

ДИАЛЕКТИКА ИСТОРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЯ ОТКРЫТИЯ Г. МЕНДЕЛЯ

Член-корреспондент АН СССР И. Т. ФРОЛОВ, С. А. ПАСТУШНЫЙ

Важнейшей задачей в разработке проблемы фундаментального открытия является рассмотрение его как процесса формирования нового знания. Для этого требуется тщательное исследование отношения открытия к имевшимся теоретическим предпосылкам и связи открытия с одновременными и повторными открытиями (переоткрытиями). Очевидно, необходим содержательный анализ представлений о «преждевременности» открытия, о сложных взаимоотношениях открытий в общем контексте науки, не подготовленной к восприятию нового.

В литературе, посвященной анализу природы научного открытия [1], неоднократно подчеркивалась существенная закономерность возникновения нового знания, которая заключается в том, что момент появления нового знания характеризуется некоторой противоречивостью: теоретическое содержание открытия имеет перспективный вектор, в то время как форма, в которой оно выражается, испытывает в большей мере влияние истории.

Отставание формы в процессе производства нового знания и неадекватность содержания открытия в будущее создает между ними определенную неадекватность, что порождает трудности правильной оценки открытия не только в период его возникновения, но и в процессе полного восприятия его наукой. Данное обстоятельство, видимо, может рассматриваться как важная причина, по которой ученые разных поколений неодинаково оценивают одно и то же открытие. Его современники, столкнувшись с несовершенной формой нового знания, часто оказываются не в состоянии увидеть полноту и перспективность теоретического содержания открытия. В свою очередь ученые последующих поколений, когда новое знание принято и переработано наукой и утрачено прежнее, историческую форму, испытывают трудности в сохранении всего богатства ретроспективных связей нового со старым.

Анализ взаимосвязи формы и содержания открытия в процессе возникновения, усвоения и полной ассимиляции нового знания приближает к пониманию сложного механизма преемственности в развитии науки. Благодатнейший материал для этого представляет открытие Г. Менделя. Действительно, чем можно объяснить тот факт, что, хотя основоположником генетики как науки о наследственности и изменчивости является Г. Мендель, опубликовавший свою работу в 1866 г., началом генетики считается 1900 г., т. е. год выхода работ К. Корренса, Г. де Фриза, Э. Чермака?

Не менее важны вопросы о том, что было открыто предшественниками Менделя, в чем состояло его собственное открытие, что «переоткрыли» Корренс, де Фриз и Чермак. Если сам Мендель не сформулировал законов наследственности, почему такие формулировки появляются при современном толковании его открытия? Какое конкретное содержание вкладывается в столь неопределенное понятие неподготовленности науки к восприятию открытия, в частности открытия Менделя, и чем характеризуется зрелость науки во время его переоткрытия?

Думается, ключом к решению этих вопросов является положение о несовершенстве формы нового знания в момент его возникновения, т. е. тезис о ретроспективности формы и перспективности содержания открытия. Исходя из того, что открытие связывает предшествующее и последующее состояния развития знания в единый процесс, характеризующийся преемственностью и качественным различием отдельных этапов движения науки к истине, определим то новое, что содержится в трудах Менделя по сравнению с трудами его предшественников, а затем отличие его взглядов от взглядов последователей. Другого пути нет, потому что новое знание, возникнув как качественно отличное от старого, может быть обнаружено и определено только посредством соотнесения предшествующего уровня знания с последующим. Иначе говоря, новому знанию в открытии присуще свойство релятивности, анализ которой будет способствовать углублению представлений о соотношении формы и содержания. Трудно дать однозначные ответы на вопросы о том, сталкивался ли кто-либо до Менделя с проявлением законов, им открытых, первый ли в истории науки Мендель описал явление доминирования и единообразия гибридов первого поколения, принадлежит ли ему открытие расщепления и перекомбинирования признаков в потомстве гибридов, первым ли Мендель применил точные методы скрещивания, он ли установил элементарность наследственных признаков.

Нужно подчеркнуть, что в идейном отношении возникновение экспериментальной генетики исторически было связано с решением проблемы развития гибридов. Открытие Менделя появилось во время гибридационного бума. С помощью метода скрещивания были получены выдающиеся результаты в сельском хозяйстве (особенно в Моравии, на родине Менделя).

