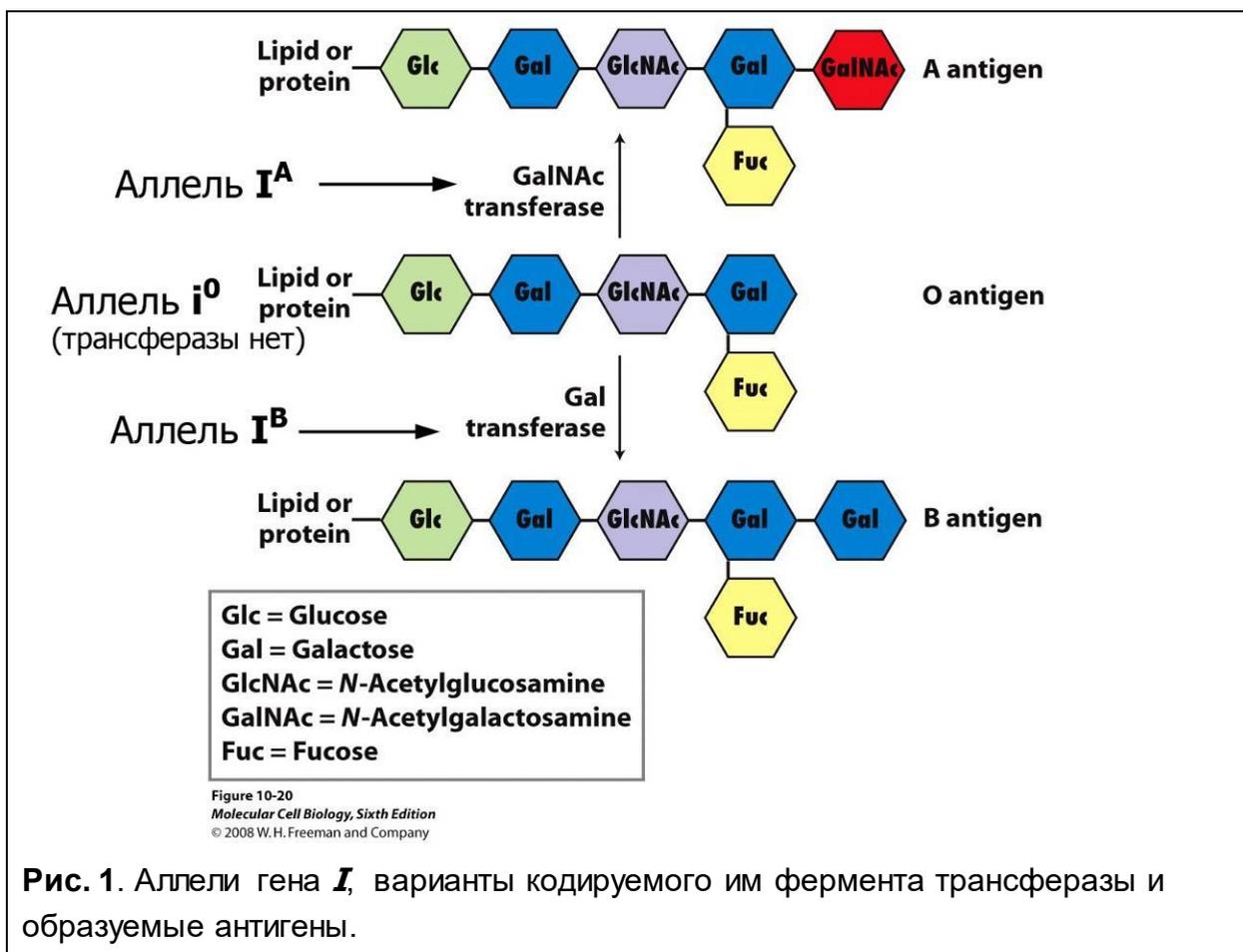


## 10 класс

1. Цветки (21 балл). [Ответ в задании для 7-8 класса.](#)  
(но баллов в 9-10 классах за эту задачу ставилось меньше)
2. Определитель Стрекающих (32 балла). [Ответ в задании для 7-8 класса.](#)
3. Перестановка органов (21 балл). [Ответ в задании для 9 класса](#)
4. Группы крови (34 балла)

Уже на заре развития генетики человека было открыто, что группу крови АВ0 определяет ген **I**. Этот ген кодирует фермент гликозилтрансферазу, «пришивающую» различные (в зависимости от аллеля) углеводы к одному из гликолипидов клеточных мембран. В результате получаются варианты одного гликолипида, которые иммунная система распознает как антиген А или антиген В.

Существует много аллелей этого гена, основные из которых – **I<sup>A</sup>**, **I<sup>B</sup>** и **i<sup>0</sup>**. Нуль-аллель **i<sup>0</sup>** не кодирует активного фермента. Поэтому в этом случае исходный гликолипид остается неизменным и не опознается иммунной системой (это обозначают как антиген 0).



