

УДК 378.147.53

Исследование процесса познания естественнонаучных явлений

Крутова И. А., Жукова Н. В.

В работе раскрыто содержание процесса познания, приводящего к открытию новых явлений в естественных науках. Оно выявлено на основе анализа деятельности ученых по открытию явлений различной природы, благодаря которому удалось выделить логику проведения естественнонаучного исследования. Сравнительный анализ деятельности А. Флеминга по открытию пенициллина и В. Рентгена по открытию рентгеновских лучей позволил установить, что деятельность по получению новых знаний включает постановку конкретных задач в результате анализа определенной ситуации и разработку метода их решения. В данной статье описаны характерные познавательные задачи, в результате решения которых обучаемые могут исследовать явления; выделены типы ситуаций, побуждающих к постановке таких задач и их решению экспериментальным методом; установлены обобщенные способы их решения.

Ключевые слова: процесс познания, явление, естественнонаучное исследование, открытие пенициллина, открытие рентгеновских лучей, овладение обобщенными методами познания.

Study of cognitive process of phenomena in natural sciences

Krutova I. A., Zhukova N. V.

The article reveals the essence of the cognitive process, resulting in discovery of new phenomena in natural science. To study it, scientists' activities, aimed at discovery of new phenomena of different nature, were analyzed and it helped to define the process logics of natural science research. Comparative analysis of A. Fleming's activities to discover penicillin and W. Röntgen's activities to discover Xrays permits us to determine that the process of acquiring new knowledge includes formulating the problem, based on the analysis of the definite situation, and

developing ways to solve it. The article dwells on the most frequent cognitive problems, and the way to solve them and help students to study some phenomena; types of situations promoting formulating such problems and solving them in an experimental way are determined; generalized ways to solve those problems are also defined.

Keywords: cognitive process, Natural Science research, penicillin discovery, Xrays discovery, mastering of generalized methods of cognition.

Введение

Естественные науки включают в себя не только систему знаний, но и процесс их добывания. Способами получения знаний являются методы научного познания. В «Лекциях по физиологии» И. П. Павлов писал: «Метод — самая первая основная вещь. От метода, от способа действий зависит вся серьезность исследования. При хорошем методе и не очень талантливый человек может сделать много». Овладение обучаемыми обобщенными методами исследования явлений различной природы становится главным условием глубокого усвоения современной науки.

Проблема формирования у обучаемых методов научного познания при изучении естественнонаучных дисциплин на протяжении нескольких десятилетий остается актуальной. Во всех нормативных документах, начиная с 1968 года, ставилась задача ознакомления школьников и студентов с методами науки, развития способностей к анализу ситуации, пониманию проблемы, построению выводов и умозаключений. Современные социальноэкономические условия диктуют новый заказ образованию: обучение должно быть направлено на формирование активной личности, способной самостоятельно ставить задачи и находить пути их решения. Одной из главных целей естественнонаучного образования на данном этапе становится *овладение* методами научного познания. Человек сможет действовать в нестандартных ситуациях, если овладеет способами получения знаний в обобщенном виде.

Цель исследования — выявить содержание процесса познания, приводящего к открытию новых явлений в естественных науках,

сформулировать характерные познавательные задачи и с опорой на историю естественнонаучных открытий найти обобщенные способы их решения.

Методы исследования

Для достижения цели исследования обратимся к анализу деятельности ученых при открытии естественнонаучных явлений. Выбор такого пути обусловлен тем, что, несмотря на некоторые определенные различия учебного и научного познания, они имеют гносеологическую общность. Методы познания, используемые учеными в исследованиях и учениками в процессе изучения явлений, одинаковы. Способы поисков решения и сами решения можно найти лишь в науке и ее методах.

