

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ СЛОЖНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОСТАВЛЕННЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ¹

© 2002 Г.Л. Рытов²

В статье предложены критерии разных уровней сложности генетических задач, которые предлагаются для решения различных педагогических целей. Обозначены подходы к созданию генетического задачника нового поколения.

Обучение генетическим знаниям, умениям, навыкам должно лежать в основе биологического образования и формирования профессиональной культуры у будущих специалистов-биологов, т.к. только генетическая наука (в отличие от других биологических дисциплин) может предложить широкий набор генетических задач, а хорошо известно [1, 2], что именно при решении задач развиваются высшие когнитивные способности учащегося, в том числе эвристические.

Разнообразие педагогических целей в процессе обучения и воспитания студентов предполагает применение для их реализации генетических задач разного уровня сложности. В частности, для простого закрепления теоретического материала по генетике (уровень понимания) рекомендуются задачи первого уровня сложности; для более прочного усвоения генетических законов (уровень знания) наиболее приемлемы задачи второго уровня сложности; а для формирования творческого мышления (эвристический уровень) подходят, прежде всего, задачи третьего и четвертого уровней сложности.

По каким же критериям сложности, на наш взгляд, можно разделить генетические задачи? Представляются целесообразными следующие характеристики этих уровней.

Первый уровень. Применяется для закрепления генетических понятий, законов и феноменов, когда для решения генетической задачи требуется лишь точное знание формулировок законов, определений тех или иных генетических терминов и т.п. Обучающийся, применяя эти законы, тренируется, к примеру, в написании различных вариантов гамет (тема "Цитологические основы законов Менделя"), или в определении первичной структуры пептидов по заданной мРНК или ДНК (тема "Молекулярная генетика"), или определяет частоту встречаемости доминантного гена в той или иной популяции, если дана подобная величина для рецессивного гена (тема "Популяционная генетика") и пр.

¹ Представлена доктором биологических наук профессором В.Г. Подковкиным.

² Рытов Глеб Львович, кафедра биохимии Самарского государственного университета, 443011, Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

Подобные задачи характеризуются, прежде всего, тем, что они не требуют каких-то серьезных рассуждений, логических операций, творческого подхода к их решению, т.к. генетические задачи первого уровня сложности имеют своей целью только закрепление генетических законов, понятий, обобщений и т.п. В качестве примеров таких задач можно привести следующие.

Задача 1. Какое число гамет образуется у организма, если его генотип **AaBb**? Напишите эти гаметы.

Задача 2. У земляники красные плоды не полностью доминируют над белыми. Какое потомство можно ожидать от скрещивания растений с красными и розовыми плодами?

Задача 3. У кошек гены черного и рыжего цвета шерсти аллельны и находятся в X-хромосоме, но при их сочетании формируются трехцветные особи. Какое потомство можно ожидать от скрещивания трехцветной кошки с рыжим и черным котом?

Задача 4. У отца I группа крови, а у его жены — IV. Какие группы крови возможны у их детей?

Задача 5. У гороха желтый цвет доминирует над зеленым. В популяции была обнаружена частота встречаемости аллеля зеленого цвета — 0,3. Определите частоту встречаемости в этой популяции аллеля желтого цвета.

Задача 6. Определите первичную структуру пептида, если его мРНК имеет следующий вид: ЦГУАЦУГГУГУУАУГ.

Второй уровень. Используется в педагогическом процессе, например, в средней школе чаще всего, т.к. на этом уровне учащийся должен не только твердо знать генетические законы и понятия, но и уметь оперировать ими, рассуждать, делать выводы и т.д. Закрепление генетических законов и понятий через решение генетических задач является, безусловно, наилучшим способом формирования у обучающихся твердых, долгосрочных и осмысленных знаний по генетике. Ниже будут представлены примеры генетических задач этого уровня.