Вопросам гибридизации посвящались конгрессы европейских ученых. Велик вклад в развитие идей гибридизации Кельрейтера, Найта, Сажрэ, Нодэна, которые рассматриваются в качестве предшественников Менделя.

На первом этапе развития учения о гибридизации Кельрейтером была решена проблема полов у растений и разработан точный метод скрещивания. На следующем этапе, основное содержание которого определялось проблемой вида, его происхождения, структуры и границ, Найт исследовал вопрос о влиянии на оплодотворение яйцеклетки пыльцы двух разновидностей и показал возможность проявления в первом поколении признаков мужского родителя. Найт отыскал особенно благодарный объект для опытов. Его внимание привлек горох, в процессе скрещивания различных сортов которого Найт столкнулся с дискретной природой «элементарных» наследственных признаков. Еще дальше идет Сажрэ. Поскольку он сосредоточивает внимание не на организме в целом, а пытается выяснить наследование лишь отдельных признаков, ему удается прийти к выводу о том, что наследственные признаки не сливаются в гибридах и не пропадают бесследно в поколениях, а, свободно комбинируясь, полностью переходят к потомству. Однако самым значительным теоретическим предшественником Менделя был Нодэн, знавший работы Кельрейтера, Найта и Сажрэ. Продолжая работу в области определения вида и его границ, Нодэн исследовал явление исчезновения элементарных наследственных признаков (хотя в первом поколении наблюдалось доминирование одного из пары альтернативных) и явление их перекомбинации в последующих после гибридизации поколениях. Вместе с тем Нодэн не ограничился исследованием гибридов первого поколения. Он подверг анализу и второе поколение, правда остановившись лишь на общей картине результатов [2].

С позиции современного исследования видно, что открытие Менделем законов наследования явилось следствием последовательной разработки поставленной проблемы, применения количественного varia-

ционно-статистического метода при обработке результатов эксперимента, а также построения вероятностно-статистической модели для теоретического обоснования и прогнозирования явлений наследственности [3, с. 258—260].

Нельзя не согласиться с мнением Н. В. Тимофеева-Ресовского, который обоснованно заявляет, что «не Г. Менделю принадлежат отдельные „открытия“, часто связываемые с его именем. Действительно, и точные методы скрещивания (Кельрейтер), и элементарные наследственные признаки (Найт), и доминантность (Сажрэ), и расщепление и перекомбинирование признаков в потомстве гибридов (Сажрэ, Нодэн) были открыты до Менделя». Заслуга Менделя в том, что, обобщив уже открытые, но точно не проанализированные явления, он построил свои опыты и обработал их результаты таким образом, что в итоге дал точный количественный анализ наследования перекомбинирования элементарных наследственных признаков в ряду поколений. Из полученных экспериментальных данных Мендель сформулировал вероятностно-статистические закономерности наследования. На этой основе он построил гипотезу наследственных факторов и чистоты гамет. В этом Мендель опередил свое время, первым сделал шаг по внедрению строгого математического мышления в биологию. Так была создана основа быстрого стройного развития новой науки нашего века — генетики [4, с. 20].

Преимственность между теоретическими концепциями Менделя и его предшественников состоит в том, что эти ученые фактически решали одну и ту же задачу, т. е., исследуя скрещивание, стремились отыскать законы гибридизации и разработать научный метод управления биологическими процессами в этой узкой области. Неразрывная историческая связь менделевского открытия с практиками и теоретиками гибридизаторами во многом сказалась на незавершенности формы открытия и его структуре.

Мендель не сформулировал законов наследственности в общей форме, полагая, что обнаружил лишь законы или правила развития гибридов. Связь с предшественниками просматривается и в последовательности проведения Менделем опытов по гибридизации, где он остается в русле классического гибридизационизма. Он решает традиционные вопросы о том, что представляет собой исходный материал (родительские формы), что общего между гибридами и в чем их различие по сравнению с родительскими формами, какова судьба исходного материала в первом, втором и последующих поколениях.

