

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНОВ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Багоцкий С.В.

Московское общество испытателей природы

В основе естественных, да и не только естественных, наук лежит анализ фактов, полученных в процессе наблюдений и экспериментов. К сожалению, это обстоятельство получило слабое отражение в школьных курсах. Физика, химия, биология изображаются не как результат анализа и обобщения фактов, а как некие учения, созданные Великими Людьми неизвестно на какой основе.

В литературе по методике преподавания естественнонаучных дисциплин много говорится о том, что в процессе изучения этих дисциплин школьники должны не только читать учебники и решать задачи, но и работать руками. Для этого в учебный процесс и включаются лабораторные работы.

Научиться работать руками действительно полезно и к тому же интересно. Поэтому лабораторные работы могут и должны занимать достойное место при изучении естественных наук. Но для глубокого освоения предмета важнее другое: научить школьников самим придумывать способы экспериментальной проверки тех или иных положений, научить анализировать результаты экспериментов. Ибо при экспериментировании главное – не столько само проведение эксперимента, сколько грамотный анализ его результатов.

Давайте рассмотрим конкретные примеры.

Обучать придумыванию и постановке простейших экспериментов можно уже в первом классе. Вот пример такого эксперимента. У нас два сосуда разной формы, в которые налита вода. Как узнать, где воды больше? Сравнивать высоту столба воды бессмысленно: при прочих равных условиях в более узком сосуде уровень воды будет выше, чем в более широком. Решение задачи элементарно: нужно

взять третий сосуд, налить в него воду из первого сосуда, отметить, на какой высоте установится край воды, после чего вылить воду обратно в первый сосуд. А затем проделать то же самое с водой из второго сосуда. И тогда станет ясным, где воды больше.

Возможен и другой вариант: взвесить пустые сосуды и сосуды с водой. А потом вычислить вес воды в каждом сосуде. Но этот вариант окажется доступным школьникам лишь после того, как они в совершенстве овладеют такой операцией, как вычитание. И если есть весы.

Приведём описание ещё одного очень простого эксперимента, но именно с таких экспериментов начинается большой и долгий путь в экспериментальную науку. Этот путь включает в себя выработку критического отношения к поверхностному объяснению результатов эксперимента.

Известно, что металлическая гирька падает на землю значительно быстрее, чем листок бумаги. Из этого можно сделать вывод о том, что более тяжёлые тела падают на землю быстрее, чем более лёгкие. Но так ли это?

Давайте скомкаем листок бумаги, превратив его в бумажный шарик. Вес бумаги при этом не изменится (если по этому поводу возникнут сомнения, можно проверить это предположение взвешиванием на чувствительных весах). И, удивительно, оказывается, что бумажный шарик падает столь же быстро, как и гирька. Дело не в весе. А в чём же? Можно предположить, что в площади листка. Чем больше площадь, тем больше сопротивление воздуха, которое мешает листку падать.

С этих экспериментов когда-то во времена Галилео Галилея (1564–1642) начиналась механика.

Сравнение падения гирьки и листка бумаги вполне понятно ученику 5-го класса. А в разговоре с девятиклассниками эту тему можно расширить и углубить. Давайте мысленно расплющим гирьку, превратив её в металлический лист, а затем посмотрим, с какой скоростью он будет падать на Землю (если он будет падать «плашмя»). Лист будет падать так же быстро, как и гирька.

Что же, получается, сопротивление воздуха не действует на металлический лист, а действует только на бумажный? Такой вывод выглядит очень странно.

Для решения проблемы будет полезно посмотреть, меняются ли скорости листа металла и листка бумаги во время падения. Если лист металла падает с большой высоты и у нас есть секундомер, нетрудно обнаружить, что бумага падает с постоянной скоростью, а металл равноускоренно. Поскольку девятиклассники народ грамотный и изучили законы Ньютона, они могут сделать вывод о том, что сила сопротивления воздуха равна весу листка бумаги; но значительно меньше веса гирьки. И тогда возникнет естественный вопрос: от чего зависит сила сопротивления воздуха. Вряд ли можно сомневаться в том, что эта сила возрастает с ростом поверхности листа. Но одинакова ли она для листа металла и для листка бумаги. И если не одинакова, то почему?