**Рис. 1.** Аллели гена **I**, варианты кодируемого им фермента трансферазы и образуемые антигены.

Развитие молекулярной генетики показало, что на самом деле мутантных вариантов (аллелей) гена **I** намного больше. Так, среди аллелей группы А, кодирующих фермент, создающий антиген А, оказались «сильные» и «слабые». У «слабых»

аллелей мутации затрагивают каталитический центр, что приводит к очень слабой активности фермента.

Наиболее часто среди слабых аллелей встречается аллель  $I^{A2}$ .

Если выраженность реакции агглютинации эритроцитов для антигена **A1** «сильного» аллеля  $I^{A1}$  принять за 100%, то для антигена **A2** аллеля  $I^{A2}$  она менее 40%.

Чтобы распознать антиген **A2**, необходимо применять специальные чувствительные сыворотки. В случае же применения стандартной сыворотки для группы крови А реакция агглютинации выражена очень слабо, что может приводить к ошибочному определению группы крови.

### Задание.

Пусть в популяции есть аллели  $I^{A1}$ ,  $I^{A2}$ ,  $I^B$  и  $I^0$ .

Частоты аллелей:

$I^{A1} - 0,30$	$I^B - 0,25$
$I^{A2} - 0,05$	$I^0 - 0,40$

1. Запишите все возможные генотипы и соответствующие им группы крови, заполнив таблицу в бланке ответов.
2. В третьем столбце таблицы отметьте те генотипы, у которых при определении группы крови может произойти ошибка из-за слабой агглютинации. Укажите, какую группу крови запишут в результате неправильного определения.
3. Подсчитайте частоту встречаемости людей, у которых может произойти такое ошибочное определение (ход расчетов приведите в соответствующей ячейке таблицы).
4. Оцените, может ли у кого-либо развиться реакция агглютинации эритроцитов при переливании крови, если принять, что человеку всегда переливают кровь той же группы, которую изначально определили.

ОТВЕТ на задание «Группы крови»

Вопрос 1		Вопрос 2		Вопрос 3	Вопрос 4
Генотип	Группа крови (0, А, В или АВ)	Может ли произойти ошибка	Какая группа определ. ошибочно	Частота встречаемости такого генотипа	Что будет, если пациенту перельют кровь той группы, которая определена по ошибке
$I^A i^0$	А	да	0	$2 \cdot 0,05 \cdot 0,4 = 0,04$ или 4%	группе А перельют группу 0 → ничего
$I^A I^A$	А	да	0	$0,05^2 = 0,0025$ или 0.25%	группе А перельют группу 0 → ничего
$I^A i^B$	АВ	да	В	$2 \cdot 0,05 \cdot 0,25 = 0,025$ или 2,5%	группе АВ перельют группу В → ничего
$I^A I^A$	А	нет			
$I^A i^0$	А	нет			
$I^A I^A$	А	нет			
$I^A i^B$	АВ	нет			
$I^B I^B$	В	нет			
$I^B i^0$	В	нет			
$i^0 i^0$	0	нет			

**Пояснения к вопросу 3.** Расчет частоты генотипов проводится на основе соотношения Харди-Вайнберга: частота гомозигот равна частоте аллеля в квадрате, а частота гетерозигот –  $2pq$ , где  $p$  и  $q$  – частоты соответствующих аллелей.

**Пояснения к вопросу 4.** В случаях, когда настоящая группа А, а переливаемая – ошибочно определенная 0, эритроциты донора не содержат антигенов. Поэтому, хотя в крови реципиента есть антитела анти-В, агглютинации не будет.

Некоторые справедливо отмечали, что реакция зависит от количества переливаемой крови: плазма донора с группой 0 содержит оба типа антител (анти-А и анти-В), и если такой плазмы попадет к реципиенту много, она может вызвать склеивание его собственных эритроцитов с антигенами А.

Аналогичные рассуждения для случая, когда группе АВ, ошибочно определенной как В, переливают группу В.

**Распространенные ошибки, выявленные при проверке.**

**Вопрос 1.**

Записаны не все генотипы (их 10). Часто встречалось неверное обозначение аллелей, например  $A^1 B$  – это противоречит правилам генетической символики. Некоторые не обратили внимание, что суть задачи – в двух разных аллелях  $I^A$  и написали просто обычные группы крови.

**Вопрос 2.**

Здесь ошибки вытекали из первого вопроса: если были не записаны все генотипы, то были определены и не все ошибочные. Ошибочными будут все генотипы, содержащие аллель  $I^{A^2}$  (в том числе гомозиготы), за исключением генотипа  $I^{A^1} I^{A^2}$ .

**Вопрос 3.**

Самая частая ошибка – отсутствие коэффициента 2 в формуле для числа гетерозигот. Вторая – отсутствие обоснования вычислений.

**Вопрос 4.**

Здесь приветствовалось объяснение причин агглютинации через анализ того, какие антигены и антитела содержатся в данных группах крови (а не просто указания типа «группа 0 – универсальный донор» без объяснения причин).