

Московская олимпиада школьников по генетике, 13.03.2022

Заключительный этап. Теоретический тур.

11 класс.

1. Ответ

1.1. Антиген Н оказывается в свободном виде на мембране эритроцитов, только в случае генотипа H_- и первой группы по системе АВ0. Соответственно, у всех остальных людей на мембране эритроцитов не было бы антигена Н, поэтому были бы в плазме к нему антитела. В плазме от доноров с четвёртой группой были бы антитела к Н и не было бы антител к А и В, поэтому такую плазму можно было бы переливать всем группам крови, кроме первой. **(3 балла)**

1.2. Так как на эритроцитах людей с четвёртой группой крови были бы антигены А и В, такие эритроциты можно переливать только в плазму, не содержащую антител к А и В, то есть только людям с четвёртой группой крови. **(3 балла)**

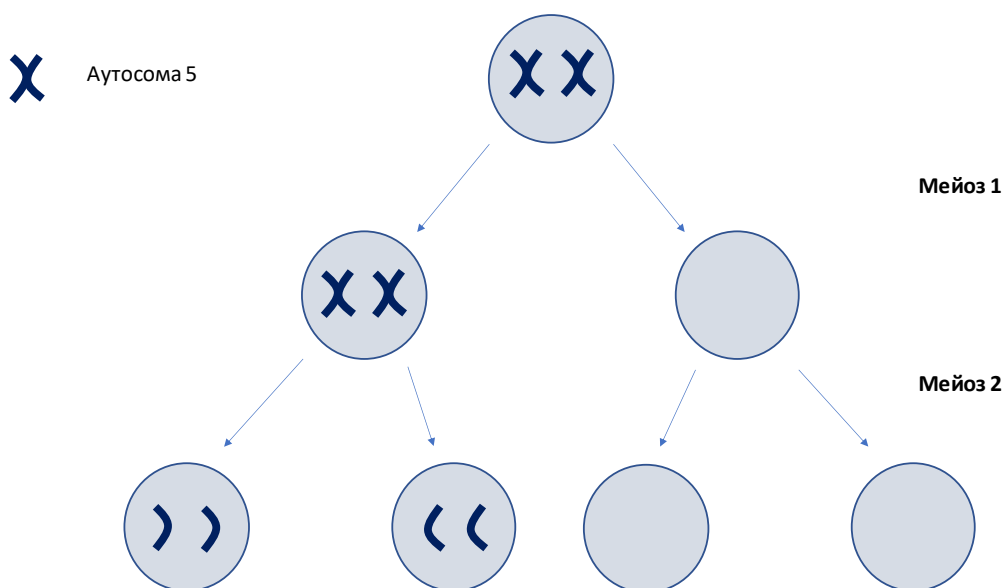
1.3. Половина потомства будет hh , у них не будет никаких антигенов этой системы на эритроцитах, поэтому в плазме будут антитела к А и к В. (1 балл) Среди оставшейся половины потомства будет 25% I^B_- третья группа крови (или 12,5% $I^B I^B + 12,5\% I^B i$), 12,5% четвертая $I^A I^B$, 12,5% $I^A i$ вторая. **(2 балла)**

У второй группы крови антитела к В, у четвертой никаких, у третьей к А. **(1 балл) (10 баллов)**