Для ответа на этот вопрос нужно провести мысленный эксперимент, сбросив лист металла с очень большой высоты и проследить за тем, как в процессе падения будет меняться его скорость. И здесь учитель (не проводя сам эксперимент) может нарисовать график зависимости скорости падающего листа металла от времени и попросить объяснить его. На этом графике ученик увидит кривую с насыщением: вначале скорость растет со временем пропорционально, затем рост замедляется, и кривая выходит на плато. Иными словами, вначале лист металла будет падать равноускоренно, но затем скорость стабилизируется на каком-то уровне.

Для того чтобы объяснить эти факты, девятикласснику придется приложить некоторые интеллектуальные усилия. Но после некоторых размышлений он сообразит, что в начале падения сопротивление воздуха было много меньше веса, а в области, где скорость вышла на плато, эти силы сравнялись. А это означает, что сила сопротивления воздуха растет с ростом скорости падающего тела. Более точные измерения покажут, что сила сопротивления воздуха растет более или менее пропорционально скорости тела.

Этот вывод очень важен. И не только для механики. Одни и те же закономерности работают в самых разных областях физики.

В качестве домашнего задания ученикам можно предложить придумать мысленный эксперимент для того чтобы проверить, зависит ли сила сопротивления воздуха от веса падающего тела. Или только от скорости и площади его поверхности.

Пропорциональность между силой сопротивления среды и скоростью движущихся частиц лежит в основе закона Ома.

Рассмотрим следующую задачу. На планете в далеком созвездии Тау Кита сила сопротивления среды движению электронов будет пропорциональна корню квадратному из скорости. Как при этом будет зависеть сила тока от напряжения?

По большому счёту закон Ома описывает не только движение электронов в проводниках, но и движение любого тела в поле любых сил, где сила сопротивления среды пропорциональна скорости движения. Он, в частности, описывает движение парашютиста, прыгнувшего с самолета.

А действуют ли «закон Ома» для воды, текущей по трубе? И как это проверить? По большому счёту закон Ома включает в себя два утверждения. Первое из них заключается в том, что сила тока (количество электричества, прошедшее через поперечное сечение определённого проводника за единицу времени), пропорционально разности потенциалов между двумя точками на поверхности этого проводника до и после этого сечения. Второе утверждение заключается в том, что сопротивление проводника прямо пропорционально его длине, не зависит от формы поперечного сечения и обратно пропорционально его площади. Отсюда и получается формула закона Ома для линейного проводника: $I = U \cdot r \cdot S / l$, где I – сила тока, U – напряжение на концах проводника, S – площадь поперечного сечения, r – удельное сопротивление, l – длина проводника.

Для проверки справедливости первого утверждения нужно научиться создавать и изменять разность потенциальных энергий на кон-

цах проводника. Эта разница будет, очевидно, равна произведению разницы давлений на концах проводника на длину проводника.

Для того чтобы создать определённую разницу давлений, можно присоединить трубку одним концом к основанию цилиндра с водой, а другой оставить свободным. Давление на свободном конце будет равным нулю, а на конце, прикреплённом к трубке – пропорциональным высоте столба воды в цилиндре. Количество вытекающей за единицу времени (расход) воды легко определить, открывая и закрывая на определённое время краник на трубке.

Опыт покажет, что при не слишком большой разности давлений пропорциональность между разностью потенциалов и расходом воды будет соблюдаться. А вот второе условие соблюдаться не будет. Соотношение между разностью потенциалов и расходом воды при одной и той же площади поперечного сечения проводника будет зависеть от его формы, а «сопротивление» проводника цилиндрической формы будет обратно пропорционально не площади поперечного сечения проводника, а квадрату этой площади. Это утверждение в физике называют законом Пуазейля.