Анализ истории открытия того или иного явления учеными возможно провести, используя в качестве источников либо учебники истории науки и книги, рассказывающие о становлении физики, биологии и химии как науки и взаимообусловленности открытий, либо оригинальные работы ученых-естествоиспытателей. Безусловно, второй путь является более сложным, так как авторы открытий излагают не логику науки, а результаты работы, основываясь на существующей естественнонаучной картине мира. Однако для целей, поставленных в нашем исследовании, более предпочтительными оказались именно первичные публикации и стенограммы докладов авторов открытий, поскольку именно оригинальные работы наиболее отчетливо демонстрируют ход мыслей ученого.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведение анализа работ ученых помимо решения основной задачи, позволит найти ответы на следующие вопросы: 1) что побуждает ученых к изучению явлений?; 2) как ученые выдвигают гипотезы о причине явлений?; 3) каково содержание их деятельности по доказательству истинности гипотезы?

В ходе анализа будем выделять операции, которые осуществляет исследователь, учитывая при этом и те действия, которые явно не описаны в тексте работы, но о выполнении которых ученым свидетельствуют конкретные научные результаты. Чтобы выделить закономерные этапы познания естественнонаучных явлений, нами проанализирована деятельность ученых по

открытию явлений различной природы, сделанных в разные эпохи [1]. В качестве примера приведем анализ деятельности А. Флеминга по открытию пенициллина [6].

1. А. Флеминг на протяжении длительного времени занимался поиском вещества, которое могло бы уничтожать патогенные микробы, не причиняя при этом вреда организму больного. Занимаясь изучением различных форм стафилококков, он обнаружил в одной из чашек Петри со старой культурой на агаре проросшую плесень, вокруг которой колонии микробов растворились.

2. Заметив это необычное явление, ученый пересади несколько спор этой плесени в чашку с агаром и оставил их прорасти при комнатной температуре на 4-5 дней. Вскоре после того, как на агаре появилась плесень, подобная первоначальной, Флеминг засеял его разными бактериями, расположив их отдельными полосками, лучами, расходящимися от плесени. Подержав культуру какое-то время в термостате, он обнаружил, что некоторые микробы выдержали соседство грибка, в то время как рост других начинался на значительном расстоянии от плесени. В результате «плесень оказалась губительной для стрептококков, стафилококков, дифтерийных палочек и бациллы сибирской язвы; на тифозную палочку она не действовала».

3. Опираясь на полученные результаты эксперимента, Флеминг предположил, что плесень выделяла «некое вещество, которое останавливало рост возбудителей некоторых опасных заболеваний. Значит, она могла стать могучим терапевтическим оружием».

Исследователь проверяет, обладает ли такими же бактерицидными свойствами бульон, на котором в течение нескольких дней росла плесень. На чашке с агаром Флеминг вырезал желобок и заполнил его жидкостью, в которой ранее пророс грибок, затем засеял различные микробы полосками, доходившими до краев чашки. В результате проведенного исследования было доказано, что жидкость обладает такой же активностью, как и сама плесень. Ученый пришел к выводу, что интересующая его плесень вырабатывала вещество, останавливавшее развитие патогенных бактерий: «Значит, жидкость содержала то же бактерицидное (или бактериостатическое) вещество, которое выделяла плесень». На основании полученных результатов Флеминг

формулирует суждение о появлении нового объекта, а именно «бактерицидного (или бактериостатического) вещества, которое выделяла плесень».

4. После этого Флеминг поставил задачу изучить свойства этого загадочного вещества. Во-первых, он принимает решение испытать силу вещества в растворенном виде. Для этого Флеминг изучал действие растворов «бактерицидного» бульона в различных концентрациях: «разведенного в двадцать, сорок, двести и пятьсот раз. Последний раствор все еще подавлял рост стафилококков». Таким образом, ученый пришел к выводу, что это вещество обладало очень высокой активностью.

Во-вторых, Флеминг ставит перед собой новую задачу — выявить: «обладают ли тем же свойством другие плесени?» Для того, чтобы решить поставленную перед собой задачу ученый проводит серии экспериментов по поиску бактерицидных свойств различных плесеней. Результаты проведенных испытаний показали, что ни одна другая из исследованных им плесеней не выделяла антибактериального вещества.

