). Например: ускорение тела при равноускоренном движении, ускорение свободного падения, жесткость пружины, коэффициент трения скольжения, механическая работа и мощность и т.д.
4. Наблюдение явлений и постановка опытов (на качественном уровне) по обнаружению факторов, влияющих на протекание данных явлений. Например: прямолинейное распространение света, дисперсия света; изучение свойств изображения в плоском зеркале и т.п.
5. Исследование зависимости одной физической величины от другой с представлением результатов в виде графика и расчета искомого параметра. Например: зависимости пути равномерно движущегося тела от времени движения тела; силы трения скольжения от силы нормального давления, качества обработки поверхностей тел и независимости силы трения от площади соприкосновения тел; силы упругости от удлинения пружины; выталкивающей силы от объема погруженной части тела и от плотности жидкости, ее независимости от плотности тела, от глубины, на которую погружено тело и т.д.

Лабораторное оборудование обеспечивает самостоятельный ученический эксперимент, который может иметь различные формы: фронтальный эксперимент (фронтальные опыты и лабораторные работы), работы практикума, учебно-исследовательские работы и проекты экспериментального характера. При этом нормативно-обязательным вне зависимости от уровня изучения физики (базовый или углубленный) и образовательной программы (основная или средняя школа) является фронтальный эксперимент. Именно посредством фронтального эксперимента достигаются предметные результаты экспериментального характера, а учащимися осваиваются способы действий, соответствующие указанным выше пяти типам работ. Лабораторный практикум целесообразен только при углубленном уровне изучения предмета.

Оптимальным для достижения целей проведения фронтального эксперимента является представление лабораторного оборудования и материалов в виде тематических комплектов по механике, молекулярной физике, электричеству и оптике. Использование тематических комплектов способствует формированию такого важнейшего умения, как подбор учащимися оборудования в соответствии с целью исследования из избыточной номенклатуры предложенного комплекта; позволяет проводить экспериментальную работу на любом этапе урока; уменьшает трудовые затраты учителя при подготовке к урокам, поскольку не требуется перекомпоновка оборудования в соответствии с задачами конкретного урока.

При планировании практических работ важно иметь в виду, что предметные результаты экспериментального характера могут быть освоены только при оптимальном сочетании кратковременных фронтальных опытов и одночасовых лабораторных работ.

Важное значение имеет тот факт, что в состав фронтального оборудования наряду с аналоговыми входят и цифровые средства измерения. К ним относятся электронный секундомер с датчиками, электронные весы и датчики цифровой лаборатории. Таким образом, при проведении фронтального

эксперимента в основной школе ученики знакомятся с электронными способами измерений и вычислений.

Блок оборудования для ученических работ по физике сформирован на базе перечня оборудования для проведения основного государственного экзамена по физике. Использование приборов и оборудования с едиными для всех обучающихся характеристиками позволяет стандартизировать процедуры выполнения экспериментальных заданий на экзамене и обеспечить надежную оценку результатов на основании экспертной проверки ответов обучающихся. При этом основанием для вывода о правильности проведения данного опыта являются результаты, полученные учащимися посредством прямых измерений заданных физических величин.

Набор для проведения основного государственного экзамена обеспечивает разработку нескольких однотипных заданий при использовании одинакового оборудования с разными характеристиками. Этот подход целесообразно использовать и при проведении фронтальных опытов и лабораторных работ. Например, при проведении исследования зависимости силы тока от напряжения можно выделить в классе группы, которые будут проводить данное исследование, используя резисторы с разным сопротивлением, и лампочку. По результатам можно сравнить полученные зависимости, обсудить границы выполнения закона Ома для участка цепи, определить сопротивления резисторов. Следует отметить, что при проведении фронтальных опытов и лабораторных работ в основной школе требуется запись результатов всех прямых измерений с учетом абсолютной погрешности. Здесь при использовании традиционного оборудования (мензурок, динамометров, термометров) и стрелочных амперметров и вольтметров абсолютную погрешность целесообразно связывать с ценой деления прибора, а при переходе к цифровым инструментам (цифровые весы и датчики) учить работать с описаниями этих приборов, выделяя данные об абсолютной погрешности, либо предлагать значение погрешности в тексте заданий.

При проведении исследования зависимостей одной физической величины от другой учащиеся должны освоить построение графиков с указанием абсолютных погрешностей, а при проведении работ на проверку предположений - уметь сравнивать значения двух прямых измерений с учетом абсолютной погрешности (например, путем сравнения интервалов полученных значений на числовой оси). Проведение измерений и исследований в курсе физики 10 - 11 классов дополняется использованием относительных погрешностей, учащиеся должны научиться рассчитывать относительные погрешности в простейших случаях прямых измерений и сравнивать точность различных измерений.