Почему же вода, вытекающая из трубки, ведёт себя не «по Ому»? В проводнике, по которому течёт электрический ток, сопротивление определяется «трением» движущихся электронов о неподвижное вещество проводника. И электроны совершенно одинаково двигаются и в центре проводника, и на его краях. А в трубке, по которой течёт вода, сопротивление определяется трением текущих слоев воды друг относительно друга. Поэтому в разных частях поперечного сечения трубки вода двигается с разной скоростью. Эта скорость максимальна в центре трубки и очень мала на её краях.

Про закон Пуазейля не грех вспомнить и на уроке биологии. Организм регулирует приток крови к органам, изменяя площадь поперечных сечений кровеносных сосудов. Решим простенькую задачу: во сколько раз увеличится приток крови к органу, если диаметр ведущего к нему кровеносному сосуду увеличится в 2 раза? Сосуд считать цилиндрическим.

Площадь поперечного сечения пропорциональна квадрату диаметра, а квадрат площади поперечного сечения – диаметру в четвёртой степени. Следовательно, поток крови, притекающей к органу (при сохранении той же разницы давлений на концах сосуда), увеличится в 16 (!!!) раз. Вот она, мощь закона Пуазейля!

Физический механизм формирования сопротивления в проводнике сдвигающимися электронами и в трубке с текущей водой совершенно разный.

Ученикам можно предложить и более практические задачи, для решения которых нужно придумать эксперимент. Можно, например, вспомнить, как некий древнегреческий тиран заказал себе корону из золота. Принимая заказ, тиран заподозрил, что мастер добавил в золотую корону какой-то дешёвый металл. И он попросил Архимеда проверить его подозрения. Архимед не владел методами химического анализа, но, тем не менее, легко уличил мастера в жульничестве. Как он это сделал?

Решение очень простое. Взвесив корону, Архимед определил её массу, а погрузив в сосуд с водой – её объём. Разделив массу короны на её объём, Архимед определил средний удельный вес вещества короны, который оказался меньше удельного веса чистого золота.

А теперь перейдём к химии. Точнее, к её истории начала XIX века. К этому времени химики уже знали, что существуют вещества сложные и вещества простые. А некоторые исследователи даже предполагали, что простые вещества состоят из одинаковых частичек, а сложные – из разных. Эти частички называли атомами.

Азот образует пять газообразных соединений с кислородом. Можно измерить, в каких массовых соотношениях кислород соединяется с азотом в этих соединениях. Мы получим следующие числа:

- закись азота – 0,57;
- окись азота – 1,14;
- азотистый ангидрид – 1,71;
- двуокись азота – 2,28;
- азотный ангидрид – 2,85.

Какие выводы можно сделать из этих данных? Если все эти числа разделить на самое маленькое (0,57), то получится ряд чисел: 1, 2, 3, 4, 5.

Можно предположить, что на какое-то число частичек азота (m) в первом случае приходится n частичек кислорода, во втором – $2n$, в третьем $3n$, в четвёртом $4n$, в пятом – $5n$. О том, чему равно m и n , мы сказать не можем. Мы можем определить отношение масс m частичек азота и n частичек кислорода, но соотношение масс одной частички азота и одной частички кислорода без дополнительных предположений мы определить не можем. А дополнительные предположения нужно как-то экспериментально обосновывать.

Для поиска путей такого обоснования имеет смысл перейти к водороду и кислороду. Соединяясь друг с другом, водород и кислород образуют водяной пар, который, конденсируясь, превращается в воду. В водяном паре на одну массовую единицу водорода приходится 8 массовых единиц кислорода. Может быть, в водяном паре на одну частичку кислорода приходится одна частичка азота, чья масса больше частички кислорода в 8 раз. Но не будем спешить...

И водород, и кислород, и водяной пар – это газы. И взвешивать их трудно. Но зато с помощью несложного устройства можно легко измерять их объёмы. Это устройство представляет собой цилиндр, в котором свободно ходит поршень. Стенки цилиндра смазаны смазкой, мешающей газу из-под поршня выходить наружу. На поршень можно класть гири. Поршень превращает свое движение тогда, когда давление газа внутри цилиндра становится равным суммарной массе поршня и гирек, делённой на площадь поршня.