Новизна менделевского подхода — в разработке эффективных средств анализа по аналогии с физическим экспериментом. По мнению Менделя, более тщательной проверке на константность признаков должен подвергаться исходный материал; начинаться эксперимент должен с простейшего случая моногибридного скрещивания и, постепенно усложняясь, перерастать в полигибридное. Отличительной чертой менделевского открытия является использование строгого количественного учета потомков, полученных от всех особей, участвовавших в скрещивании. Все это позволило Менделю еще в рамках традиционных вопросов гибридизации четко сформулировать теоретические положения¹. Он точно определил единообразие потомства при скрещивании исходных родительских форм, вывел строгую математическую закономерность распределения доминантных и рецессивных свойств в первом поколении

¹ Это особенно бросается в глаза, если сравнить работы Менделя и Гэртнера, который «проделал огромное количество опытов (около 10 000) среди 700 видов и получил 250 гибридных форм. Но описания гибридов и общие выводы, к которым пришел Гэртнер, настолько неотчетливы, многословны и часто противоречивы, что они не могли привести к установлению серьезных теоретических обобщений» [5, с. 27].

гибридов (3:1) и последующих, а в довершение сформулировал закон полигибридного скрещивания².

Другим элементом открытия Менделя является выяснение роли случайности при анализе количественных результатов скрещиваний. «...Отдельные цифры,— писал он,— неизбежно подвергаются колебаниям, и возможны даже крайние случаи, которые приводились раньше в опытах над формой семян и окраской белка. Истинные числовые отношения могут быть даны только средними величинами, полученными из суммы возможно большего числа отдельных случаев; чем больше их число, тем вернее устраняются случайности» [6, с. 33]. Поэтому Мендель считал правильным не сравнивать абсолютные числа, а вычислять пропорциональные отношения между формами с доминантными и рецессивными признаками, т. е. ввел представление о статистическом характере открытых закономерностей³.

Ответив на вопросы, поставленные историей гибридизации, т. е. выживив общие законы развития гибридов, Мендель сталкивается с необходимостью их обосновать. Такое обоснование можно получить, по его мнению, обратившись к исследованию половых клеток. Вот почему в работе «Опыты над растительными гибридами» появляется раздел «Зачатковые клетки гибридов», где утверждается, что «результаты, к которым привели вышеописанные опыты, побудили к дальнейшим исследованиям, которые в случае успеха должны дать объяснение свойств (женских) зачатковых и пыльцевых клеток гибридов» [6, с. 27]. Для того чтобы объяснить механизм расщепления гибридов в пропорции 3 доминантных на 1 рецессивный, которая проявляется при их самоопылении, Мендель делает предположение, что половые клетки образуются всех типов и в равном количестве. «...Зачатковые и пыльцевые клетки соответствуют по своим внутренним свойствам отдельным формам. Действительно, теоретическим путем можно показать, что этого предположения совершенно достаточно, чтобы объяснить развитие гибридов в отдельных поколениях, если в то же время допустить, что различные виды зачатковых и пыльцевых клеток у гибридов образуются в среднем в одинаковом числе» [6, с. 27]. Проведенные Менделем эксперименты подтверждают это центральное положение его открытия.

Очевидно, использование алгебраической символики для обозначения свойств доминантности и рецессивности, или предположение, что каждый признак организма представлен в половой клетке задатком, передача по наследству которого происходит независимо от другого задатка, являются составными частями открытия. Более того, и раскрытие дискретного характера наследования, и отличие «внешнего сходства» (фенотип) от «внутреннего родства» (генотип)⁴, и разработка совершенного метода познания наследственности посредством количественного анализа признаков — все это важнейшие стороны открытия Менделя. К этому следует добавить, что без теоретического осмысления и экспериментального обоснования достаточности одной мужской половой клетки для оплодотворения одной женской невозможно было бы

² Опыты по полигибридному скрещиванию Мендель резюмировал словами: «Не подлежит никакому сомнению, что для всех подвергнутых опытам признаков имеет одинаковую силу следующее положение: потомки гибридов, соединяющих в себе несколько существенно различных признаков, представляют собой члены комбинационного ряда, в котором соединены ряды развития каждой пары различающихся признаков. Этим одновременно доказывается, что поведение в гибридном соединении каждой пары различающихся признаков независимо от других различий у обоих исходных растений» [6, с. 25].

³ В этой связи трудно переоценить значение работ Г. Менделя в утверждении вероятностно-статистического подхода в биологии. Заметим, что подобный стиль мышления утверждался фактически уже в популяционноцентризме Ч. Дарвина.