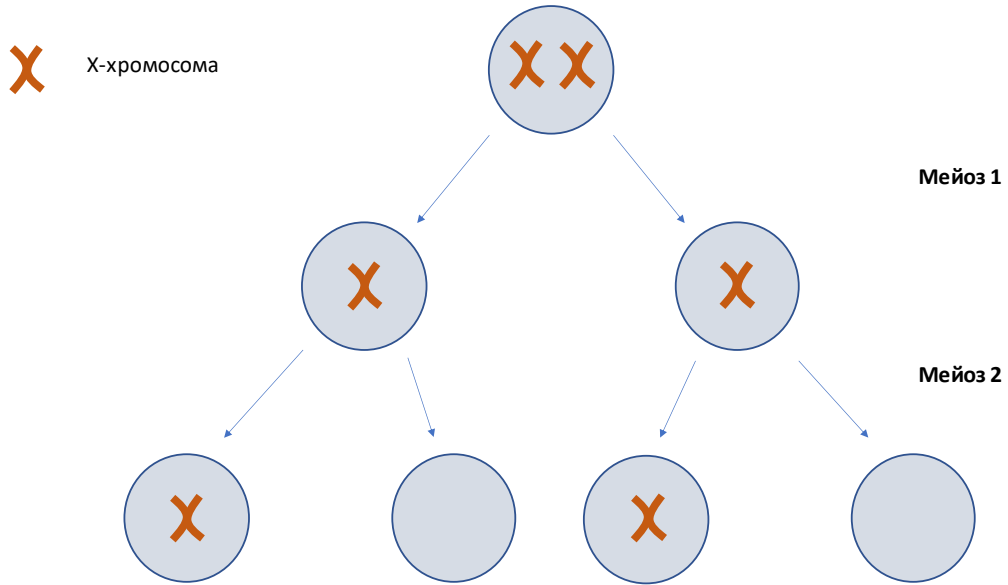
2. Ответ:

По **3 балла** за пункт. Баллы снижались за неверное отображение хромосом/хроматид, не все варианты.

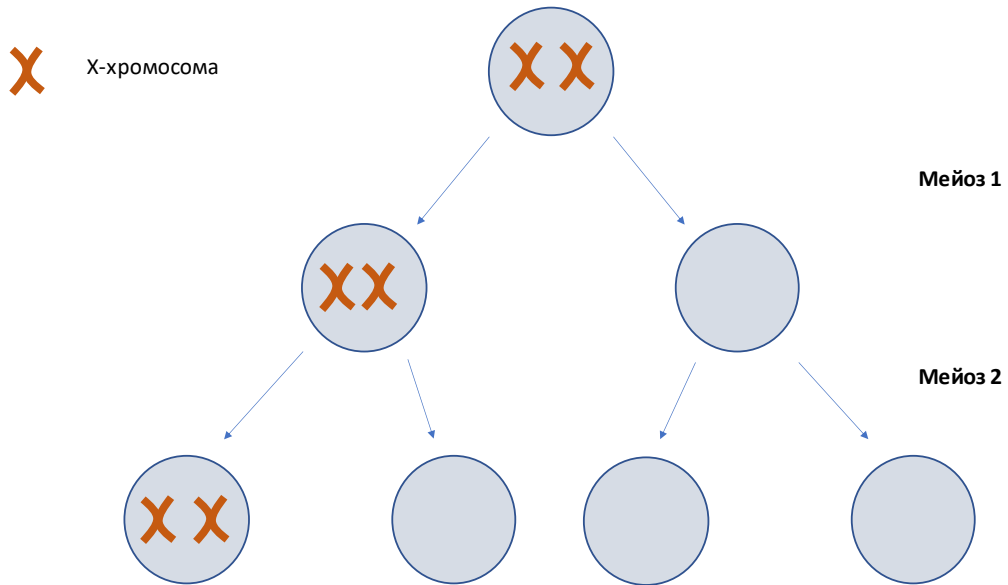
а)



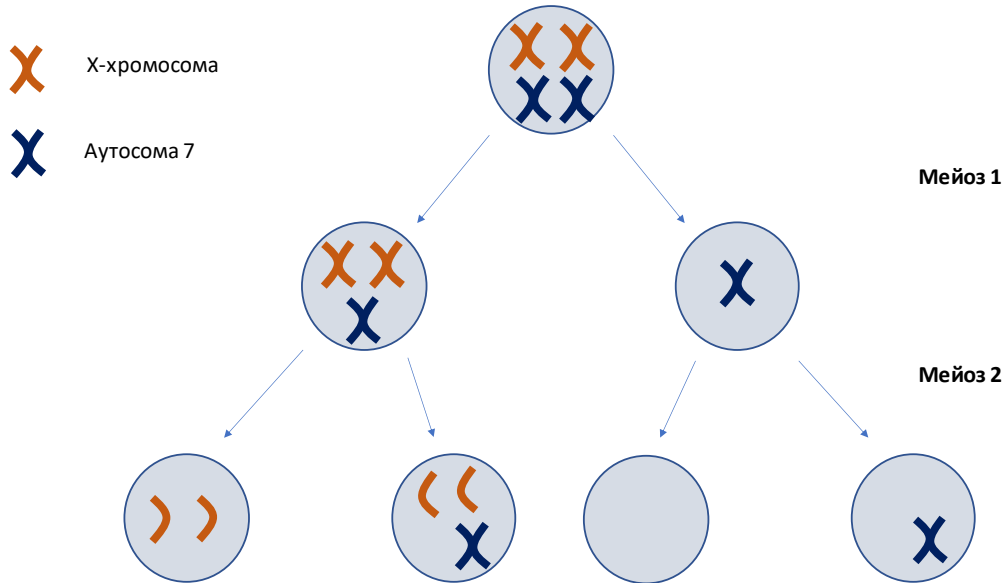
б)



