**Методические рекомендации по подготовке обучающихся**

**к выполнению заданий по методологии эксперимента.**

В 2022 г. в часть 2 КИМ ЕГЭ по биологии была введена линейка заданий по методологии эксперимента (задания линии 22).

Пример задания из открытого варианта ЕГЭ.

Учёный провёл эксперимент со спортсменами-добровольцами, осуществлявшими подъём в гору в два этапа. У группы спортсменов трижды осуществляли забор крови: первый раз на высоте 300 м – до подъёма в горную деревню на высоту 2135 м над уровнем моря; второй раз – через три недели проживания там; третий раз – после второго этапа – восхождения на высоту 4050 м. В анализах оценивали количество эритроцитов во всех образцах крови (см. таблицу).

|  |  |
| --- | --- |
| Забор крови | Количество эритроцитов  млн/ мм3 |
| Первый | 5,5 |
| Второй | 7,2 |
| Третий | 8,1 |

Какой параметр был задан экспериментатором (независимая переменная), а какой параметр менялся в зависимости от заданного (зависимая переменная)? Исходя из функции эритроцитов в крови, объясните наблюдаемое изменение параметра крови.

Элементы ответа:

1) независимая (задаваемая экспериментатором) переменная – высота над уровнем моря; зависимая (изменяющаяся в зависимости от заданной) переменная – количество эритроцитов в крови *(должны быть указаны обе переменные)*;

2) эритроциты транспортируют кислород к клеткам;

3) с увеличением высоты над уровнем моря парциальное давление кислорода (концентрация кислорода) в воздухе уменьшается;

4) для компенсации кислородного голодания (гипоксии) количество эритроцитов в крови увеличивается.

Аналогичные задания можно найти в открытом банке заданий ЕГЭ и использовать в учебном процессе при организации текущей, промежуточной и итоговой проверок знаний и умений обучающихся.

Приведенные примеры заданий напрямую связаны с поэтапным переходом системы образования Российской Федерации на ФГОС.

В 2023 г. планируется расширить линейки экспериментальных заданий до двух линий – 22 и 23 (см. демонстрационный вариант КИМ ЕГЭ 2023 г.).

Учитывая актуальность проблемы, преподавателям биологии предлагается ряд методических рекомендаций по формированию в учебном процессе у обучающихся ведущих исследовательских компетенций.

Современная наука держится на определенной методологии – совокупности используемых методов и учения о методе. «Метод» (от греч. методос – путь к чему-либо) означает совокупность приемов и операций практического и теоретического действия, направленного на достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи, т.е. основной способ, с помощью которого проводится исследование (метод направлен на овладение объектом).

В наиболее полном и «рафинированном» виде научный метод представлен в современном естествознании (физика, химия, биология, астрономия, физическая география).

К характерным чертам современного научного метода относят:

1) стремление к четкости и однозначности формулировании понятий при описании метода и результатов описания явления;

2) основой научного метода были и остаются наблюдение и эксперимент, т.е. эмпирическая основа научных знаний;

3) большинство научных методов получения первичной информации об изучаемых явлениях природы инструментально (поэтому унифицировано и объективно в определенном смысле);

4) современные методы стремятся к количественным характеристикам явлений и, соответственно, к математическим методам обработки информации;

5) в основе современных методов широко применяется математическое моделирование природных явлений, в частности использование вычислительного эксперимента;

6) для современных методов характерна логическая (рациональная) основа и хорошо отработанная методика построения теорий;

7) современные методы стремятся к концептуальному единству теоретического описания природы.

Среди большого многообразия научных методов особое место занимают эмпирические методы: наблюдение, описание, измерение, эксперимент. Наиболее сложным методом эмпирического познания, в сравнении со всеми остальными, является *эксперимент* (от лат*.* experimentum – проба, опыт) – метод познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются явления действительности. Эксперимент вбирает в себя другие методы эмпирического исследования (наблюдение, измерение, описание).

Вместе с тем эксперимент обладает рядом важных, присущих только ему особенностей.

Во-первых, эксперимент позволяет изучить объект в «очищенном» виде, т.е. устранять всякого рода побочные факты, наслоения, затрудняющие процесс исследования.

Такое упрощение способствует более глубокому пониманию сути явлений и процессов и дает возможность контролировать немногие важные для данного эксперимента факторы и величины. В этом смысле эксперимент может быть уподоблен процедуре абстрагирования.