При решении генетических задач этого уровня сложности необходимо не только твердое знание генетических законов или явлений, но и умение применять их на практике. К примеру, если в условии задачи указано, что *"бабушка и дедушка по материнской линии кареглазого мужчины (доминантный признак) были голубоглазыми"*, то необходимо рассуждать следующим образом: эти бабушка и дедушка были рецессивными гомозиготами **aa**, поэтому их дочь (являющаяся матерью указанного в задаче мужчины) тоже имела генотип **aa**, отсюда видно, что своему сыну по этому гену она могла передать только рецессивный аллель, т.е. генотип искомого мужчины по гену цвета глаз будет гетерозиготным **Aa**.

Другими примерами подобных педагогических приемов при решении генетических задач второго уровня сложности могут быть:

- использование формул закона Харди-Вайнберга при нахождении генетической структуры популяции, если дано только число больных по какой-то патологии в данной популяции;
- нахождение генотипов родителей, если даны цифровые данные по их потомству (необходимо найти их приблизительное соотношение и на основе этого делать какие-то выводы);
- определение генотипов родителей по генотипам потомков (например, если у женщины есть сын-дальтоник, она однозначно должна быть кондуктором по этой болезни);
- нахождение расстояния между генами при решении задач на сцепленное наследование и кроссинговер;

- исследование изменений в первичной структуре белка при какой-либо мутации.

В качестве примеров генетических задач второго уровня сложности можно привести следующие.

Задача 7. У дрозофилы доминируют нормальные крылья и нормальные глаза. В F_1 было получено 467 потомков, среди них $3/8$ были с нормальными признаками, $1/8$ часть — с нормальными крыльями, но уменьшенными глазами, $3/8$ — с нормальными глазами, но уменьшенными крыльями, $1/8$ — с уменьшенными и крыльями, и глазами. Сколько среди них дигетерозигот и гомозигот?

Задача 8. Талассемия — доминантный признак, но у гетерозигот отмечается только легкая форма болезни. Акаталазия — рецессивный признак с неполным доминированием. Муж болен талассемией в легкой форме, а у его жены мать больна акаталазией. У них родился ребенок с фенилкетонурией. Какова вероятность рождения в этой семье полностью здоровых детей и детей, больных талассемией в легкой форме и акаталазией в легкой форме?

Задача 9. У кур серый цвет доминирует над белым, а полосатая окраска — над сплошной, но этот ген сцеплен с X-хромосомой. В F_1 получено: 50% самок и 50% самцов имеют серый цвет, не полосатых птиц было примерно $1/4$ часть от всего потомства, причем все петушки были с полосатой окраской. Сколько в F_1 было серых полосатых петушков и таких же курочек, если всего в потомстве было 810 птиц?

Задача 10. При скрещивании желтых мышей между собой 25% эмбрионов гибнет, 25% имеют серый цвет шерсти, остальные — желтые. Нормальный тип шерсти определяется доминантным аутосомным геном (рецессивный признак — длинная шерсть). Какое потомство можно ожидать при скрещивании двух дигетерозигот по этим генам?

Задача 11. Ретинобластома — доминантный аутосомный признак с пенетрантностью 60%. Отосклероз наследуется по тому же типу, но его пенетрантность равняется 30%. Больные ретинобластомой родители имеют нормального сына. Кроме того, мать больна и отосклерозом. Какова вероятность рождения дочерей, больных двумя болезнями, если известно, что матери этих родителей были нормальными по ретинобластоме?

Задача 12. У льна голубая окраска определяется аутосомным геном (причем его доминантным аллелем), а розовая — рецессивным аллелем. Но проявление этого признака зависит от другого аутосомного гена, при этом доминантный аллель определяет окрашенный венчик, а рецессивный — неокрашенный. Сколько при скрещивании двух дигетерозигот в F_1 будет растений с розовым венчиком, если всего получено 7340 растений?

