

# КАК ДЕЛАЮТСЯ ОТКРЫТИЯ

(мысли о методике научной работы)

В 1960 г. я набросал тезисы о методике "открывательства". Это – наброски для себя, чтобы упорядочить исходные представления о технологии **научного** творчества. Наброски остались незаконченными, отвлекла работа над **АРИЗ**. Прошло почти 20 лет, но мысли, мне кажется, не устарели и могут быть использованы преподавателями ТРИЗ на занятиях по научному творчеству.

В работах и статьях Г. Фильковского и И. Кондракова рассматривается технология творчества при решении задач на "**открытие новых теорий**". Между тем существуют и "**открытия новых явлений**" (открытие радиоактивности и т.д.). Поэтому полезно до изложения "теории открытия новых теорий" дать общий обзор – в этом помогут наброски.

Г. Альтшуллер  
22.08.79

## А. В ЧЕМ ТРУДНОСТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

1. Трудности в создании методики научной работы – сравнительно с методикой изобретательства – состоят в том, что здесь большую роль играют обстоятельства, усложняющие основную схему. Такие обстоятельства есть и в изобретательском творчестве. Но в открывательстве они присутствуют в большой концентрации. Это уже не оговорки и не исключения из довольно универсальных правил, а постоянно действующие "искажающие факторы", которые приходится всегда учитывать.
2. Первый такой фактор – историческое развитие научных методов. В современном изобретательстве до сих пор мирно уживаются приемы, возникшие на разных этапах развития. В открывательстве – более жесткая смена приемов. Поэтому надо очень осторожно аргументировать примерами, взятыми из разных эпох.
3. Второй фактор – неравномерное развитие научных методов в разных областях науки. Такое явление наблюдается и в изобретательстве, но в науке оно выражено сильнее.
4. Третий фактор – относительно большая роль случая.

## Б. КЛАССИФИКАЦИЯ ОТКРЫТИЙ

5. Все открытия делятся на две группы, настолько существенно отличающиеся по всем факторам, что только удивляешься, как они объединены одним словом.  
Первая группа – открытия, состоящие в установлении нового явления.

### ПРИМЕРЫ

- открытие икс-лучей Рентгеном,
  - открытие сверхпроводимости Кеммерлинг-Оннесом.
6. Я бы назвал эту группу открытий **ОБНАРУЖЕНИЕМ**, ибо сущность нового явления отнюдь не открывается; новое явление просто впервые обнаруживается.  
К этой же группе примыкает подгруппа открытий, состоящих в установлении конкретного факта. Таковы географические открытия. Сюда же относится большинство открытий наблюдательной астрономии, открытия геологические (новых месторож-

дений), обнаружение новых видов растений и животных. Для этой подгруппы характерно, что ее открытия (в отличие от открытия явлений) не требует объяснений. Интересно отметить, что это нашло стихийное отражение в терминологии: открытия явлений (а также открытия второй группы, о которой говорится ниже) иногда называют **научными открытиями**, невольно подчеркивая их отличие от простого установления конкретного факта.

В дальнейшем мы будем рассматривать в первой группе только основное ядро – открытие новых явлений.

7. Вторая группа – открытия, состоящие в установлении закономерностей. В этом случае новые явления не открываются, открытие проявляется в объяснении уже известных явлений, сущность которых ранее была непонятна или не укладывалась в имеющиеся объяснения.