в)



г)



(12 баллов)

3 Ответ:

P:	Reduced	X	Пех			
	444 99		44 999	Хромосомы можно обозначать как угодно, главное, чтобы правильный набор		
G:	449		499	По 0,5 балла за гамету		
	49		49			
	4449		4999			
	-9		-4			

F:						
Вероятности гамет		0,05	0,45	0,45	0,05	
		4449	449	49	-9	
		4444 9999	444 9999	44 9999	4 9999	X - умер
0,05	4999	X	X	SuperIlex	X/SuperIlex	Фенотипы через / - правильным считать любой вариант
		4444 999	444 999	44 999	4 999	За верно указанный фенотип - 0,1 балл
0,45	499	X	X	Ilex	X/Ilex	
		4444 99	444 99	44 99	4 99	За верную вероятность фенотипа - 0,2 балла
0,45	49	SuperReduced	Reduced	Normal	X/Normal	
		4444 9	444 9	44 9	4 9	Если верно указаны все фенотипы с вероятностями, то 5 баллов за них суммарно
0,05	-4	X/SuperReduced	X/Reduced	X/Normal	X/Normal	
		Вероятности генотипов	0,0025			
			0,0225			
			0,2025			

(9 баллов)

4. Ответ

1. Эндосперм триплоидный, поэтому градации окраски очень тёмная (AAA), тёмная (AAa), средняя (Aaa), светлая (aaa). **0,5 балла** за плоидность эндосперма, **0,5 балла** за верное указание четырёх градаций окраски. Если градации окраски как-то по-другому названы или для них не прописаны генотипы или наоборот фенотипы, но всё равно указано, что есть 4 градации окраски от тёмного к светлому, то ставить полный балл.

2а. После мейоза у женского растения в зародышевом мешке будет 8 гаплоидных клеток с генотипом а (**0,5 балла**), центральная клетка образуется путём слияния двух гаплоидных клеток, так что её генотип будет aa (**0,5 балла**). Мужские гаметы будут с генотипом А (**0,5 балла**). После оплодотворения спермием центральной клетки получатся клетки эндосперма с генотипом Aaa. Всего **1,5 балла**.

2б. После мейоза у женского растения в зародышевом мешке будет 8 гаплоидных клеток с генотипом А (**0,5 балла**), центральная клетка образуется путём слияния двух гаплоидных клеток, так что её генотип будет АА (**0,5 балла**). Мужские гаметы будут с генотипом а (**0,5 балла**). После оплодотворения спермием центральной клетки получатся клетки эндосперма с генотипом ААа. Всего **1,5 балла**.

2в. После мейоза у женского растения (Aa) в зародышевом мешке будет 8 гаплоидных клеток, половина с генотипом а, половина с генотипом А (**1 балл за расщепление**). Центральная клетка образуется путём слияния двух гаплоидных клеток, так что её генотип с вероятностью 3/14 будет aa, с вероятностью 3/14 - АА, с вероятностью 8/14 - Аа (**2,5 балла**)

за расщепление). Мужские гаметы будут с генотипом а (**0,5 балла**). После оплодотворения спермием центральной клетки получатся клетки эндосперма с генотипом ААа с вероятностью 3/14, с генотипом Ааа с вероятностью 8/14, с генотипом ааа с вероятностью 3/14. Всего **4 балла**.