В-третьих, Флеминг поставил перед собой задачу — выяснить, при каких условиях «бактерицидный» бульон обладал наибольшей активностью. Он заметил, что если хранить бульон при комнатной температуре, то его бактерицидное свойство быстро исчезало. Таким образом, он пришел к выводу: «значит, чудесное вещество было нестойким». Также он обнаружил, что «оно становилось более стойким, если щелочную реакцию бульона (рН9) приблизить к нейтральной».

И, наконец, Флеминг ставит новую задачу — подвергнуть свой бульон испытанию, «которое не мог выдержать ни один антисептик, а именно определению токсичности». Внутривенное и внутрибрюшинное введение бульона подопытным животным не оказывало видимого токсического эффекта. «Флеминг решил, что вещество, выделяемое плесенью в бульон, заслужило название. Он окрестил его пенициллином» (от латинского названия плесени, которая его выделяла — *penicillium notatum*).

Ученый предпринял попытки экстрагировать бактерицидное вещество из бульона, которые впоследствии оказались безуспешными. «Не выделив антибактериальное действующее начало, он продолжал называть

пенициллином неочищенный фильтрат. Несомненно, так он называл именно антибактериальное вещество, содержащееся в фильтрате».

5. В 1929 году в журнале «Экспериментальная патология» А. Флеминг впервые опубликовал свою статью о пенициллине, в которой он делает следующее заключение: «определенный вид пенициллиума вырабатывает на питательной среде мощное антибактериальное вещество... Пенициллин в огромных дозах не токсичен для животных и не вызывает у них явлений раздражения... В качестве эффективного антисептика предлагается применять его как наружное средство или для обкалывания участка, инфицированного микробами, чувствительными к пенициллину».

Итак, А. Флеминг доказал, что новое обнаруженное им вещество — пенициллин растворяется в абсолютном спирте, значит, это не фермент и не белок; экспериментально подтвердил, что это вещество можно эффективно использовать для наружного применения при лечении инфицированных участков кожи и его можно безопасно вводить в кровь. Сегодня пенициллин и его производные используются в терапии целого ряда заболеваний.

Анализ деятельности профессора Вюрцбургского университета В. К. Рентгена [7] по открытию рентгеновских лучей позволил выявить следующую логику открытия:

1. Началу исследования послужило обнаружения факта: «если в темной комнате через трубку Hittorf'a, из которой выкачен воздух или через достаточно разреженный прибор Lenard'a, Crookes'a, пропустить электрические разряды от большой румкорфовой спирали, причем трубка закрыта довольно плотно к ней прилегающим футляром из тонкого черного картона, то, поместивши вблизи трубки бумажный экран, покрытый слоем цианисто-платинового бария, мы увидим, что при каждом разряде экран будет ярко светиться». Рентген называет открытое им явление «X-лучами».

2. В. Рентген задается вопросом о том, какие еще объекты начинают светиться, если их расположить вблизи трубки с разреженным воздухом, через которую проходят электрические разряды. Проведя серию экспериментов, ученый приходит к следующему результату: «под влиянием X-лучей флуоресцирует не один только цианисто-платиновый барий; свечение

вызывается также и в других телах; так, например, флуоресцирует все фосфорные соединения кальция, урановое стекло, обыкновенное стекло, известковый шпат, каменная соль. Сухие фотографические пластинки оказываются чувствительными к действию Хлучей».

3. Далее ученый ставит задачу выяснить, что заставляет исследованные тела светиться. Рентген выдвигает предположение, что причиной флуоресцирования является прохождение тока по катушке. Эксперимент показал, что прохождение тока по румкорфовой спирали и проскакивание электрической искры между металлическими шариками не вызывает флуоресцирования веществ. Результаты эксперимента доказали ложность выдвинутой гипотезы.