Обращаем внимание, что оценивание лабораторных работ должно базироваться, как и в критериях оценивания экспериментальных заданий КИМ ОГЭ, не на правильности оформления отчета о работе, а на правильности действий по сбору установки, проведению опытов, снятию показаний приборов.

Оснащение для изучения биологии представлено комплектами демонстрационных влажных препаратов, гербариев и коллекций по разным темам курса биологии, а также цифровой лабораторией для проведения практических работ. Кроме того, при изучении биологии может использоваться цифровая лаборатория по биологии (как дополнительный элемент для углубленного изучения курса).

В учебном процессе учащиеся должны получить возможность чувственного восприятия изучаемых явлений и объектов. Однако изучаемые явления и объекты не всегда могут быть непосредственно воспроизведены или показаны в учебном помещении. В этом случае учебное оборудование дает

возможность их воспроизвести опосредовано, через коллекцию, гербарный лист, микропрепарат, модель, видеофрагмент и т.п.

Влажные препараты представляют собой натуральные объекты, смонтированные на стеклянной пластинке и опущенные в стеклянный цилиндр с консервирующей жидкостью, либо представленные в пластике. Здесь предлагаются тотальные препараты, позволяющие изучать внешнее строение организма или его части, (например: "Корень бобового растения с клубеньками", "Гадюка"); анатомические препараты, предназначенные для изучения внутреннего строения организма или его органов (например: "Внутреннее строение лягушки", "Внутреннее строение птицы"); биологические препараты, дающие представление о стадиях развития организма (например: "Развитие костистой рыбы", "Развитие курицы"). Влажные препараты используются как раздаточный материал в процессе демонстрации при изучении нового материала или в процессе выполнения практических заданий, разработанных на их основе.

Гербарии - собрание прессованных, засушенных растений или их частей помогают изучать растение в кабинете и узнавать его в природе, а гербаризация - наиболее простой способ сохранения растений и их частей в течение длительного времени. В перечне предлагается систематический гербарий (например, "Основные группы растений") и гербарий по общей биологии (который позволяет проиллюстрировать изменчивость, искусственный отбор, систематические категории и видообразование, дивергенция и конвергенция, гомологичные и аналогичные органы, рудиментарные органы, ароморфоз, идиоадаптация фенотип и генотип, полиплоидия, отдаленная гибридизация, взаимодействие растений с абиотическими факторами среды, взаимодействие растений с биотическими факторами среды). Гербарный материал используют как раздаточный материал для демонстрации изучаемых объектов, для выполнения практических заданий при закреплении материала или диагностики учебных результатов.

Также представлены коллекции - наборы предметов или веществ, подобранных по определенным признакам. Объектами их могут быть расправленные и засушенные насекомые, ракообразные, раковины моллюсков, отдельные части скелетов животных. В коллекциях сочетают натуральные объекты с их изображением в виде рисунков или муляжей - имитаций. Предложенные в перечне морфологические коллекции дают представление о внешнем строении органов или их частей, позволяют проводить сравнения объектов, выяснять их общие черты и черты различия (например: "Представители отрядов насекомых" и др.); общебиологические коллекции позволяют выяснять взаимосвязи в органическом мире, рассматривать развитие организмов, проследить общебиологические закономерности (например: "Примеры защитных приспособлений у насекомых"). Коллекции, как и гербарии, используют как раздаточный материал для демонстрации изучаемых объектов, для выполнения практических заданий при закреплении материала или диагностики учебных результатов.

Ознакомление учащихся с микроскопическим строением живых организмов - одна из главнейших задач науки, позволяющих подвести школьников к пониманию единства органического мира. Для проведения лабораторных работ в цифровую лабораторию включен микроскоп, а в комплекте посуды и оборудования общего назначения имеются необходимое оснащение для проведения лабораторных работ.

Цифровая лаборатория включает набор для изготовления микропрепаратов. Свежие препараты изготавливают для немедленного рассмотрения. К ним относятся жидкостные (объекты обычно помещаются в воду, а препараты сохраняются в течение нескольких дней), сухие (например, частицу птичьего пера, просто положить на предметное стекло и микроскопировать), живые

препараты (мазки - капли жидкости, например крови) и витальные препараты (которые используются для изучения малоклеточных объектов (простейших, колоний водорослей), для наблюдения движения (туфельки, амебы). Приготовление микропрепарата вырабатывает у учащегося навыки самостоятельной работы, активизирует их познавательную деятельность и знакомит с техникой и методикой научного исследования. В цифровую лабораторию включен также и набор микропрепаратов, который содержит постоянные препараты, долгое время сохраняющиеся в пригодном для микроскопирования виде.