Во-вторых, в ходе эксперимента объект может быть поставлен в некоторые искусственные, в частности экспериментальные, условия.

В-третьих, изучая какой-либо процесс, экспериментатор может вмешиваться в естественный ход процесса, преобразовывать объект исследования, помещать его в искусственные условия, активно влиять на его протекание.

В-четвертых, важным достоинством многих экспериментов является их воспроизводимость. Это означает, что условия эксперимента, а соответственно, и проводимые при этом наблюдения, измерения могут быть повторены столько раз, сколько это необходимо для получения достоверных результатов.

Разрабатывая эксперимент, исследователь должен руководствоваться условиями его проведения, а именно:

– иметь четко сформулированную цель исследования;

– базировать на каких-либо теоретических положениях;

– иметь предварительно намеченные пути его проведения;

– иметь соответствующие технические средства, необходимые для реализации эксперимента;

– иметь достаточно высокую квалификацию исследователя.

Эксперименту обязательно предшествует гипотеза; она считается научной, если в соответствии с научным методом объясняет факты, охватываемые этой гипотезой, не является логически противоречивой, принципиально опровергаема, т.е. потенциально может быть проверена критическим экспериментом, а также не противоречить ранее установленным законам.

У ученых особым доверием пользуются гипотезы, которые не только объясняют уже известные факты, но и позволяют прогнозировать новые, в особенности неожиданные.

Тем не менее, каждая гипотеза верна только при определенных условиях. Во-первых, данной группе фактов может соответствовать несколько гипотез. Во-вторых, никогда не может быть уверенности, что известны все факты, имеющие отношение к тому или другому явлению. Когда накапливаются новые знания, даже в хорошо обоснованную гипотезу приходится иногда вносить поправки. Но старая гипотеза «разрушается» только в ограниченном смысле этого слова, так как на самом деле она включается в новую, и эта новая гипотеза должна объяснять также и факты, которые охватывала старая гипотеза.

В современной науке сложилось несколько классификаций экспериментов по разным основаниям. Так, по предмету исследования различают физические, химические, биологические и другие подобные эксперименты. При этом, чем сложнее объект исследования, который изучает данная наука, тем более специфический характер приобретает в ней эксперимент.

Например, в живой природе эксперимент обычно сводится к исследованию двух групп организмов, одна из которых подвергается экспериментальному воздействию, а другая (контрольная) не подвергается и используется для сравнения с первой.

В зависимости от характера проблем, решаемых в ходе исследования, эксперименты обычно подразделяют на исследовательские и проверочные. Первые дают возможность обнаружить у объекта новые свойства. При этом могут быть получены выводы, не предполагаемые существующими гипотезами или теориями. Проверочные эксперименты используются для подтверждения существующих гипотез или теорий. Исходя из методики приведения и получения результатов, эксперименты можно разделить на качественные и количественные. Качественный эксперимент, являясь поисковым, имеет целью установить наличие или отсутствие предполагаемого теорией явления. Более сложен количественный (измерительный) эксперимент, выявляет количественную определенность какого-либо свойства объекта.

В зависимости от области применения эксперименты бывают естественнонаучные, прикладные и социально-экономические. Первые ставят перед собой задачу подтверждения каких-то теоретических положений, поиска новых фактов. Вторые имеют целью поиск практического применения уже известных фактов и теорий. Третьи непосредственно касаются жизни человека и общества и связаны с проверкой различных новаций в общественной жизни (в рамках биологии не рассматриваются).

Еще один тип эксперимента, находящий широкое применение в фундаментальных исследованиях, – так называемый мысленный эксперимент. Относясь к области теоретического знания, он представляет собой систему мысленных, практически не осуществимых процедур, проводимых над идеальными объектами.

Поскольку существующие в науке эксперименты отличаются большим разнообразием, как по своим целям, так и по конкретному содержанию, то при рассмотрении их структуры возникает немало трудностей, связанных с выделением их общих признаков. Поэтому, анализируя общую структуру эксперимента при его планировании, ограничиваются обычно выявлением наиболее общих, характерных стадий построения эксперимента.