Тогда Рентген выдвигает другую гипотезу о том, что причиной флуоресцирования веществ является воздействие некоего объекта, возникающего при взаимодействии стенки разрядной трубки с катодными лучами. Идея экспериментальной проверки гипотезы состояла в том, чтобы изготовить баллон с электродами из любого другого вещества, кроме стекла, откачать из него воздух и пропускать электрический ток. Проведенный эксперимент показал, что «возникновение этих лучей имеет место не только в стекле, но и в алюминии, как я мог наблюдать в разрядном аппарате, который был сделан из листового алюминия толщиной в 2 мм». Таким образом, истинность гипотезы была экспериментально доказана: «исходным пунктом Хлучей, распространяющихся во все стороны, следует считать то место стенки разрядной трубки, где она встречается с катодными лучами».

4. Далее Рентген решает вопрос о том, какими свойствами обладают Х-лучи. Рентген формулирует следующий вопрос: «обладают ли и другие тела тем же свойством, какое имеет черный картон». Метод решения данной задачи, разработанный ученым, состоял в том, чтобы последовательно помещать различные тела перед флуоресцирующим экраном. Серия опытов дала следующие результаты: «...бумага очень хорошо проницаема, позади книги в 1000 страниц экран все еще светился. Толстые куски дерева все-таки проницаемы. Слой алюминия в 15 мм весьма заметно ослабляет действие, но все-таки и он не был в состоянии совершенно прекратить флуоресцирование. Пластины из твердого каучука в несколько сантиметров толщиной все еще пропускают лучи. Позади пластинок из меди, серебра, свинца или золота свечение еще явственно обнаруживается, когда толщина пластинок не слишком

значительна». Обобщая результаты экспериментов, ученый формулирует вывод: «оказывается, что для этого «нечто» все тела проницаемы в очень различной степени».

После этого ученый исследует, какими еще свойствами обладают X-лучи. «Убедившись в проницаемости различных тел, я обратился к исследованию, как относятся X-лучи к прохождению через призму, преломляются ли они в ней». Проведя серию экспериментов, ученый получил следующие результаты: «произведены были опыты с мелко истолченной солью, с мельчайшим порошком серебра, с цинковой пылью; во всех этих случаях не обнаружилось никакой разницы между проницаемостью тела в порошкообразном состоянии и тел в их целом виде». На основании полученных результатов ученый формулирует вывод: «для X-лучей не имеет места преломление и правильное, равномерное отражение».

Далее ученый пытается обнаружить, какие еще явления происходят при взаимодействии X-лучей с другими объектами, какие свойства X-лучей отличают их от всех известных видов излучений. Так, производя взаимодействие X-лучей с магнитом, ученый обнаружил, что «отличие X-лучей от катодных заключается в следующем: не удалось получить отклонения X-лучей посредством магнита». Ученый предпринимает попытки обнаружить интерференцию и поляризацию X-лучей и получает следующие результаты: «я сделал очень много попыток получить явление интерференции и поляризации X-лучей, но безуспешно — может быть вследствие слабой интенсивности их».

5. Обобщая результаты проведенного исследования, ученый формулирует обобщенные знания о свойствах X-лучей, явлениях, которые происходят при их взаимодействии с другими объектами, «источнике» X-лучей. Таким образом, Рентген доказал, что при протекании открытого им явления образуется новый объект, который обладает совокупностью определенных свойств, присущей только X-лучам. В настоящее время открытое и изученное ученым явление называют рентгеновским излучением.

Проведенный анализ деятельности ученых позволил выделить следующую логику проведения естественнонаучного исследования. В конкретной ситуации обнаруживается явление, порождаемой другим неизвестным

явлениемпричиной. Обнаруженное изменение происходит в состоянии какоголибо конкретного объекта. Потребность выяснить, не является ли обнаруженное явление случайностью, и существуют ли другие объекты, состояние которых изменяется подобным образом при действии той же причины в тех же условиях, выражается в формулировании познавательной задачи № 1: «С какими еще объектами может произойти обнаруженное явление?» Метод ее решения состоит в том, чтобы убрать из экспериментальной установки объект, с которым обнаружено явление в исходной ситуации и заменять его другими объектами. После проведения серии экспериментов формулируется обобщенное знание об объектах, с которыми может происходить обнаруженное явление.