Задача 13. У кроликов пятнистая шерсть доминирует над сплошной, а нормальная шерсть — над ангорской; причем оба гена находятся в одной аутосоме. В F_1 получено 134 пятнистых нормальных кролика, 21 ангорский пятнистый, 23 нормальных сплошных и 140 ангорских сплошных. Каковы генотипы родителей этих животных, и каково расстояние между указанными генами в данном опыте?

Задача 14. Подагра определяется доминантным аутосомным геном, но у женщин его пенетрантность составляет 0%, а у мужчин — 20%. Определите генетическую структуру популяции, если среди 10 000 жителей подагру имеют примерно 190 человек.

Задача 15. Ген состоит из 3 одинаковых смысловых и 4 одинаковых бессмысловых участков, причем интроны состоят из 120 нуклеотидов каждый, а весь ген

имеет 1470 нуклеотидов. Сколько кодонов будет иметь про-мРНК, каждый экзон, мРНК? Сколько аминокислот будет иметь белок, закодированный в этом гене?

Третий уровень. Способствует развитию элементов творческого, эвристического мышления, так как для получения адекватного ответа на подобные генетические задачи требуются неординарный взгляд на алгоритм их решения, неожиданные, скрытые приемы, т.е. подобные задачи не являются типичными (как на втором уровне сложности), их нередко называют *"олимпиадными"*. Такие задачи можно найти в пособии "Почти 200 задач по генетике" [3], их часто применяют на Соросовских и других олимпиадах по биологии.

Генетические задачи этого уровня сложности требуют от учащихся для своего правильного решения различных эвристических подходов: или нахождения неожиданных, нетривиальных "ходов" в алгоритме решения, или нетрадиционного взгляда на суть задачи, или умения избежать логических "ловушек" в условиях задачи, или умения рассуждать, оперировать генетическими понятиями и феноменами и т.п. Причем очень часто в генетических задачах третьего и четвертого уровней сложности вводятся фантастические персонажи типа знаменитого Кифы Мокиевича или бракозавров [3] с целью моделирования необходимой генетической проблемной ситуации. В качестве примеров подобных задач можно привести следующие.

Задача 16. Аня и Ася — монозиготные сестры, Ваня и Вася — монозиготные братья, но дети других родителей. Они пережились, и в каждой семье родились сыновья. Будут ли эти мальчики похожи как монозиготные близнецы?

Задача 17. На пустынный остров попало гетерозиготное по одному гену зернышко некоего растения, размножающееся самоопылением. Оно дало начало популяции этих растений. Какова будет доля гетерозигот в первом, втором, третьем, ..., n -ом поколении? Как изменится ответ, если бы на остров попало два гетерозиготных зернышка растений, размножающихся перекрестно и давших начало панмиктической популяции?

Задача 18. Определенная болезнь в одной панмиктической популяции некоторых животных встречается в 36 случаях (всего особей в популяции — 300). Какое количество гетерозигот в данной популяции, если указанная болезнь определяется рецессивным аутосомным геном, причем его пенетрантность у мужского пола составляет 20%, а у женского — 40%?

Задача 19. В сказочном городе Небывалино генетик-алхимик Авоськин-Задунайский скрестил 2 породы барабашек, различающихся по цвету крыльев и глаз. Кстати, все законы генетики в Небывалино были открыты задолго до XX века. Ученый изучил беременных барабашек методом УЗИ и выявил у них 163 эмбриона, однако в F_1 он получил только 21 самца с розовыми крыльями и голубыми глазами, по 11 барабашек женского пола с зелеными крыльями и с синими и голубыми глазами, столько же "мужчин" с голубыми глазами и зелеными крыльями и по 19 самок с синими и голубыми глазами и розовыми крыльями. Как наследуются указанные признаки? Сколько в F_1 было гомозиготных и гетерозиготных особей? Какой процент гибели потомства будет при скрещивании тех же барабашек, если гены были бы сцеплены на расстоянии 10 морганид: 1) в аутосоме; 2) в X-хромосоме; 3) в Y-хромосоме?