С помощью такого устройства можно легко проверить закон Бойля-Мариотта. Помещая на поршень новые гири, мы можем изменять давление газа в цилиндре и проследить, насколько при этом уменьшится объём газа.

Но нас сейчас интересует другое. Какие объёмы водорода и кислорода нацело реагируют друг с другом? И картина получается очень интересной: два одинаковых объёма водорода реагируют нацело точ-

но с таким же одним объёмом кислорода. При этом получается два объёма водяного пара.

Для объяснения этого факта Амадео Авогадро (1776–1856) предложил следующую гипотезу: при одинаковом давлении, объёме и температуре в любом газе содержится одинаковое число частичек. Эти частички получили название МОЛЕКУЛЫ (термин ввел задолго до Авогадро Пьер Гассенди (1592–1655)). При этом в состав одной молекулы может входить одна или несколько более мелких частичек – АТОМОВ.

Согласно представлениям Авогадро, две молекулы водорода реагируют с одной молекулой кислорода, в результате чего получается две молекулы водяного пара.

Мы изначально не знаем, сколько атомов входит в одну молекулу водорода, кислорода и водяного пара, но объёмные соотношения прореагировавших и получившихся веществ позволяют нам сделать определённые заключения по этому поводу.

Прежде всего, равенство числа прореагировавших молекул водорода и получившихся молекул водяного пара свидетельствует о том, что в одной молекуле водяного пара содержится столько же атомов водорода, сколько и в одной молекуле газообразного водорода. А на одну прореагировавшую молекулу кислорода образуется две молекулы водяного пара. Это значит, что атомы кислорода поровну распределились между двумя молекулами водяного пара. Такое возможно лишь в том случае, если в молекуле кислорода содержится чётное число атомов водорода.

А про водород мы такого сказать не можем: из одной молекулы водорода все атомы переходят в одну молекулу водяного пара. Но, может быть, ответить на этот вопрос нам поможет какая-то другая реакция, в которую вступает газообразный водород. Например, его реакция с газообразным хлором. В этой реакции один объём водорода реагирует с одним объёмом хлора, в результате чего получается два объёма хлороводорода. А это означает, что атомы водорода из одной

молекулы поровну распределяются между двумя молекулами хлороводорода. Число атомов в одной молекуле водорода тоже четно!

На основании вышеизложенного мы можем сделать выводы.

1. В одной молекуле водорода содержится четное число атомов водорода.

2. В одной молекуле кислорода содержится четное число атомов кислорода.

3. В одной молекуле водорода содержится столько же атомов водорода, сколько в одной молекуле водяного пара.

4. В одной молекуле кислорода содержится в 2 раза больше атомов кислорода, чем в одной молекуле водяного пара.

Иными словами, химическая формула водорода H_{2x} , химическая формула кислорода O_{2y} , химическая формула водяного пара $H_{2x}O_y$ (где x и y какие-то целые числа). Самое простое предположение заключается в том, что $x = y = 1$. Химики без строгих экспериментальных доказательств приняли это предположение, и последующее развитие науки показало, что это предположение было правильным. Формула водяного пара действительно H_2O .

Идея А. Авогадро позволяет нам определить, во сколько раз молекула одного газа легче или тяжелее молекулы другого газа. Для этого нужно было просто взвесить одинаковые объёмы разных газов. Но для того, чтобы использовать эти данные для сравнения атомных весов, нужно было сделать дополнительные предположения о числе атомов в молекуле. Химики смело делали простейшие предположения и переходили от молекулярных масс (в относительных единицах) к атомным. Последующее развитие науки показало, что эти предположения были, в основном, правильными.

Определяя атомные массы разных элементов, исследователи обнаружили, что атомные массы таких элементов, как углерод, азот и кислород, кратны атомной массе водорода. Атом углерода – в 12 раз тяжелее атома водорода, атом азота – в 14 раз, атом кислорода – в 16 раз. Для объяснения этого факта Уильям Праут (1785–1850) в 1816 году предположил, что атомы элементов, в свою очередь, состоят из бо-

лее мелких «кирпичиков». Атом водорода состоит из одного «кирпичика», атом углерода – из 12 «кирпичиков», атом азота – из 14 «кирпичиков», атом кислорода – из 16 «кирпичиков».