⁴ В этой связи Мендель тонко замечает, что «рискованно при некоторых обстоятельствах по внешнему сходству гибридов делать заключения об их внутреннем родстве» [6, с. 41].

проведение точных количественных исследований доли вклада обоих полов в наследственность потомков⁵.

Данное положение Менделя о равном вкладе полов занимает особое место в его открытии. Вне всякого сомнения, логически оно должно быть исходным, так как лежит в фундаменте теоретического построения Менделя и принимается им сначала без экспериментальной проверки, т. е. как постулат. Однако исторически Мендель его обосновывает лишь после публикаций результатов опытов и по гороху, и по ястребинке. Объясняется это, вероятно, тем, что итоги опытов на ястребинке, противоречившие результатам, полученным на горохе, заставили Менделя заново пересмотреть последовательность выдвижения исходных положений. Возможно, здесь выяснилась и необходимость экспериментального подтверждения факта возникновения нормально развитого взрослого растения в результате слияния одной мужской и одной женской половых клеток. Только при этих условиях могли применяться количественные методы и опровергались широко распространенные концепции суперфетации и телегонии.

Как видим, менделевское открытие представляет собой сложное образование, состоящее из большого числа элементов, которые группируются в две главные взаимосвязанные части. К первой части относится все то, что касается вопроса об общих законах развития гибридов при последовательной смене поколений. Вторая часть открытия, где речь идет о наследственных задатках половых клеток, состоит из теоретических положений, направленных на обоснование теории гибридизации. В этом, а не в открытии законов наследственности Мендель видел главную задачу и цель своих исследований. Год спустя после опубликования «Опытов над растительными гибридами» в письме к К. Негели он писал: «Серьезная разработка учения о бастардах с современных научных позиций мне кажется в высшей степени желательна» [6, с. 60].

Следовательно, если исторически открытие Менделя предстает в форме решения проблемы гибридизации,— по крайней мере так оно трактуется Менделем и первооткрывателями,— то в содержательном плане оно явно выходит за рамки этой традиционной проблемы, ибо включает новое знание не только о фенотипе (потомки исходных особей вступают в строго определенное количественное отношение в сравнении с родительскими формами; закономерности моно- и полигибридных скрещиваний и др.), но и о генотипе (знание о «задатках», расположенных в половых клетках; различие «внешнего сходства» и «внутреннего сродства», «гипотеза чистоты гамет» и т. д.). Но знание о генотипе здесь выполняет подчиненную функцию и служит обоснованием решения проблемы гибридизации.

Концентрация внимания Менделя на половых клетках, первое знание о наследственности выступает как непредвиденное следствие при решении проблемы гибридизации. Данное обстоятельство позволяет рассматривать менделевское открытие, а значит, и возникновение генетики в качестве поризма⁶. Этот вывод имеет принципиальное значение

⁵ Насколько Мендель ушел далеко от современников, видно хотя бы из того, что даже Ч. Дарвин, не говоря уже об остальных биологах, не смог подняться выше общепринятой концепции «суперфетации», т. е. многоотцовства и «телегонии» [8, с. 512, 430, 732].

⁶ В определении поризма мы согласны с Б. С. Грязновым, который писал: «В античной науке поризмом называли утверждение, которое получилось в процессе доказательства теоремы или решения задачи, но получалось как непредвиденное следствие, как промежуточный результат. Хотя поризм получается как логическое следствие, но, поскольку он не является целью познавательной деятельности, для исследователя он может оказаться неожиданным» [9, с. 62]. Именно в поризме следует искать гносеологическое основание того факта, когда поиск одного приводил к открытию другого. Не является исключением из подобного правила и открытие законов наследственности.

для выяснения трудностей адекватной оценки открытия вообще. Таков, например, вопрос о том, почему Менделю приписывают открытие законов наследственности, в то время как «...в тексте Менделя ни о каком законе нет речи, и никаких формулировок мы не находим...» [7, с. 138]. Иными словами, это вопрос об отношении открытия к повторным открытиям или переоткрытиям. Можно ли говорить в подобном случае о полном и адекватном совпадении открытия и переоткрытия по объему, содержанию и форме?