2г. После мейоза у женского растения в зародышевом мешке будет 8 гаплоидных клеток с генотипом А (**0,5 балла**), центральная клетка образуется путём слияния двух гаплоидных клеток, так что её генотип будет АА (**0,5 балла**). Мужские гаметы будут с генотипом а с вероятностью 1/2 и с генотипом А с вероятностью 1/2 (**1 балл за расщепление по мужским гаметам**). После оплодотворения спермием центральной клетки получатся клетки эндосперма с генотипом ААА с вероятностью 1/2 и с генотипом ААа с вероятностью 1/2. Всего **2 балла**.

Если в пунктах 2а-2г решение приведено не особо подробно, но есть логика прихождения к верному ответу, ставить полный балл. Если есть какие-то элементы решения, то ставить частичные баллы, как написано в решении.

(10 баллов)

5. Ответ:

1.

1) P:	A1A1	X	A2A2	2) P:	A3A3	X	A4A4
	axyridis		conspicua		spectabilis		succinea
F:	A1A2		1 балл	F:	A3A4		1 балл
	conspicua				spectabilis		
3) P:	A1A2	X	A3A4	2 балла			
	conspicua		spectabilis				
F:	1 A1A3	:	1 A2A3	:	1 A2A4	:	1 A1A4
	spectabilis		conspicua		conspicua		axyridis

2. Нельзя, так как фенотип succinea проявляется только в рецессивной гомозиготе А4А4 (**1 балл**)

3.

a) P:	A1A2	X	A1A2		
	conspicua		conspicua		
F:	1 A1A1	:	2 A1A2	:	1 A2A2
	axyridis		conspicua		conspicua
	3 conspicua	:	1 axyridis		1,5 балла

б)	P:	A3A4	X	A3A4			
		spectabilis		spectabilis			
	F:	1 A3A3	:	2 A3A4	:	1 A4A4	
		spectabilis		spectabilis		succinea	
		3 spectabilis	:	1 succinea			1,5 балла
в)	P:	A1A4	X	A1A2			
		axyridis		conspicua			
	F:	1 A1A1	:	1 A1A2	:	1 A1A4	: 1 A2A4
		axyridis		conspicua		axyridis	conspicua
		2 conspicua	:	2 axyridis		или 1:1	1,5 балла
г)	P:	A1A4	X	A3A4			
		axyridis		spectabilis			
	F:	1 A1A3	:	1 A1A4	:	1 A3A4	: 1 A4A4
		spectabilis		axyridis		spectabilis	succinea
		1 axyridis	:	2 spectabilis	:	1 succinea	1,5 балла

Если в подпункте пункта 3 верно прописано скрещивание и указано расщепление по генотипу, но сделана ошибка в расщепление по фенотипу, ставить 1 балл вместо 1,5.

(11 баллов)

б. Ответ:

Так как расщепление в анализирующем скрещивании не 1:1:1:1, то гены наследуются сцепленно. **1,5 балла**

Процент кроссоверных гамет = расстояние между генами = 44%. **1,5 балла**

Если дигетерозиготы получены от скрещивания чистых линий AABV и aabb, то гены сцеплены в цис-положении (доминантный аллель с доминантным, рецессивный с рецессивным: A с B, a с b). **1,5 балла**

Потомство AAbb может получиться только при слиянии двух гамет Ab. **1,5 балла**

Гамета Ab для каждой дигетерозиготы кроссоверная, поэтому вероятность её образования 0,22. **1,5 балла**

Тогда доля особей AAbb = 0,22*0,22=0,0484=4,84%. **1,5 балла**

Если какие-то из стадий решения пропущены, но при этом видно, что участник их подразумевал, то ставятся за них баллы тоже.

(9 баллов)

7. Ответ

7.1. Нонасахарид D имеет два разветвления: у второго и третьего остатков исходного олигосахарида. Это возможно только в том случае, если у обнаруженной расы фитофторы есть как фермент **B**, так и фермент **F**. В её генотипе должны присутствовать хотя бы один аллель **B** и хотя бы один аллель **F**. Таким образом, возможно 4 варианта генотипов (1 балл)

(1) **BB FF**; (2) **Bb FF**; (3) **BB Ff**; (4) **Bb Ff**.