На первой стадии устанавливают цель эксперимента, которая может состоять либо в проверке определенной гипотезы или теории, либо в поиске некоторой эмпирической зависимости между величинами, описывающими определенный процесс. В основном эксперимент используется для проверки научных гипотез, поэтому при постановке цели:

– указывают следствия из гипотез, подлежащих проверке;

– устанавливают, в какой форме – качественной или количественной – эти следствия необходимо представить;

– определяют факторы, от которых зависит результат эксперимента;

– выявляют факторы, которые поддерживаются постоянными при эксперименте, так как предполагается, что они не могут оказывать существенного влияния на ход процесса.

Все эти задачи подробно формулируются при планировании эксперимента. Вторая стадия эксперимента состоит в контроле над его проведением, который заключается в обеспечении его «чистоты», связанной с изоляцией от влияния таких факторов, которые могут заметно изменить результат.

Третья стадия эксперимента связана с интерпретацией полученных данных и статистической обработкой результатов измерения соответствующих величин. Уже в процессе научного наблюдения исследователь руководствуется определенными теоретическими представлениями о наблюдаемых фактах (эксперимент в гораздо большей степени зависимость от теории). Прежде чем поставить эксперимент, надо не только располагать общим его замыслом, но и тщательно продумать план его проведения, т.е. теоретическую схему построения отдельных его стадий.

Выбор типа эксперимента, как и конкретный план его построения, определяется в первую очередь той научной проблемой, которую предстоит решать с его помощью. Одно дело, когда эксперимент предназначен для качественной оценки и проверки гипотезы, т.е. простого установления зависимости между факторами исследуемого явления. Совсем другое дело, когда ставится задача определения количественной зависимости между этими факторами в математической форме, т.е. поиска функций, уравнений и других математических структур, которые бы адекватно отобразили количественные отношения между факторами. Все это свидетельствует о том, что план проведения каждого конкретного эксперимента обладает своими специфическими особенностями. Поэтому не существует какого-либо общего шаблона или схемы, с помощью которых можно было бы построить эксперимент для решения проблемы в каждой экспериментальной науке, тем более биологии. Самое большее, что можно здесь сделать, — это наметить стратегию исследования и дать некоторые общие рекомендации по построению и планированию эксперимента.

После того как будет точно сформулирована цель эксперимента, необходимо выделить те факторы, которые оказывают существенное влияние на его проведение. Выявление таких факторов зависит от степени теоретической зрелости соответствующей науки, а особенно от интуиции и опыта исследователя. Когда имеется достаточно разработанная теория, тогда выявить существенные факторы планируемого эксперимента не очень трудно. Если же исследование только начинается, а область изучаемых явлений совсем новая, тогда отделение существенных факторов от несущественных представляет проблему. Любой фактор в принципе может оказаться существенным, и поэтому заранее, без предварительного исследования и проверки его исключить нельзя. Однако проверить, являются ли все факторы существенными, также невозможно. Следовательно, перед исследователем возникает проблема выбора: если он сделает правильный выбор, то эксперимент даст ему возможность успешно решить научную проблему.

Важнейшим этапом проведения эксперимента является изучение зависимостей между существенными факторами при сохранении несущественных факторов неизменными или постоянными. При планировании эксперимента и оценке его результатов приходится учитывать также характер величин, измеряемых в ходе опыта. В этом отношении более сложными являются эксперименты, в которых исследуемые величины заданы статистическим образом. К чисто экспериментальным трудностям здесь добавляются трудности математического характера.

Однако, как бы эксперимент ни планировался, при его проведении обязателен точный учет тех изменений, которые эксперимент вносит в изучаемый процесс. А это требует тщательного контроля как объекта исследования, так и средств наблюдения и измерения.

Зависимость эксперимента от теории проявляется не только при его планировании, но и при истолковании (интерпретации) его результатов. При интерпретации данных эксперимента для исследователя возможно два пути.

Во-первых, он может объяснить эти результаты в терминах уже известных теорий или гипотез. Поскольку такая проверка состоит в сопоставлении утверждений, выражающих данные эксперимента, с выводами теории, то возникает необходимость в получении таких логических следствий из теории, которые допускают эмпирическую проверку. Это требует интерпретации, по крайней мере, некоторых понятий и утверждений теории.

Во-вторых, в ряде случаев ученый не располагает готовой теорией или гипотезой, с помощью которых он смог бы объяснить результаты своего эксперимента.

Иногда такие эксперименты даже противоречат теоретическим представлениям, доминирующим в той или иной отрасли науки. Разумеется, не всякая интерпретация экспериментальных данных приводит к революционным изменениям в науке. Однако любая интерпретация предъявляет определенные требования к существующим теориям, начиная от пересмотра некоторых их элементов и заканчивая модификацией исходных допущений и принципов.