Но вскоре Йенс Якоб Берцелиус (1779–1848) показал, что атом хлора тяжелее атома водорода в 35,5 раз, и от гипотезы Праута отказались.

Однако в XX веке гипотеза Праута возродилась. Стало понятно, что атомные ядра состоят из отдельных «кирпичиков» – нуклонов. Однако существует два сорта «кирпичиков»: положительно заряженные протоны и нейтральные нейтроны. Порядковый номер элемента в таблице Менделеева определяется числом протонов, а атомный вес – суммарным числом протонов и нейтронов. Атомы, содержащие одинаковое число протонов, но разное число нейтронов стали называть изотопами элемента. Дробное значение относительной атомной массы атомов хлора объясняется тем, что хлор является смесью нескольких изотопов, почти не различимых химически.

Эта история свидетельствует о том, что гипотеза, опровергнутая экспериментом, может оказаться правильной. Но для этого её нужно несколько модифицировать. Поэтому не надо торопиться отказываться от красивых, но, казалось бы, экспериментально опровергнутых гипотез.

Преподаватель биологии тоже имеет возможность предложить школьникам придумать эксперименты и проанализировать их.

Основной закон биологии, аналогичный законам сохранения в физике и химии, можно сформулировать в виде следующего утверждения: «Каждый организм обязательно имеет родителей, хотя бы одного». Сегодня для нас это утверждение выглядит самоочевидным. настолько самоочевидным, что даже не включается в школьную программу. Но в прошлом его не считали столь очевидным. Многие считали, что мухи могут самозарождаться из гнилого мяса без участия отложившей яйца мамы-мухи.

Как можно проверить, справедливо ли это утверждение?

Давайте представим себе, что мы живем в XVII веке и хотим понять, почему в мясе появляются личинки мух. То ли потому, что

мама-муха отложила на мясо свои яички, то ли потому, что эти личинки зарождаются из мяса.

Закроем банку и посмотрим, появятся ли там личинки. Если личинки появились, то значит, мама-муха ни при чём, а личинки сами собой зарождаются в мясе. А если в банке, куда закрыт доступ мухам, личинок не будет, стало быть, мама-муха отложила туда яйца.

Но не может ли второй исход эксперимента иметь другие объяснения? Например, что мясо какое-то не то, и личинки не могут в нём появиться. Для того чтобы исключить это объяснение, можно взять большой кусок мяса, разрезать его на две половинки, и эти половинки положить в две банки. После чего одну банку закрыть, а другую оставить открытой. Если личинки не появятся в обеих банках, значит, дело в том, что или мясо не то, или мух поблизости нет. А если личинки появились только в открытой банке, то можно предположить, что дело в отложенных яичках.

Но насколько однозначно второе объяснение? Может быть, личинки в закрытой банке не появились потому, что им там было нечего дышать. Для того чтобы исключить эту возможность, нужно провести ещё один контрольный эксперимент, обеспечив в банку доступ воздуха, но закрыв её для мух. Для этого нужно просверлить в крышки маленькие дырочки, через которые может проникать воздух, но не могут проникать мухи. А для того чтобы сделать невозможной откладку яиц через дырочки, банку следует положить на бок.

Если на мясе в открытой банке появились личинки, а на мясе в закрытой банке, куда, тем не менее, проходит воздух, личинки не появились, то можно смело сделать вывод о том, что личинки мух в мясе развиваются из отложенных туда яиц.

Существенно труднее доказать, что бактерии имеют родителей. Казалось бы, нетрудно нагреть запаянную колбу с питательным раствором до высокой температуры, при которой содержащиеся в ней бактерии погибнут, а потом охладить её и посмотреть, заведется ли в ней бактерии. Бактерии не зародились. Но критики этого опыта могут

сказать, что при нагревании произошли какие-то изменения в питательной среде или в воздухе, что сделало их непригодными для жизни.