7.2. «Карман» рецептора **R^B** помещает цепочку исходного олигосахарида с боковым ответвлением у второго остатка, а «карман» рецептора **R^F** – цепочку исходного олигосахарида с боковым ответвлением у третьего остатка. У **нонасахарида D** есть две близко расположенных боковых цепочки: у второго и третьего остатка. Ни один из рецепторов не сможет поместить в «кармане» сразу две боковые цепочки. Поэтому рецептору **R^B** будет мешать красная боковая цепочка **нонасахарида D**, а рецептору **R^F** – синяя боковая цепочка **нонасахарида D**.

Таким образом, ни один из рецепторов не сможет взаимодействовать с **нонасахаридом D**. (1 балл)

7.3. Логично предположить, что у одной из родительских рас фитофторы есть фермент **B** (он приведёт к образованию гептасахарида **B**), но нет фермента **F**, а у другой – есть фермент **F**, который синтезирует гептасахарид **F**, но нет фермента **B**. Поскольку известно, что обе расы гомозиготны, можно предложить следующие генотипы родительских рас:

BB ff – для расы с гептасахаридом **B** (0,5 балла),

bb FF – для расы с гептасахаридом **F** (0,5 балла).

Потомки (споры) первого поколения будут дигетерозиготами: **Bb Ff** (0,5 балла).

7.4. Дигетерозиготы **Bb Ff** имеют как фермент **B**, так и фермент **F**. Это означает, что у них будет синтезироваться **нонасахарид D**, но, кроме того, все промежуточные продукты биосинтеза (см. пункт 8.1 задачи), а именно: гептасахарид **B**, гептасахарид **F** и пентасахарид **A**. Таким образом, гибридные споры первого поколения будут синтезировать все возможные олигосахариды, которые будут восприниматься либо рецептором **B**, либо рецептором **F**. Это означает, что в любом случае будет развиваться. (2 балла)

Единственный возможный вариант, когда гибридные споры смогут успешно инфицировать растение – это генотип **rr** (без рецепторов), но он не рассматривается в этой части задачи.

7.5. В условии сказано, что гены **B** и **F** расположены на разных хромосомах. Это означает, что они наследуются независимо, и во втором поколении должно наблюдаться расщепление, типичное для менделевского дигибридного скрещивания. В решётке Пеннета сиреневым цветом отмечены генотипы, у которых имеются все возможные олигосахариды (**F, B, D** и **F**); красным – с олигосахаридами **A** и **B**, синим – с олигосахаридами **A** и **F**, и зелёным – только с исходным олигосахаридом **A**.

	<i>BF</i>	<i>Bf</i>	<i>bF</i>	<i>bf</i>
<i>BF</i>	<i>BB FF</i> Олигосахариды: А, В, F, D	<i>BB Ff</i> Олигосахариды: А, В, F, D	<i>Bb FF</i> Олигосахариды: А, В, F, D	<i>Bb Ff</i> Олигосахариды: А, В, F, D
<i>Bf</i>	<i>BB Ff</i> Олигосахариды: А, В, F, D	<i>BB ff</i> Олигосахариды: А, В	<i>Bb Ff</i> Олигосахариды: А, В, F, D	<i>Bb ff</i> Олигосахариды: А, В
<i>bF</i>	<i>Bb FF</i> Олигосахариды: А, В, F, D	<i>Bb Ff</i> Олигосахариды: А, В, F, D	<i>bb FF</i> Олигосахариды: А, F	<i>bb Ff</i> Олигосахариды: А, F
<i>bf</i>	<i>Bb Ff</i> Олигосахариды: А, В, F, D	<i>Bb ff</i> Олигосахариды: А, В	<i>bb Ff</i> Олигосахариды: А, F	<i>bb ff</i> Олигосахарид А

3 балл (2 балла за решетку, 1 балл за правильные олигосахариды)

7.6. Растения с генотипом **$R^B R^B$** смогут успешно инфицировать только те споры, у которых нет **гептасахарид В**. Они сосредоточены в нижнем правом углу решётки Пеннета с генотипами ***bb FF***, ***bb Ff*** и ***bb ff*** (синий и зелёный цвет) (**1 балл**). Это $\frac{1}{4}$ (или 25%) от всех спор. Они синтезируют либо только исходный **пентасахарид А**, либо **гептасахарид F** в дополнение к **А** (**0,5 балла**).