#### ПРИМЕРЫ

- объяснение фотоэффекта Эйнштейном,
  - объяснение эволюции растений и животных в борьбе за существование.
8. Отнюдь не следует отождествлять первую группу с экспериментальными, а вторую с теоретическими открытиями. Наоборот, в каждой группе есть открытия, сделанные экспериментально, и есть открытия, сделанные теоретически. Так, в первой группе: экспериментальное открытие радиоактивности и теоретическое открытие электромагнитных колебаний Максвеллом. Во второй группе: экспериментальное открытие закона Кулона и теоретическое открытие взаимосвязи между массой и инерцией.
  9. Если уж давать упрощенную схему, то можно сказать так: открытие явления есть установление нового КАЧЕСТВА материи, открытие закономерности есть установление КОЛИЧЕСТВЕННЫХ СООТНОШЕНИЙ. Еще проще и грубее: в первом случае результат творчества – новая информация, во втором – новая формула.
  10. Надо сразу оговорить, что между этими двумя группами нет глухой стены. При этом исторически "мощность стены" все время уменьшается.  
В настоящее время нередко в единой работе объединяются открытое явление и выдвигаемое тут же объяснение (иногда наоборот: гипотеза и следующие из нее гипотетические открытия – предсказания – новых явлений).
  11. Однако весьма ощутимое различие сохранено и поныне. Раньше оно, как указывалось, было еще более выраженным. Отсюда важнейшее следствие: существовали (и во многом еще сохранились) две группы ученых, два существенно отличающихся типа открывателей. Первый тип – ученые, открывшие новые явления. Второй – ученые, установившие новые закономерности.
  12. Ученые второго типа намного выше (по уровню творчества) ученых первого типа. Открыть явление можно и случайно. Можно и не совсем случайно, но все-таки на дармовщину, стремясь открыть явление на пять копеек, открываешь нечто, стоящее сто рублей. Открытие же новых закономерностей требует – в подавляющем большинстве случаев – целенаправленных усилий.
  13. В этой связи интересно сделать следующее наблюдение. Судьба ученых первого типа подобна молниеносной, но однократной вспышке новой звезды: звездочка двадцатой величины вдруг превращается в звезду первой величины... И вскоре вновь возвращается к прежнему виду. Оно и понятно: умение сделать открытие одного нового явления вовсе не означает умения сделать еще и другое открытие.

ПРИМЕРЫ: открытие Гальвани, открытие Майкельсона.

Напротив, ученые второго типа, как правило, одинаково плодотворно работают в разных (подчас весьма далеких) областях. Примеры: Эйнштейн (сначала фотоэффект,

потом теория относительности), Фарадей (электромагнетизм и химия), Шмидт (высшая алгебра и космогония), Менделеев, Павлов (сначала физиология пищеварения, затем – изучение высшей нервной деятельности).

## **В. ИСХОДНОЕ ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДИКИ**

14. Наличие двух групп открытий означает, что при создании СОВРЕМЕННОЙ методики открывательства необходимо исходить из наличия ДВУХ ГРУПП МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ, весьма между собой отличающихся.
15. Цель первой группы методов состоит в том, чтобы привести к обнаружению нового явления. Отсюда – объединение в эту группу специфических поисковых методов.  
Цель второй группы – обнаружение новых закономерностей. Отсюда – объединение различных комбинационных приемов, направленных на открытие новой комбинации (т.е. нового объяснения) уже известных явлений.
16. Задача элементарной методики открытий состоит в том, чтобы порознь изучить отдельные приемы в каждой группе методов. Иначе говоря: дать ряд конкретных и обоснованных рекомендаций для "делания" открытий.  
Конечная задача методики – установить закономерности в историческом развитии методов открывательства и изучить механизм взаимопонимания методов в разных областях науки. Точно так же элементарная методика изобретательства (если к ней добавить изучение исторического развития и взаимовлияния) переходит в теорию развития техники.

## **Г. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ОТКРЫТИЯ НОВЫХ ЯВЛЕНИЙ**

17. Простейший прием – исторически весьма важный – состоит (как ни парадоксальна его простота) в том, чтобы обращать внимание на уже известные и отличающиеся странностью явления. Коротко – поискать аномалию. На первый взгляд, никто не пройдет мимо странного явления. Но в течение XVI-XIX веков это случалось сплошь и рядом. В ряде отраслей науки такое положение в определенной степени сохранилось и в наши дни.

### **ПРИМЕР**

В конце XVIII века Кавендиш, исследуя воздух, обнаружил некую, ни с чем не соединяющуюся часть. Этот факт был достаточно известен среди ученых, считался аномалией, но не привлекал внимания. Только столетие спустя Рамсэй, продолжив это исследование, открыл аргон (и явление химической инертности вообще). Можно утверждать, что при концентрации внимания на найденной Кавендишем аномалии удалось бы открыть инертные газы (и явление хим. инертности) лет на 60-80 раньше.

18. Несколько более сложный прием – обращение внимания на белые пятна в пределах уже известных явлений. В этом случае тоже ищутся аномалии – в пределах уже исследованного диапазона температур, давлений, расстояний, скоростей и т. д.

### **ПРИМЕР**

В 1772 году в Бонне вышла книга Типиуса "Созерцание природы", в которой обращалось внимание на правильное возрастание расстояний между планетами и Солнцем и на пробел между Марсом и Юпитером. Тогда другой ученый – Бодс – заявил, что на месте пробела должна быть неизвестная планета. Она и была найдена одним из астрономов, откликнувшимся на призыв "поискать".