Следует отметить, что наряду с использованием перечисленного выше учебного оборудования важную роль в изучении биологии играют природные объекты, так как в большинстве случаев только они могут обеспечить наибольшую конкретность и полноту знаний учащихся, помогают формированию у них правильных биологических знаний. К таким живым объектам относят растения, животные живого уголка, аквариума, террариума. Эффективным средством знакомства с природными объектами являются экскурсии в биологические и краеведческие музеи, ботанические сады, зоопарки и окружающие школу естественные и искусственные природные сообщества.

Традиционные биологические муляжи и модели в настоящее время успешно заменяются цифровыми образовательными ресурсами: видеофрагментами, анимацией, виртуальными лабораториями. Цифровые образовательные ресурсы не могут стать полноценной заменой реальных природных объектов, но дают возможность познакомиться с более широким кругом объектов, создают предпосылки для интенсификации образовательного процесса и обеспечивают незамедлительную обратную связь, компьютерную визуализацию информации, автоматизацию управления учебной деятельностью и контроль ее результатов.

Оснащение для изучения химии представлено в виде демонстрационного оборудования, комплекта химических реактивов с необходимым оборудованием из общего комплекта посуды и оборудования для ученических опытов и комплекта коллекций. Кроме того, при изучении химии используется общая для естественно-научного цикла цифровая лаборатория, а также цифровая лаборатория по химии (как дополнительный элемент для углубленного изучения химии).

Демонстрационный эксперимент является важной частью обучения химии. Здесь важно помнить, что при его проведении обязательно должны быть соблюдены все необходимые этапы:

поставка цели эксперимента,

описание необходимого для его выполнения оборудования и реактивов,

планирование порядка проведения,

описание исходных веществ,

прогнозирование ожидаемых в реакционной смеси изменений и результатов эксперимента,

описание изменений, произошедших с веществами,

формулировка выводов из эксперимента,

создание рисунка экспериментальной установки и составление уравнения реакций.

В процессе проведения демонстраций, учащиеся осваивают этапы проведения опыта, поэтому наиболее эффективным является не простое описание опыта учителем, а использование эвристической беседы. При реализации такого сценария даже не очень сложный опыт занимает довольно много времени, но следование ему позволяет обеспечить понимание обучающимися



приемов научного познания и использование их уже в самостоятельной деятельности в процессе ученического эксперимента. На начальном этапе изучения химии (в 8 - 9 классах) именно такой подход позволяет достичь максимальной эффективности от проведения лабораторных и практических работ, а также сформировать у учащихся ответственное отношение к эксперименту. При оценивании ученических практических работ целесообразно учитывать подходы, используемые в экзаменационных материалах. Так, в настоящее время предлагается экспериментальное задание, предусматривающее выбор двух веществ из пяти предложенных и проведение с ними реакций, отражающих химические свойства указанного в условии задания вещества. Оценивание идет на основании отчета ученика о проделанной работе (уравнения реакций, выводы о наблюдениях) и на основании прямого наблюдения за действиями ученика по проведению опытов. При этом выделяются этапы отбора веществ и смешивания веществ в соответствии с пунктами инструкции к работе.

Важнейшим направлением как демонстрационного, так и ученического эксперимента должно стать использование цифровой лаборатории, которая позволяет организовать химический эксперимент на принципиально новом уровне, перейти от качественной оценки наблюдаемых явлений к системному анализу количественных характеристик. При работе с датчиками цифровой лаборатории обеспечивается автоматизированный сбор и обработка данных, ход эксперимента может отображаться в виде графиков или показаний приборов, а результаты экспериментов могут сохраняться длительное время. Наиболее актуальным для химии является переход к количественным характеристикам, который можно проиллюстрировать следующими примерами: изучение строения пламени, определение pH в разных средах, определение скорости реакции, изучение влияния концентрации и температуры на скорость реакции.

Цифровая лаборатория позволяет реализовать межпредметные связи с другими предметами естественно-научного цикла, поскольку дает возможность выполнять интегрированные учебные исследования по естественным наукам, применять и осваивать элементы статистики и информационные технологии.