Все изложенное выше рассмотрим на конкретном примере постановки эксперимента в области биологии. В отличие от специалистов из других естественных наук, исследователи сталкиваются с чрезвычайно сложными биологическими системами. Исследователи физики могут изучать поведение электрона в вакууме, изолируя его от других частиц.

Большинство биологических экспериментов не может быть проведено в «вакууме». Данное условие накладывает существенные ограничения на любой биологический эксперимент. Из-за сложности биологических систем и условий, в которых они обитают, отношение между зависимой и независимой переменными в явном виде не удается установить. Факторы, влияющие на зависимую переменную, но при этом не заданные экспериментатором, называют помехами или смещающими факторами. Как можно проиллюстрировать данные факторы? Представим себе, что исследователь проводит классический эксперимент по выявлению явления плазмолиза и исследует зависимость между объемом живой части клетки (протопластом) и концентрацией раствора соли, в котором находятся клетки. В самом простом варианте эксперимента он постепенно увеличивает осмолярность внешнего раствора, заменяя раствор с меньшей концентрацией соли на раствор с большей (рис. 5).



Рис. 5. Явление плазмолиза в растительной клетке

Несмотря на то, что в данном эксперименте ученый может в явном виде выделить зависимую и независимую переменные, есть и другие параметры, которые влияют на изучаемую систему. Например, по мере смены растворов вокруг клеток растения проходило определенное время. Соответственно, чем концентрированнее раствор (в рамках нашего эксперимента), тем дольше времени клетки суммарно провели под экспериментальным воздействием. В данном случае время и есть помеха или смещающий фактор. Ученый не контролировал его в эксперименте, но, возможно, время внесло существенный вклад в полученный результат. Помимо времени, существует множество других факторов, которые исследователь может не учитывать при постановке, казалось бы, простого эксперимента. Зачастую полностью избавиться от таких факторов не получается, но при этом исследовать предполагаемую зависимость необходимо. В таких случаях используются контрольные опыты, или контроли эксперимента.

В случае эксперимента с плазмолизом в клетке растения можно поставить отрицательный контроль, при котором изучаемый объект не подвергается экспериментальному воздействию. Клетки растения при этом надо разделить на две группы. Одну группу будут последовательно помещать в растворы с восходящей концентрацией солей, а вторую группу будут выдерживать в изначальном растворе. При этом если в клетках, которые были выдержаны в изначальном растворе, произойдут такие же изменения, как и в клетках, которые были пропущены через восходящие по концентрации растворы соли, то нельзя говорить о зависимости между переменными. В нашем эксперименте такого не произойдет, и зависимость будет установлена. Методическая разница при планировании эксперимента с контролем очевидна. Раскрывается суть научного метода, при котором исследователь старается однозначно установить зависимость и исключить сторонние помехи.

Другая проблема, которая связана со сложностью биологических систем, заключается в их разнообразии. У большинства признаков, которые можно наблюдать, например, в пределах одного вида, у каждого организма есть своя норма реакции. Так, например, всхожесть семян, собранных с одного растения подсолнуха со сходными генотипами, может варьировать на десятки процентов. В этом случае при однократном проведении эксперимента исследователь может обнаружить зависимость, которая будет характерна не для вида в целом, а для конкретных особей данного вида.

Чтобы избежать неточностей, связанных с вариацией в проявлениях признаков обычно один и тот же эксперимент проводится многократно. Если проводить эксперимент с плазмолизом, то вместо одной группы клеток, которые подвергались экспериментальному воздействию, можно использовать несколько. Для каждой группы отдельно необходимо измерить изменение объема в зависимости от концентрации раствора соли, а полученные значения затем усреднить. Такая постановка эксперимента позволяет получить взвешенную оценку. В действительности, какие-то группы клеток будут более интенсивно реагировать на изменение концентрации окружающего раствора, а другие – менее интенсивно. Проведение эксперимента с одинаковым экспериментальным воздействием называется повторностью. В зависимости от сложности эксперимента и его дороговизны количество повторностей может существенно различаться. Наконец, экспериментатору необходимо четко понимать, какую зависимость необходимо изучать. Такому пониманию способствует правильная формулировка нулевой гипотезы. Нулевая гипотеза, по умолчанию, предполагает отсутствие зависимости между переменными или наблюдаемыми событиями. Исходя из формулировки нулевой гипотезы, планируется эксперимент. Если в результате эксперимента становится понятно, что зависимость есть, то нулевая гипотеза отвергается, и принимается альтернативная гипотеза.