Вряд ли это правомерно, так как здесь различны субъекты, которые обладают неодинаковыми интеллектуальными способностями опережать развитие науки, заглядывать в ее будущее. Далее, нельзя забывать о том, что разное время характеризуется разными состояниями разработки теории. Разумеется, было бы ошибкой впасть в другую крайность: игнорировать преемственность между открытием и переоткрытиями. Речь тут, видимо, должна идти не столько об их качественном различии по содержанию, — ведь содержание в сущности является общим, — сколько о форме нового знания, которая по мере развития науки от открытия к переоткрытиям становится более совершенной, а знание более обоснованным и полнее усвоенным общественным субъектом.

Следовательно, отношение открытия к повторным открытиям должно быть понято как процесс *формирования* нового знания и приведения его содержания к адекватной, завершенной форме. Новое знание, таким образом, освобождается от старой формы, в которой оно родилось.

Именно открытие Менделя, касающееся генетики, возникло в лоне проблемы гибридизации. Знание о наследственности как часть открытия не имеет у Менделя самостоятельного статуса и полностью подчинено теоретическому обоснованию концепции гибридизации. У Менделя нет формулировок законов наследственности, хотя реальное содержание их имеется, о чем свидетельствует успешная деятельность переоткрывателей, сформулировавших эти законы. Новое знание о наследственности как бы выводится из недр породившей его проблемы гибридизации и рассматривается в дальнейшем независимо от нее. Самостоятельное существование этого знания потребовало новой формы, которую оно приобрело в виде проблемы наследования. Действительно, формулировки нового знания у переоткрывателей (Г. де Фриз, К. Корренс, Э. Чермак, У. Бэтсон и др.) более совершенны. Что же касается содержания, то нельзя не заметить, что новое значение у переоткрывателей по существу оказывается сведенным к отдельным законам наследственности, т. е. делается беднее по содержанию, хотя и совершеннее по форме.

Конечно, анализ отношений между открытием Менделя и повторными открытиями, сделанный в общей и абстрактной форме, должен быть конкретизирован с учетом более широкого контекста изменений обстановки в науке и достижений биологии, превративших знание о наследственности из подчиненного проблеме гибридизации в самостоятельную проблему, решение которой закладывало фундамент новой науки — генетики.

Открытие Менделем закономерностей поведения наследственных задатков, локализованных в половых клетках, намного опередило науку его времени, которая не могла еще ответить на многие важные вопросы. Так, было не ясно, где находятся эти задатки — в ядре или протоплазме, не были изучены процессы оплодотворения, деления клеток, образования половых клеток. Ученые ничего не знали о хромосомах, их видовой специфичности и поведении при митозе и мейозе. Лишь в последней четверти прошлого века получены знания о строении и функции клетки, а цитология заняла достойное место среди развивающихся биологических наук. За 35 лет со дня публикации работы Менделя биология претерпела целый ряд изменений, которые подготовили почву для

повторных открытий законов наследственности, создав уже иной «интеллектуальный климат»⁷.

Вместе с тем как менделевское открытие, так и его переоткрытия ботаниками Г. де Фризом, К. Корренсом и Э. Чермаком (почти одновременно) оказались тесно связанными с проблемой поиска общих законов скрещивания. И хотя в своих работах де Фриз и другие ученые писали, что их эксперименты подтвердили правильность выводов Менделя, все же они были далеки от того, чтобы в полном объеме воспроизвести менделевские находки, ибо ограничивались упоминанием об одном законе расщепления гибридов [10—12]. Причем, если де Фриз подчеркивал всеобщность соотношения признаков в потомстве гибридов (3 доминантных на 1 рецессивный), то Корренс, наоборот, обращал внимание на ограниченность применения этого правила. Не был уверен в его всеобщности и У. Бэтсон в 1900 г. Но по мере того как расширялась экспериментальная база исследования, содержание открытия Менделя получало более четкое определение. Уже в 1900 г. Корренс говорит о двух правилах, которые следуют из «закона Менделя» о расщеплении, а в 1902 г. Бэтсон формулирует «гипотезу чистоты гамет» [13]. И только в 1905 г. Корренс приближается к современной трактовке законов наследственности, представив открытие Менделя в единстве трех закономерностей: 1) «правило преобладания»; 2) «правило расщепления»; 3) «закон самостоятельности» [14].