Проблему с питательной средой решить просто. Можно после нагревания раскупорить колбу и оставить её стоять открытой. Через несколько дней в колбе заведутся бактерии. А с воздухом всё сложнее. Нужно провести опыт так, чтобы в колбу извне поступал воздух, но не бактерии.

Великий французский биолог Луи Пастер (1822–1895) придумал, как решить эту проблему. Он присоединил к колбе стеклянную трубочку, несколько раз изогнутую в вертикальной плоскости. Теперь воздух из атмосферы поступал в колбу, но бактерии извне попасть не могли. Как и ожидал Луи Пастер, после его опыта бактерии в колбе не завелись.

Этот пример полезен тем, что позволяет объяснить ученикам, что такое контрольный эксперимент и зачем он нужен. В большинстве случаев результат эксперимента может иметь несколько объяснений. Грамотно поставленные контрольные эксперименты позволяют большинству из них исключить. Полезно предложить ученикам и самим придумать контрольные эксперименты.

Богатый материал для анализа экспериментов дает изучение генетики. Менделевская генетика изучается в настоящее время в 10-м классе. Мой личный педагогический опыт говорит о том, что материал по генетике вполне доступен и для восьмиклассников. И полезен он не столько усвоением законов генетики, сколько анализом экспериментов.

Размышляя о проблемах наследственности, настоятель монастыря отец Грегор Йоганн Мендель пошёл на рынок и купил семена разных сортов гороха. После чего высадил их на монастырской грядке. А когда растения выросли, он скрестил растения с белыми цветками с растениями с красными цветками, получил семена, высадил их и стал ждать. На следующий год из гибридных семян выросли растения только с красными цветками.

Куда же делась белая окраска? Можно предположить, что белые цветки давали пыльцу, а красные – семезачатки. Но отец Грегор Иоганн как опытный овощевод не мог допустить такой ошибки. В одних случаях он переносил пыльцу растений с белыми цветками на красные цветки, а в других – пыльцу растений с красными цветками на белые цветки. Результат был одним и тем же: все цветки у потомства были красными. Ничего не придумав, отец Грегор Иоганн оставил гибридные растения гороха самоопыляться.

На следующий год из семян гибридных растений выросли цветки как с красными, так и с белыми цветками. Причём растений с белыми цветками было приблизительно четверть. А это значит, что наследственный задаток, определяющий белый цвет, никуда не исчез. Он просто не проявлялся в присутствии задатка красного цвета.

Полученные результаты отец Грегор Иоганн объяснил тем, что у растения имеются два задатка, отвечающих за тот или иной признак. Один из этих задатков был получен от папы (источника пыльцы), а второй – от мамы (источника семезачатка). А каждому потомку из двух этих задатков передается один и только один. Какой именно – дело случая. Сделан и ещё один вывод: разные наследственные задатки могут подавлять проявление друг друга (но не уничтожать!). Так, задаток красной окраски подавил задаток белой окраски.

А во втором поколении получилось четыре группы растений. Первая группа получила задатки красного цвета и через пыльцу, и через семезачатки, вторая группы получила через пыльцу задаток красного цвета, а через семезачаток – задаток белого цвета, третья – через пыльцу задаток белого цвета, а через семезачаток – задаток красного цвета, четвёртая получила и через пыльцу, и через семезачаток задатки белого цвета. Растения первых трёх групп цветки с красной окраской, четвёртой – с белой окраской.

Можно ли предложить какие-либо способы дополнительной проверки этих предположений? Да, можно, например, скрестить друг с другом цветки с белой окраской и убедиться в том, что у их потомства красная окраска цветков никогда не появляется, что указывает на

то, что задатков красного цвета у них нет. Можно скрестить гибриды первого поколения с растениями с белыми цветками. Если верно предположение Г.И. Менделя, то в результате получится половина растений с красными цветками и половина с белыми. Так оно и оказалось на самом деле.

Можно дать и другие биологические экспериментальные задачи. Например, у нас есть пруд, где живут караси. Как их пересчитать?