Альтернативная гипотеза, в отличие от нулевой, предполагает наличие связи между двумя переменными. В случае эксперимента с плазмолизом нулевая гипотеза может быть следующей: не существует зависимости между концентрацией соли в окружающем растворе и объемом протопласта растительной клетки. Другой вариант формулировки нулевой гипотезы: объем протопласта не зависит от концентрации соли в окружающем растворе.

Таким примером можно обосновать сложное многоступенчатое планирование эксперимента в биологии.

Общеизвестно большое учебно-воспитательное значение учебного эксперимента в обучении основам естественных наук, так как он относится к числу наиболее эффективных методов изучения явлений и процессов живой природы. Как отмечал К.А. Тимирязев «Люди, научившиеся... наблюдениям и опытам, приобретают способность сами ставить вопросы и получать на них фактические ответы, оказываясь на более высоком умственном и нравственном уровне в сравнении с теми, кто такой школы не проделал».

Анализ методической литературы по предмету, различных образовательных программ, знакомство с обширным практическим опытом позволяет учителям биологии воспользоваться этим опытом в целях формирования исследовательских умений, а именно: владение научными методами исследование несложных реальных связей и зависимостей, организация и проведение исследовательских работ, самостоятельное создание алгоритмов познавательной деятельности для решения задач творческого и поискового характера, формирование полученных результатов.

Однако дидактические возможности эксперимента могут быть реализованы полнее, если расширить тематику учебных экспериментов, увеличить (сверх программы) количество демонстрационных опытов и разнообразить их темы.

Семилетний курс биологии достаточен для того, чтобы сформировать у обучающихся основные исследовательские умения: наблюдать и изучать явления и свойства организмов (отдельных частей), ставить эксперимент, выдвигать гипотезы, отбирать необходимые для проведения экспериментов приборы, выполнять измерения, описывать результаты наблюдений, интерпретировать и обсуждать результаты, делать выводы и участвовать в дискуссии. Чтобы обучающиеся овладели этими умениями, учитель должен сформировать у них понятие специальных и общеупотребимых терминов: «эксперимент», «опыт», «контроль», «вариант опыта», «цель опыта», «зависимая (изменяющаяся) переменная», «независимой (задаваемой) переменная», «сравнение», «анализ в эксперименте», «результат опыта», «вывод из опыта» и др. Следовательно, готовя опыт, надо планировать и работу с учащимися по формированию у них этих понятий. С этой целью понятия следует собрать в логические группы и продумать этапы их введения в учебный процесс для формирования у учащихся исследовательских умений.

Например, в следующей последовательности

1) анализ фактов или теоретических изысканий, на базе которых формулируется проблема;

2) составление гипотез, решающих ее в форме предположений;

3) выявление следствий, которые бы помогли спланировать эксперимент для проверки правильности гипотезы;

4) разработка техники опыта; 5) его реальное проведение;

6) вывод, подтверждающий или опровергающий гипотезу.

В условиях школы довольно трудно сразу отработать эту систему в целом, однако отдельные стадии эксперимента можно начать формировать с 5 класса на примере решения разнообразных экспериментальных задач, где учитель осознанно отрабатывает модель организации учебного эксперимента. Так, один эксперимент представляет интерес для формирования умения отбирать факты, другой будет интересен для изучения выдвижения гипотезы и т.д.

Наблюдение – необходимый компонент эксперимента. В связи с этим у обучающихся следует формировать правильное умение проведения наблюдения и начинать это следует еще до знакомства с экспериментом. В частности, в него следует включить следующие правила:

– осмысли цель наблюдения, уточни предмет наблюдения;

– разработай план наблюдения, определи форму записи наблюдаемых явлений (в процессе наблюдения или сразу после его окончания);

– при описании наблюдаемых явлений обрати внимание на то, как они протекали во времени и при каких условиях;

– помни, что цель описания явлений – выявить наиболее точно и полно их признаки;

– при описании результатов наблюдений обрати внимание на то, что существенно новое было обнаружено и что общего с ранее известным;

– полученные результаты оформи в виде письменного ответа или графически (рисунок, схема).