Задача 20. После действия некоего мутагенного фактора исследуемый пентапептид (серин-пролин-гистидин-треонин-аланин) имеет следующую структуру: тирозин-аспарагин-аспарагин-аспарагин-аспарагиновая кислота). Какие наблюдаются изменения в ДНК, которая кодирует указанный пентапептид?

Задача 21. У кур гены, определяющие форму и цвет гребня, находятся в аутосоме. В F_1 получено: 56 особей с нормальным и красным гребнем (это, кстати, доминантные признаки); 6 — с нормальным кирпичным; 58 — с измененным кирпичным и 8 — с измененным красным гребнем. Каковы генотипы родителей, и какое расстояние между этими генами? Как изменится ответ, если эти гены находились бы на том же расстоянии в X-хромосоме (при условии того, что самки имеют доминантные признаки)? А если они находились бы в Y-хромосоме?

Четвертый уровень. Это т.н. "проблемные" задачи, т.е. такие, в условиях которых ставится та или иная проблема, возможные пути решения которой предстоит предложить учащемуся. При этом представляется широкий выбор творческого подхода к решению задачи, т.е. учащийся заранее не ограничен какими-то рамками, может предлагать, проверять, опровергать или доказывать любые гипотезы, применять различные генетические методы. Зачастую такие генетические задачи не имеют (а часто и не должны иметь!) однозначного решения. Таким образом, в подобных задачах моделируется ситуация, которая очень часто возникает в научных исследованиях (когда необходимо не только получить новые научные знания, но и дать объяснения возможным механизмам каких-либо изменений в объекте исследования). Поэтому генетические задачи четвертого уровня сложности широко применяются для формирования научного типа мышления на биологических олимпиадах, скажем, в МГУ, на Соросовских олимпиадах и пр. По способу и результату решения подобных задач можно делать достаточно объективные выводы о творческих способностях того или иного ученика. Ниже мы остановимся на более подробной характеристике этого типа задач.

Генетические задачи этого уровня по своей сложности и принципам решения весьма похожи на задачи третьего уровня сложности, однако на четвертом уровне необходимо обязательное присутствие в задачах и при их решении элементов творческого подхода, наличие научного мышления, отличающегося умением нахождения принципиально нового знания. Наилучшим способом реализации подобных педагогических целей является, на наш взгляд, решение генетических задач, содержащих проблемные ситуации, на разрешение основных конфликтов которых и должно быть направлено внимание учащихся. Примерами подобных генетических задач могут быть следующие.

Задача 22. Определите, как наследуется пол у некоего вида животных, если в природе по признаку окраски тела встречаются только следующие особи: 1) темные и белые самки (правда, очень редко удается найти полосатых самок, но они бесплодны); 2) темные, белые и полосатые самцы.

Задача 23. Ум у удивительного животного бракозавра определяется одним геном, но фенотипически этот признак проявляется у доминантных гомозигот и лишь у половины гетерозигот. Какое расщепление по фенотипу можно ожидать у пары бракозавров?

Задача 24. Граф Сидор Задунайский — последний представитель рода. Каждый Задунайский вступает в брак, причем все мужчины имеют по два ребенка, а женщины берут фамилию мужа. Какова вероятность того, что фамилия Задунайских сохранится в следующем поколении? Через поколение? Как изменится ответ, если у Задунайских рождалось бы по три ребенка?

Задача 25. Аллель **A** у бракозавров регулирует синтез фермента, превращающего зеленое вещество (определяющее цвет тела) в желтое. Аллель **B** кодирует фермент, трансформирующий это желтое вещество в коричневое. Рecessивные аллели **a** и **b** соответствуют неактивным формам ферментов. Укажите все возмож-

ные варианты окраски для различных сочетаний этих локусов. Охарактеризуйте фенотипы первого и второго поколений при скрещивании **Aabb** × **aaBB**.

Задача 26. Два гена взаимодействуют так, что в менделевских опытах расщепление во втором поколении — 12 : 3 : 1. Как изменится это расщепление, если хромосомы удвоятся и у организмов будет по 4 гомологичных хромосомы? Ответьте на тот же вопрос для расщепление 9 : 7.