Далее формулируется познавательная задача: «Что является причиной такого изменения состояния материального объекта?» Для ее решения выдвигается гипотеза о существовании явления-причины, которое порождает обнаруженное явление-следствие. В результате протекания явления-причины появляется объект с новой системой качеств, и именно его действие вызывает обнаруженное изменение состояния материального объекта. Для проверки гипотезы проводится экспериментальное исследование, в котором устанавливается, воздействие какого объекта явилось причиной явленияследствия и в результате какого явления он появляется. Если гипотеза не подтверждается, то выдвигается новое предположение об объекте, воздействие которого приводит к обнаруженному явлению и «источнике» его возникновения и т. д. до тех пор, пока истинность гипотезы не подтвердится экспериментально. Ответ на познавательную задачу № 2 формулируется в виде обобщенного суждения об объекте, появляющемся в результате протекания явления-причины и обладающим новым качеством – воздействием его на определенный при решении познавательной задачи № 1 объект, вызывает обнаруженное изменение его состояния (явлениеследствие).

Потребность описать обнаруженный объект через выявление его свойств выражается в формулировании познавательной задачи № 3: «Какими свойствами обладает объект, воздействие которого является причиной обнаруженного явления?». Свойства объекта проявляются во взаимодействии с другими. Для выявления свойств исследуемого объекта проводится ряд экспериментов, в которых устанавливается, к каким явлениям может привести взаимодействие его с другими объектами. Ответ на познавательную задачу № 3

формулируется в виде суждения, обобщающего знания о свойствах обнаруженного объекта. Для обозначения объекта подбирается термин.

Обобщение результатов решения трех познавательных задач позволяет сформулировать суждение, обобщающее знания об объектах, по действию на которые обнаруживается новый объект, о его свойствах и явлении, следствием которого является его возникновение. Такова логика проведения большинства естественнонаучных исследований.

Заключение

Мы полагаем, что предметом усвоения при изучении естественнонаучных дисциплин в школе и вузе должны быть обобщенные методы получения знаний определенного типа, исторически сложившиеся в ходе развития естествознания. Деятельность по получению новых знаний включает постановку познавательной задачи в результате анализа определенной ситуации и разработку плана ее решения. В данной работе выявлены характерные познавательные задачи, в результате решения которых обучаемые могут исследовать явления; выделены типы ситуаций, побуждающих к постановке таких задач и их решению экспериментальным методом; установлены обобщенные способы их решения. Методика обучения учащихся и студентов обобщенному способу исследования явлений с использованием эксперимента, позволяющая им овладеть научным методом познания, описана в ряде работ авторов [1—5].

Список литературы

1. Крутова И. А. Обучение учащихся средних общеобразовательных учреждений эмпирическим методам познания физических явлений: дис... докт. пед. наук. — Астрахань, 2007. — 362 с.
2. Крутова И. А. Эмпирический метод познания в науке и школьном курсе физики // Физика в школе. — 2007. — № 7. — С. 13—21.
3. Крутова И. А. Обучение эмпирическому методу познания // Физика в школе. — 2009. — № 8. — С. 19—22.

4. Крутова И. А., Стефанова Г. П. Обучение учащихся эмпирическому методу познания физических явлений // Физическое образование в ВУЗах. — 2007. Т.13. — № 2. — С. 51—57.
5. Крутова И. А., Стефанова Г. П. Методы научного познания как средство подготовки учащихся к исследовательской деятельности // Фундаментальные исследования. — 2007. — № 3. — С. 59—63.
6. Моруа А. Жизнь Александра Флеминга. — М.: «Молодая гвардия», 1964. — 336 с.
7. Рентген В. К. Новый род лучей: [из доклада, сделанного на заседании Физ.-мед. общества в Вюрцбурге]: пер. с нем. — Киев, 1896. — 15 с.