Логическим завершением переоткрытия работы Менделя явились труды Г. Нильсона-Эле и В. Иоганнсена. «Первый в 1908 г. заметил, что существо открытия Менделя заключено в установлении материальных единиц — носителей наследственности, а второй в 1909 г. назвал их генами» [10, с. 70], указав на необходимость строгого различения фенотипических и генотипических закономерностей.

То обстоятельство, что процесс становления генетики как переоткрытие работы Менделя оказался столь сложным, многоликим и поэтапным, видимо, объясняется тем, что потребность в знании законов наследственности пробивала себе дорогу в форме решения различных проблем, но наиболее успешно в форме проблемы гибридизации. В самом деле, первые публикации, где упоминается открытие Менделя, посвящены выяснению закономерностей скрещивания (де Фриз, Корренс, Чермак)⁸. И узнают переоткрыватели о Менделе из сводки Фоке тоже по гибридизации. Название классической работы Менделя — «Опыты над растительными гибридами» — отражает его интерес к проблеме гибридизации.

Однако разные исследователи данной темы ставили перед собой неодинаковые цели. Например, для Корренса и Чермака центром научных интересов была селекционная практика, в поле зрения де Фриза оказались процессы физиологии роста и развития, а также изучение механизма видообразования. Ближе всех подходил к сущности открытия Менделя Бэтсон, предшествующая научная деятельность которого в

⁷ Больших успехов достигла биология в процессе изучения ядра и особенно хромосом. Было выяснено их поведение и распределение при созревании половых клеток и оплодотворении. Так, в 1875 г. Гертвиг обнаруживает, что процесс оплодотворения происходит в результате слияния ядра сперматозоида с ядром яйцеклетки. В 70—80-х годах работами Гертвига, Фоля, Бенедена, Вальдейера, Страсбургера, Гиньяра было показано, что оплодотворению предшествует редукционное деление, т. е. уменьшение вдвое числа хромосом в половых клетках в сравнении в соматическими клетками. Далее устанавливается видовая специфичность хромосом в количественном и качественном отношении (Флеминг, Страсбургер, Рабль) и создается учение об индивидуальных особенностях и преемственности строения хромосом при размножении клеток (Рабль, Бовери).

⁸ Из русских ботаников-гибридизаторов ближе всего к пониманию сущности открытия Менделя подошел еще в 1874 г. И. Ф. Шмальгаузен (см. об этом предисловие М. В. Волоцкого к кн.: *Флоринский В. М. Усовершенствование и вырождение человеческого рода*. Вологда, 1926, с. XIX).

4. Тимофеев-Ресовский Н. В. О Менделе.— Бюллетень Моск. о-ва испытат. природы. Отд. биол., 1965. т. LXX, вып. 4.
5. Гайсинович А. Е. Возникновение и развитие менделизма.— В кн.: Грегор Мендель, Шарль Нодэн, Огюстен Сажрэ. Избранные работы. М., 1968.
6. Мендель Г. Опыты над растительными гибридами. М., 1965.
7. Гайсинович А. Е. Комментарий.— В кн.: Г. Мендель. Опыты над растительными гибридами. М., 1965.
8. Дарвин Ч. Соч. М., 1951, т. 4.
9. Грязнов Б. С. О взаимоотношении проблем и теорий.— Природа, 1977, № 4.
10. Гайсинович А. Е. Зарождение генетики. М., 1967.
11. Орел В. Как родилась теория Менделя.— Природа, 1972, № 5.
12. Fisher R. A. Has Mendel's work been rediscovered? — Ann. Sci., 1936, v. 1.
13. Bateson W. Mendel's principles of heredity. A defence. Cambridge, 1902.
14. Correns C. Gregor Mendel's Briefe an Carl Nägeli (1866—1873). Nachtrag zu den veröffentlichten Bastardieruh sversuchen Mendels.— Adhandl. math.-phys. Kl. Sachs. ges. Wiss., 1905, 29, № 111.

HISTORICAL FORM AND HISTORICAL CONTENT DIALECTICS OF G. MENDEL'S DISCOVERIES

I. T. FROLOV, S. A. PASTUSHNY

The essence of Mendel's discovery of hereditability laws, its structure and elements, stages of comprehension and difficulties of adequate estimation are analysed. Key to solve the present range of the problems is statement of imperfection of new knowledge in the moment of its generating, i. d. thesis of both retrospectiveness of discovery form and perspectiveness of discovery content.