Задача 27. Тело дрозофил серое, однако, если добавлять в корм личинок соли серебра, оно становится желтым. Но описана и рецессивная мутация, также вызывающая желтый цвет мух. В Вашу лабораторию залетела желтая муха. Как можно выяснить, это — результат мутации или отклонений в кормлении? Какие мухи Вам понадобятся для скрещивания, чтобы подтвердить Вашу гипотезу?

Таким образом, в настоящее время генетика располагает большим набором генетических задач, которые позволяют эффективно реализовывать различные цели педагогического процесса за счет применения генетических задач разного уровня сложности.

К сожалению, учебно-методическая литература по решению генетических задач большими тиражами не издавалась (можно привести широко известное подобное пособие Н.В. Хелевина и др. [4], которое давно стало библиографической редкостью). Во многих генетических задачниках не приводятся подробные принципы решения генетических задач, сами задачи "кочуют" из одного пособия в другое, процесс решения описывается лишь в минимальном числе случаев. Поэтому автором данной статьи была предпринята попытка издания генетического задачника [5], который был бы обучающим, развивающим, в котором были бы представлены необходимые теоретические сведения по генетике, а также алгоритм решения генетических задач, разбирались бы типичные ошибки и пр. Так как указанный задачник был ориентирован на абитуриентов и школьников, в нем были представлены генетические задачи первого и второго уровней сложности. Главной задачей данного издания ставилась цель написать такое пособие, которое могло бы действительно научить решению генетических задач, даже без непосредственного общения с учителем или преподавателем вуза.

С момента его издания (1998 год) прошло уже довольно много времени. Общение с учителями биологии, преподавателями вузов, студентами и школьниками убедило автора в том, что книга удалась, что называется, состоялась. Однако жизнь не стоит на месте, данный задачник давно стал библиографической редкостью, кроме того, он не лишен известных недочетов и досадных упущений. Появилась настоятельная потребность в его переиздании. Естественно, второе издание задачника должно быть исправленным, дополненным и переработанным. Необходимо существенно расширить ряд тем: отклонения от законов Менделя, сцепленное наследование, популяционная генетика, анализ родословных, молекулярная генетика. Стоит подумать о введении раздела "Задачи повышенной трудности". Возможно, необходимо ввести раздел "Творческие задания по генетике", может быть, "раскрыть" при этом некие секреты составления генетических задач (здесь тоже есть свой алгоритм!), чтобы учителя, студенты или школьники могли сами попытаться составить генетическую задачу по любому приведенному разделу генетики.

В последнее время во многих странах, в том числе и в Российской Федерации, расширяется сеть т.н. "дистанционного" обучения, т.е. через сеть Internet. У автора указанного задачника неоднозначное отношение к такому типу образования, все-таки, как говорится, *"ни один самый хороший учебник не заменит самого"*

плохого преподавателя”. Непосредственное общение с учеником или студентом, личностно окрашенный и эмоциональный контакт двух участников педагогического процесса является, на наш взгляд, необходимым условием не только процесса обучения, но и процесса воспитания. Как нам кажется, в случае, если обучающийся будет необходимую информацию только “скачивать” с компьютера, у него изменится поведение, психологические установки, манера общения и т.д., и этому, к сожалению, уже есть немало горьких примеров (наркологическая зависимость от сети Internet). Если же дистанционное обучение будет лишь одной (и то не самой главной!) составляющей всего образовательного процесса, то данный задачник по генетике в электронном виде будет весьма выигрышно смотреться, т.к., повторим, главная его сверхзадача — попытаться научить решению генетических задач только посредством этого задачника.

Другой аспект рассмотрения перспектив переиздания данного задачника — издание его электронной версии на CD-диске. В Самарском государственном университете этой проблеме уделяется большое внимание, к примеру, создан и распространяется по регионам электронный учебник по органической химии. Издана в помощь тем преподавателям, которые захотят создать электронные мультимедийные версии своих учебных пособий, соответствующая методическая литература [6,7].