19. Следующий по сложности прием – обращение внимания на белые пятна за пределами известных явлений.

#### ПРИМЕР

Исследования Бриджмена в области ранее недоступных высоких давлений привели к открытию новых модификаций льда.

20. Далее по сложности – оценка известных явлений с новой точки зрения.

#### ПРИМЕР

Цитата из статьи в "Литгазете" от 6 февраля 1960 г.: "18 лет назад к профессору М. Волскому (сопроматчику) обратился врач, работающий над диссертацией, с просьбой вычислить периметр трахеи, эллипсоидной в сечении". Сделав вычисления, Волский порекомендовал произвести и ряд других расчетов и вычислить потерю напора воздуха при его движении. Врач, достаточно поработавший в области физиологии дыхания, искренне признался, что с такой постановкой вопроса ему никогда не приходилось встречаться. Тогда профессор Волский сделал расчеты сам и пришел к совершенно неожиданным выводам. Он доказал теоретически, что старая концепция дыхания противоречит законам физики. Тысячелетиями считалось, что в плевральной полости нет воздуха. На этом была построена вся теория. А выводы Волского свидетельствовали: в плевральной полости воздух есть. Вскоре это было подтверждено экспериментально.

21. Открытие новых явлений путем комбинирования старых. Иначе говоря: явление А само по себе известно, явление Б тоже известно, открытие состоит в том, что обнаруживается явление В, состоящее во взаимосвязи А и Б.

#### ПРИМЕР

Периодичность солнечных пятен была давно известна, периодичность явлений в ионосфере – тоже; открытие состояло в том, что было найдено явление взаимосвязи между активностью солнечных пятен и функциями ионосферы.

Могут быть и более сложные варианты открытий: формула  $A + B$  дает новое явление В, затем  $B +$  известное Г дает новое явление Д.

#### ПРИМЕР

Периодичность в солнечной активности известна, периодичность в слипании коллоидов – тоже. Сначала установили взаимосвязь между этими явлениями. Затем полученное новое явление связали с известным явлением, состоящим в том, что тело человека – коллоидальная система. В итоге было открыто явление взаимосвязи некоторых процессов в организме с периодичностью солнечных пятен.

22. Обратный прием: исследование явления А с целью установления, что оно есть совокупность двух ранее неизвестных явлений В и Б.

#### ПРИМЕР

Сначала было известно вообще радиоактивное излучение, затем – применяя магнитное поле – установили, что лучи радия – совокупность трех разных лучей. Так открыли явления альфа-, бета- и гамма-радиоактивности.

23. Другие схемы:

- По аналогии. Есть группа явлений и, допустим, есть другая более или менее похожая на нее вторая группа явлений; тогда можно рассчитывать, что явлению А в первой группе соответствует еще не известное явление А1 во второй группе.
- Подвергать сомнению самоочевидные и общепризнанные явления. На каждом этапе развития техники эксперимента полезно проверить, казалось бы, достоверные явления.
- Исключение неуниверсального явления. Допустим, явление А хорошо объединяет ряд факторов, но не объясняет какого-то одного факта. Тогда есть смысл попытаться отказаться от явления А или заменить его частными явлениями. При этом существование границ между частными явлениями – само по себе новое явление.

- Отыскание среди явлений взаимопротиворечивых. Такая противоречивость далеко не всегда очевидна.
24. Вероятно этот список можно пополнить. Задача состоит в том, чтобы дать четкую схему приемов. Возможно, некоторые из них являются частными случаями других, более общих приемов.

#### **Д. ПРИЕМЫ ОТКРЫТИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ**

25. Тут могут быть два случая: либо закономерность устанавливается впервые (например, установление Кеплером законов движения планет), либо задача состоит в том, чтобы преодолеть трудности (объяснить противоречия, исключения), на которые натолкнулась предыдущая теория.
26. В первом случае (исторически с него начинается развитие всякой точной науки) простейший прием состоит в следующем: надо увеличивать количество известных фактов до тех пор, пока закономерность не проявится сама собой. Это, кстати сказать, элементарный прием научного исследования и в наши дни.
27. Во втором случае характерный прием заключается в том, что вводятся гипотетические явления, снимающие затруднения.

##### **ПРИМЕР**

И до Менделеева существовали различные системы периодизации элементов. Однако все эти системы наталкивались на трудности, главная из которых состояла в том, что периодичность, очевидная в начале ряда элементов, затем нарушалась. Менделеев устранил эту трудность введением гипотетических элементов. Это была "натяжка", снявшая затруднение и позволившая впервые провести принцип периодичности на протяжении всего ряда элементов.