Растения с генотипом **$R^F R^F$** смогут успешно инфицировать только те споры, у которых нет **гептасахарид F**. Это красные и зелёные ячейки решётки Пеннета с генотипами ***BB ff***, ***Bb ff*** и ***bb ff*** (**1 балл**). Это также $\frac{1}{4}$ (или 25%) от всех спор. Они синтезируют либо только исходный **пентасахарид А**, либо, помимо того, ещё и **гептасахарид В** (**0,5 балла**).

Растения с генотипом **$R^B R^F$** смогут успешно инфицировать споры, у которых нет как **гептасахарид В**, так и **гептасахарид F**. Это двойные рецессивные гомозиготы ***bb ff*** (**1 балл**), отмеченные зелёным. Их доля составляет $\frac{1}{16}$ (или 6,25%) от всех спор. Синтезируют только исходные **пентасахарид А** (**0,5 балла**).

7.7. При массовом инфицировании спорами разных генотипов в месте поранения синтезируются все возможные олигосахариды: **А, В, D** и **F**. Клетки растения с генотипом **$R^B R^F$** в силу наличия двух рецепторов будут взаимодействовать с олигосахаридами **В** и **F**, развивая реакцию сверхчувствительности. Инфекция при этом не возникнет. (**2 балла**)

(15 баллов)

8. Ответ:

Триплет	Вероятность появления в эксперименте 3	Вероятность появления в эксперименте 4	Кодируемая аминокислота	
UUU	1/8	125/216	Фенилаланин	не оценивается
UUC	1/8	25/216	Фенилаланин	0,6 балл
UCU	1/8	25/216	Лейцин/Серин*	0,5 балл
UCC	1/8	5/216	Лейцин/Серин*	0,5 балл
CUU	1/8	25/216	Серин/Лейцин*	0,5 балл
CUC	1/8	5/216	Серин/Лейцин*	0,5 балл
CCU	1/8	5/216	Пролин	0,6 балл
CCC	1/8	1/216	Пролин	не оценивается
	по 0,2 за ячейку этого столбца	по 0,4 за ячейку этого столбца		

*Если указано, что UCU лейцин, то UCC тоже должен быть лейцином, либо оба должны быть серином, такая же логика применяется к кодонам CUU и CUC
(8 баллов)

9. Размеченная по одной рестриктазе последовательность – **2 балла**.

Размеченная по двум рестриктазам последовательность – **4 балла**.

Общая последовательность с пояснениями – **8 баллов**.

(8 баллов)

10. Ответ:

№ локуса	Частота аллеля					Гетерозиготность		П	СП
	1	2	3	4	5	Н _{набл}	Н _{ожид}		
1	0,972	0,028				0,058		-	
2	0,121	0,022	0,857			0,224	0,25	+	
3	0,130	0,370	0,430	0,070		0,724	0,656	+	+
4	0,134	0,843	0,023			0,282	0,271	+	+
5	0,008	0,014	0,953	0,025		0,040		-	
6	0,342	0,074	0,267	0,207	0,110	0,795	0,751	+	+
7	0,012	0,974	0,014			0,049		-	
8	0,023	0,623	0,354			0,497	0,486	+	+
9	0,398	0,602				0,478	0,479	+	
10	0,270	0,730				0,416	0,394	+	+
11	0,478	0,522				0,500	0,499	+	+
12	0,023	0,007	0,006	0,003	0,961	0,078		-	
13	0,756	0,134	0,110			0,391	0,398	+	
14	0,167	0,833				0,281	0,278	+	+

10.1. Если критерий полиморфности равен 0,95, то полиморфными являются 10 локусов (отмечены + в колонке П). Полиморфизм равен $P=10/20=0,5$. **(2 балла)**

10.2. $H_{\text{набл.ср.}} = \sum H_{\text{набл.}} / 20 = 0,24062$ **(1 балл)**. $H_{\text{набл.ср.п.}} = \sum H_{\text{набл.п.}} / 10 = 0,45878$ **(1 балл)**

10.3. Подсчитанная ожидаемая гетерозиготность по полиморфным локусам в таблице в колонке $H_{\text{ожид}}$ **(2 балла)**. При сравнении ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности находим локусы с отбором в пользу гетерозигот (+ в колонке СП) **(2 балла)**.

(8 баллов)