Формирование умения наблюдать за объектами или процессами в живой природе следует начинать с первых уроков биологии, постепенно знакомя обучающихся со школьным экспериментом.

Знакомство с последним следует ограничить определенными условиями: целесообразностью, доступностью, постепенным усложнением опытов для понимания; особенно это важно на начальном этапе. Эксперименты должны быть подходящими для условий работы в конкретном классе и школе, а их тематика – определяться содержанием изучаемого материала (учебной программой). Не следует забывать и о том, что он должен быть убедительным и доказательным, а при постановке эксперимента должно работать правило одного различия. Демонстрируя эксперимент учащимся или проводя его самостоятельно, ученики должны понимать цель самого эксперимента и назначение оборудования, используемого при его проведении. Наличие всех перечисленных условий позволит говорить об осмысленных действиях со стороны обучающихся и добиться сути, а не видимости проведения эксперимента.

Знакомить обучающихся с биологическими экспериментами можно по разным источникам. Во-первых, это учебники биологии; в них можно найти описание классических экспериментов, которые будут хорошим примером для формирования исследовательских умений, например классические опыты Ф. Реди, Л. Спалланцани, Л. Пастера, Р. Коха, И.П. Павлова, Г. Менделя и многих других ученых, о которых идет повествование в тексах некоторых рекомендованных к использованию учебников. В учебных программах и рекомендованных учебниках обязательно приводится список лабораторных и практических работ. При определенных методических доработках (см. стадии эксперимента) часть таких работ может стать интересным учебным исследованием непосредственно на уроке.

Во-вторых, хорошим подспорьем для поиска интересных учебных экспериментов являются методические пособия, например: Бинас А.В. и др. Биологический эксперимент в школе. – М.: Просвещение, 1990; Верзилин Н.М., Корсунская В.М. Общая методика преподавания биологии. – М.: Просвещение, 1983.

В целях создания собственного банка учитель может использовать сайты Интернета, на которых специалисты знакомят обучающихся и учителей с организацией и проведением эксперимента, например:

[«http://unisait.blogspot.com/»](http://unisait.blogspot.com/), [«https://life-students.ru/zanimatelnye-opyty-po-biologii/»](https://life-students.ru/zanimatelnye-opyty-po-biologii/), [«https://studopedia.net»](https://studopedia.net/). Педагог может создать собственный банк учебных экспериментов, который будет включать в себя не только организацию и проведение эксперимента, но и его методическое сопровождение, позволяющее максимально эффективно использовать результаты эксперимента в учебном процессе.

Организуя собственный банк, следует обращать внимание на ряд свойств учебных экспериментов. Так они различаются по продолжительности – выделяют кратковременные и длительные эксперименты. Кратковременные эксперименты проводятся в течение одного учебного занятия или его части. В учебном процессе используются и длительные эксперименты, время которых может составлять до 2-х и более месяцев. Исходя из этого, можно рекомендовать тематические опыты, демонстрирующие:

1) непосредственное изучаемое явление (например, изучение рефлекторных реакций человека на примере мигательного рефлекса);

2) изучение условий протекания явления, выявление основных закономерностей его в тех случаях, когда опыт имеет большое познавательное или практическое значение (например, выделение кислорода листьями только на свету, незаменимость элементов минерального питания);

3) изучение влияния различных внешних условий (выяснение продолжительности переваривания гидрой пищи различного вида).

Желательно предлагать учащимся опыты, показывающие применение знаний об изучаемом явлении в производстве (например, гидропонное выращивание растений, укоренение черенков с помощью ростовых веществ).

Анализ учебного процесса в школе показывает, что отсутствие у обучающихся правильно сформированных понятий нередко является причиной низкой педагогической эффективности учебного эксперимента. Ученики часто путают результат опыта с выводом, по-своему, неправильно понимают действие «сравнить» в смысле приравнять, считать равными по какому-либо одному признаку. Они должны уяснить, что сравнить – значит установить, найти общее, одинаковое у рассматриваемых (сравниваемых) объектов (вариантов опыта) и то, что у них разное, чем они отличаются друг от друга.