Грубо говоря, в данном случае для открытия необходимо поставить вопрос: "Какие неизвестные явления или факты надо принять за достоверные, чтобы снять затруднения теории?" – и ответить на этот вопрос.

Тут важно учесть психологический момент. Когда какая-то теория, долго служившая верой и правдой, вдруг начинает буксовать, подавляющее большинство ученых стремится объяснить еретические факты не меняя теории. Великие ученые тем и велики, что выходят из-под гипнотизирующего действия теории и смело ее меняют, дополняют, не беспокоясь о том, что эти запреты, на первый взгляд, кажутся произвольными, крайне маловероятными или необъяснимыми (например, конечная скорость света).

Нередко самое трудное – признать дырявость старой теории и необходимость новых допущений. Если это признано, сами допущения подчас найти весьма не трудно.

28. Всякая теория смертна. Поэтому в период зрелости теории надо концентрировать усилия не только (а в период старости теории и не столько) на приложении ее к объяснению новых групп явлений, но и на изучении слабых мест. Проще говоря: надо развивать теорию не там, где она сильна, а там, где ощущается ее слабость. Все преподавание в вузах, вся учеба в аспирантуре, подавляющее большинство кандидатских работ, вообще значительная часть научных работ строится на приложении существующих теорий к отдельным проблемам (например, приложение механических принципов к проблемам химии). Надо же искать те случаи, когда теория как раз неприменима. Надо не расширять и укреплять фундаменты естественно-научных, гуманитарных и общественных теорий (итог таких работ в лучшем случае – упрочнение теорий), а отыскивать трещины.
29. Темпы развития науки во многом определяются совокупностью различных факторов, на которые далеко не всегда можно воздействовать с целью форсажа. Однако можно обоснованно утверждать, что средние темпы развития науки могли бы быть заметно

выше, если бы постоянно и планомерно велась работа по отысканию трещин в "благополучных" еще сегодня теориях.

Надо отметить, что в тех отраслях науки, которые развиваются сейчас особенно бурно, именно так и делают. Например, в ядерной физике вся история последних трех десятилетий – это история выискивания "но" и стремления ввести новые теоретические посылки, объясняющие эти "но". Разумеется, при этом одновременно идет и использование "устоявшихся" принципов для решения различных проблем, например для объяснения механизма хим. реакций. С другой стороны, в отраслях науки, развивавшихся сравнительно медленно, налицо иное распределение сил: основные усилия направляются на приложение существующих теорий к объяснению новых групп явлений. Так обстоит дело в физиологии. После Павлова подавляющее большинство работ состояло в том, что сильные стороны павловской теории распространялись на объяснение новых явлений. А следовало бы энергично искать слабые места учения Павлова.

Несколько утрируя, можно сказать: изучайте не законы, а исключения из них: именно там и прячутся новые открытия.

30. Возвращаясь к методам поисков новых закономерностей, следует отметить такой характерный прием: перенесение методов и аппарата одной области в другую область.

ПРИМЕР: создание кибернетики (любопытно было бы перенести, например, "методы и аппарат" музыки в геологию или ядерную физику).

31. Этот прием является частным случаем такого приема: распространение методов и аппарата (а также явлений и фактов) на более широкую область.

Сюда же примыкает и такой частный случай: провозглашение известного, но считающегося ограниченным явления, в качестве универсального закона.

ПРИМЕР

Притяжение – как более или менее частное явление – было широко известно до Ньютона. Но Ньютон провозгласил всемирность притяжения (это привело к выводу о том, что планеты притягиваются Солнцем). А тогда из ранее установленного третьего закона Кеплера прямо следует формула притяжения.

32. Реже применяется обратный прием: новая закономерность устанавливается путем ограничения считавшегося ранее универсальным принципа.

33. Еще один прием: возвращение к старым теориям на новой основе ("алхимические" превращения элементов методами ядерной физики).

## Е. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

34. Развитие техники дает науке все более точные машины и приборы для измерений. Многие открытия – непосредственно очевидное следствие из новых – более точных – методов измерения.

35. Все описанные выше приемы есть элементы научной работы. Нельзя отождествлять поиск открытия с исследованием. Исследование – совокупность поисков открытия, механического накопления фактов, уточнения измерений, учета новых – сделанных другими – открытий, установление взаимосвязи между всем перечисленным и философскими установками. Таким образом, исследование – понятие много более широкое, чем открытие.