В чем видится преимущество подобного типа учебников? Главным преимуществом мультимедийного учебника перед учебником на бумажном носителе является его интерактивность [7]: пользователь имеет возможность получить быстрый и наглядный ответ на интересующий его вопрос (такая возможность предоставляется механизмом гипертекста). Гипертекст позволяет пользователю переходить от темы к теме, быстро возвращаться к неясным вопросам, вспоминать забытые законы или определения, получать доступ к внешним документам и программам, использовать графику, анимацию, звук, видео и другие возможности мультимедиа. Сочетание гипертекста со средствами мультимедиа получило название гипермедиа [7]. Средства гипермедиа позволяют активизировать в комплексе зрительную, звуковую, логическую и образную память; инициировать активность учащегося; организовать живую взаимосвязь между изучаемыми темами; включить самоконтроль; представить электронный учебник как посредник между преподавателем и учащимися. Немаловажно и то, что применение различных живых картинок, видеофильмов, музыкальных заставок и т.п. способствует появлению у обучающегося необходимого эмоционального настроя, который будет усвоению учебного материала в наибольшей степени.

Все эти отмеченные преимущества мультимедийных учебников выглядят довольно заманчиво (к примеру, можно легко поместить или картинку, или видеофильм о тех или иных наследственных болезнях, про которые идет речь в данной задаче, причем размещение подобного иллюстративного материала будет “скрытым” — он будет появляться только при нажатии курсора на соответствующий символ на экране).

Однако того преподавателя, который попытается создать подобный учебник, ждут очень большие трудности. Необходимо достаточно хорошо разбираться в компьютерных программах. А не просто быть хорошим пользователем (ведь без конца к специалистам не набегаешься!). Кроме того, необходимо уделить много внимания, сил и времени для качественного подбора иллюстративного материала для учебника. Опыт показывает, что создать хороший CD-учебник — задача, на несколько порядков более трудная, чем издание учебника на бумажном носи-

теле. Таким образом, в настоящее время имеется немало возможностей для совершенствования и издания хорошей, добротной учебно-методической литературы по любым научным дисциплинам, в том числе и по решению генетических задач.

Литература

- [1] Пономарев Я.А. Психология творчества. М.: Просвещение, 1976. 243 с.
- [2] Дружинин В.Н. Психология общих способностей. СПб: Питер, 1999. 368 с.
- [3] Хелевин Н.В., Лобанов А.М., Колесова О.Ф. Задачник по общей и медицинской генетике. М.: Медицина, 1984. 159 с.
- [4] Почти 200 задач по генетике. М.: Издательство МГУ, 1992. 120 с.
- [5] Рытов Г.Л. Задачник по генетике для абитуриентов и школьников. Самара: Издательство "Самарский университет", 1998. 132 с.
- [6] Работа с автоматизированным учебным курсом с помощью программы AutoControl (руководство пользователя). Самара: Издательство "Самарский университет", 2002. 15 с.
- [7] Создание мультимедийных учебников в среде HyperMedia (руководства пользователя). Самара: Издательство "Самарский университет", 2002. 18 с.

ON THE GENETIC TASKS WITH DIFFERENT COMPLEXITY LEVEL IN CONNECTION WITH PEDAGOGICAL AIMS³

© 2002 G.L. Rytov⁴

Criteria for different complexity level are discussed for genetic tasks that can be proposed for different pedagogical aims. Ways for creating a new generation genetic textbook of problems are described.

Поступила в редакцию 2/XII/2002;
в окончательном варианте — 16/XII/2002.

³ Communicated by Dr. Sci. (Biology) Prof. V.G. Podkovkin.

⁴ Rytov Gleb L'vovitch, Dept. of Biochemistry, Samara State University, Samara, 443011, Russia.