Обязательно в словарный багаж обучающихся должны быть включены следующие методологические понятия:

гипотеза – предположение или догадка, утверждение, которое, в отличие от аксиом, постулатов, требует доказательства;

нулевая гипотеза – принимаемое по умолчанию предположение о том, что не существует связи между двумя наблюдаемыми событиями, феноменами;

цель опыта – это то, что намечено для исследования (установления нового, подтверждения известного), например, выяснить, необходим ли свет для образования крахмала в листьях;

зависимая (изменяющаяся) переменная – в эксперименте измеряемая переменная, изменения которой связывают с изменениями независимой переменной;

независимая (задаваемая) переменная – в эксперименте переменная, которая намеренно манипулируется или выбирается экспериментатором с целью выяснить ее влияние на зависимую переменную;

отрицательный контроль – экспериментальный контроль, при котором изучаемый объект не подвергается экспериментальному воздействию;

результат опыта – это то фактическое, что получилось в опыте, наблюдается в конце его, например, крахмал имеется только в той части листа, которая находилась на свету;

вывод из опыта – умозаключение по постановке и результатам опыта, сделанное в соответствии с целью данного опыта, например: свет – необходимое условие образования крахмала в листьях.

Учебные опыты не однотипны по методике их организации. Для многих из них необходим контроль в виде второго объекта (его части), прибора. В таком эксперименте две составные части – опыт и контроль. Опытные объекты в эксперименте – те, на которые оказывает определенное действие, чтобы узнать, к чему это приведет; контрольные находятся в тех же общих условиях, что и опытные, но не подвергаются каким-либо воздействиям. То, что произойдет с контрольными объектами в учебном эксперименте, заранее известно – как то, что должно быть (например, семена, имеющие в достатке воду, доступ воздуха и тепло, прорастут). И, тем не менее, контроль необходим в любом эксперименте как методе науки, чтобы убедиться в том, что ожидаемое действительно происходит, и исключить возможные недоразумения и ошибки в эксперименте. Так, например, семена могут не прорасти из-за потери всхожести; в опыте по изучению дыхания семян зажженная свеча (лучинка) может гаснуть в контрольном сосуде из-за того только, что его объем или размер входного отверстия слишком малы, поэтому горение невозможно.

Обучающимся надо дать понять, что только при наличии контроля в эксперименте можно быть уверенным, что изменения, полученные в опыте, вызваны нашим воздействием на растение, а не чем-либо иным, случайным, неизвестным. Контроль необходим для того, чтобы опыт был убедительным, доказательным. Сравнение результатов, полученных в опыте и контроле, сопоставление их с исходными условиями в эксперименте приводят к выводу – решению поставленной задачи – достижению цели опыта.

В некоторых учебных опытах нет контроля в виде второго живого объекта – им служит обычное, или очевидное, его состояние до (вне) эксперимента, например ветка дерева до постановки ее в подкрашенную воду – в опыте по проведению воды и растворенных в ней веществ по стеблю. Результат в таком опыте сравнивается с тем, что было с данным (или аналогичным) объектом до опыта или обычно бывает.

В опытах по выяснению условий, необходимых для того или иного явления, а также по изучению влияния различных условий на тот или иной процесс (прорастания семян, испарения воды листьями и т.п.) может быть несколько вариантов – несколько растений, поставленных в разные условия. Например, одним предоставлены вода, воздух, тепло, а другие лишены одного из этих условий: одни – воды; другие – тепла; третьи – доступа воздуха. Вывод из такого опыта делается на основе анализа, сравнения условий в каждом варианте и результатов, полученных в них.

Следует постоянно обращать внимание обучающихся на то, что в эксперименте применяется «правило единственного различия». Оно требует, чтобы различие между опытом и контролем, между вариантами сложного (комплексного) опыта и контрольными растениями в нем всегда было только по одному условию – тому, необходимость или действие которого выясняется в конкретном эксперименте, например, по тому, есть или нет доступ воздуха к семенам, освещается или нет лист растения. Все другие условия должны быть одинаковыми. Только при этом условии вывод из опыта является единственно верным и доказательным. Следовательно, в опытах с несколькими вариантами – по выяснению условий, необходимых для того или иного явления, – надо поочередно сравнивать растения каждого варианта с контрольными – в соответствии с «правилом единственного различия». Учащимся надо понять, что сравнение вариантов друг с другом (а не с контролем в данном опыте) не может дать достоверные знания, так как эти варианты различаются между собой более чем по одному условию.