Идея опыта достаточно проста. Нужно выловить с помощью сети некоторое число карасей, пересчитать их, пометить, а потом выпустить обратно в пруд. А затем устроить вторичный отлов, пересчитать число выловленных карасей, определить, сколько из них несут метку и с помощью простейшей пропорции определить общее число карасей в пруду.

Этот метод основан на предположении о том, что караси попадают в сеть чисто случайно. Но выполняется ли это условие в реальности? И что может помешать выполнению этого условия? Это – предмет для серьёзного разговора.

Сходная идея лежит в основе другой экспериментальной задачи: как измерить объём крови животного, не убивая его? Для этого нужно ввести в кровь какое-то вещество, а затем, после того как вещество равномерно распределится в крови, измерить его концентрацию.

Но вещество, введенное в кровь, может уходить в ткани, может выделяться наружу через почки, кожу, или кишечник, может вступать в химические превращения. Поэтому одним анализом крови не обойдётся. Анализы придётся брать несколько раз через не слишком маленькие промежутки времени. Если их результаты сойдутся, то всё будет прекрасно, но если не сойдутся, то придётся рисовать кривую зависимости концентрации от времени и экстраполировать её к нулю. Да и тут можно ожидать ошибки, связанные с тем, что вещество равномерно распределяется по крови не сразу. Здесь можно о многом поговорить.

А вот ещё один классический не столько даже эксперимент, сколько красивое соображение. Как, используя лабораторные возмож-

ности 1920-х гг., можно показать, что в составе клеточных мембран имеется всего два слоя липидов, а не больше (электронного микроскопа тогда не было). В качестве подсказки отмечу, что эксперименты проводились с эритроцитами млекопитающих, которые правильнее рассматривать не как клетки, а как мертвые мешки с гемоглобином. Внутренних мембран у эритроцитов нет. Авторы взяли пробу крови, определили число эритроцитов и вычислили суммарную площадь их поверхности. А потом выделили липиды и определили их количество. Разделив одно на другое, получили число слоев липидов в наружной мембране эритроцитов. Эту работу выполнили в 1925 году Эверт Гортон (1881–1954) и Франсуа Грендель.

Эксперименты используются ныне и в гуманитарных науках. Одним из классических экспериментов в психологии является эксперимент Соломона Эша (1907–1996), о котором много писалось в околонаучной литературе. Группе участников опыта показывали фигурки и каждого спрашивали, белые они или чёрные. Фигурки были белыми, но коварный экспериментатор договаривался с первыми семью участниками, чтобы те сказали, что фигурки – чёрные. Что ответит восьмой испытуемый: то, что он видит, или то, что говорят другие? В большинстве случаев восьмой участник повторял то, что говорили другие.

Из этого эксперимента выросло ругательное слово «конформизм», рассматриваемый как свойство человеческой природы, от которого свободны разве что представители интеллектуальной элиты.

Естественные науки (кроме, быть может, астрономии), опираются на эксперимент. И это обстоятельство должно получить отражение в школьной программе. Эта программа должна включать не только лабораторные работы, но и анализ экспериментов, причём не только тех, которые выполняются на уроках в школе, но и тех, о которых написано в книгах о Великих экспериментаторах. А «высший класс» в преподавании естественных наук заключается в том, чтобы научить школьников самостоятельно придумывать эксперименты для проверки той или иной гипотезы. Думаю, что это – наиболее эффективный способ для выявления способностей и склонностей учеников к естест-

венным наукам. Он явно эффективнее решения сложных расчётных задач. Поэтому его следует активно использовать на предметных Олимпиадах.

В советское время в распоряжении учителя физики имелся сборник экспериментальных задач, написанный В.Н. Ланге*. В этом задачнике школьникам предлагалось подумать о том, как экспериментально измерить ту или иную величину. Думается, что этот задачник следует переиздать. Более того, следует создать такие задачники и по другим предметам. Это сделает учебный процесс более интеллектуально насыщенным. А заодно ученики познакомятся с историей науки и методологией научного поиска, что окажется для их развития очень полезным.

* В.Н. Ланге. «Экспериментальные физические задачи на смекалку». — М.: Наука, 1985. —128 с. (были и другие издания).