Если комплексная постановка опыта с вариантами представляется сложной, ее можно заменить несколькими элементарными опытами со схемой: контроль – опыт (например: «есть: вода, воздух, тепло» – «есть: вода, воздух; нет тепла» или «есть: вода, воздух, тепло» – «есть: вода, тепло; нет воздуха»). Специальные исследования показали, что усложненная схема опыта является педагогически более эффективной при условии основательной работы с учащимися над опытом.

Максимальный образовательный эффект обучения предмету через экспериментальную деятельность может быть достигнут только в том случае, когда он активно включен в учебный процесс, где основным остается урок. Как показывает многолетняя педагогическая практика, место эксперимента на уроке определяется целью и задачами, сформулированными педагогом, и зависит от типа и вида урока. Как методический прием эксперимент широко применяется на уроках, когда учитель демонстрирует опыт в процессе учебной лекции, короткого рассказа, фронтальной беседы. Это дает хороший результат, если предлагаемый опыт служит источником новых знаний и умений, а не иллюстрирует то, что сказал учитель в своем рассказе. Например, в процессе рассказа о поступлении воды в клетку учитель демонстрирует «искусственную клеточку» Траубе и ставит вопрос: За счет чего увеличивается объем “клеточки”? Ученики приходят к выводу о поступлении в «клеточку» воды из окружающей среды. Затем учитель сравнивает свойства этой модели и мембраны живой клетки и пропускает воду до тех пор, пока не выровняется концентрация растворов снаружи и внутри.

Эксперимент может быть использован и на других этапах урока, например, во время выполнения лабораторной (например, исследование химического состава кости) или практической работы (исследование реакции простейших на действие различных раздражителей). При такой организации учебного процесса ученики-экспериментаторы становятся активными помощниками учителя, так как, активно выполняя работу, они приобретают новые знания и умения, делясь ими с одноклассниками.

Гораздо чаще экспериментальные работы по биологии ученики проводят в порядке внеурочных занятий (индивидуальных или групповых) в уголке живой природы или на учебно-опытном участке школы. Наиболее многообразны эксперименты на учебно-опытном участке. Они особенно длительны и занимают весь вегетационный период, т.е. целое лето. Перед обучающимися ставят вопросы или задачи, которые решают путем сравнения результатов опыта и контроля.

Тематика учебных опытов определяется содержанием рабочей программы (базовый и углубленный уровни), охватывающим следующие разделы: «Растения. Бактерии. Грибы. Лишайники», «Животные», «Человек и его здоровье», «Общая биология».

Под каждый раздел учебного предмета в методике обучения биологии разработано большое количество разнообразных учебных экспериментов, в которых учитываются психолого-педагогические возможности обучающихся, биологические особенности объектов, с которыми проводятся опыты (эксперименты), содержание программ и ряд других дидактических принципов, обеспечивающих эффективное обучение предмету.

Другой проблемой, которая требует пристального внимания со стороны педагога при изучении биологии, является работа с рисунками, схемами, фотографиями биологических объектов и явлений. Как показал анализ работ, задания одного типа, в которых имелся рисунок, выполнялись хуже, чем задания аналогичного типа, но без рисунка. В процессе изучения на уроках биологии необходимо чаще практиковать работу с изображением биологических объектов, имеющихся в школьных учебниках. Из банка открытых заданий ФИПИ рекомендуется использовать задания различного типа с рисунками как при тренировке, повторении, так и при проверке знаний. Рекомендуется для проработки учебного материала не пренебрегать заданиями на выбор одного ответа из четырех с рисунка.

Методическую помощь учителям и обучающимся при подготовке к ЕГЭ могут оказать материалы с сайта ФИПИ [(www.fipi.ru)](http://www.fipi.ru/):

 документы, определяющие структуру и содержание КИМ ЕГЭ 2023 г.;  открытый банк заданий ЕГЭ;

 [Навигатор самостоятельной подготовки к ЕГЭ (fipi.ru);](https://fipi.ru/navigator-podgotovki/navigator-ege#ob)

 Учебно-методические материалы для председателей и членов региональных предметных комиссий по проверке выполнения заданий с развернутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ;

 Методические рекомендации на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ прошлых лет (2015–2021 гг.);

 Методические рекомендации для учителей по преподаванию учебных предметов в образовательных организациях с высокой долей обучающихся с рисками учебной неуспешности. Биология;

 журнал «Педагогические измерения»;

 видеоконсультации для участников ЕГЭ (https://fipi.ru/ege/videokonsultatsii-razrabotchikov-kim-yege).