

11 класс	1-й этап	<b>Открытый региональный конкурс «Санкт-Петербургская Медико-биологическая олимпиада школьников» Санкт-Петербург, 2016</b>	Шифр
-------------	-------------	--	------

**5. ЗАПОЛНИТЕ ТАБЛИЦУ (с указанием единиц измерения)**

*max = 20 баллов*

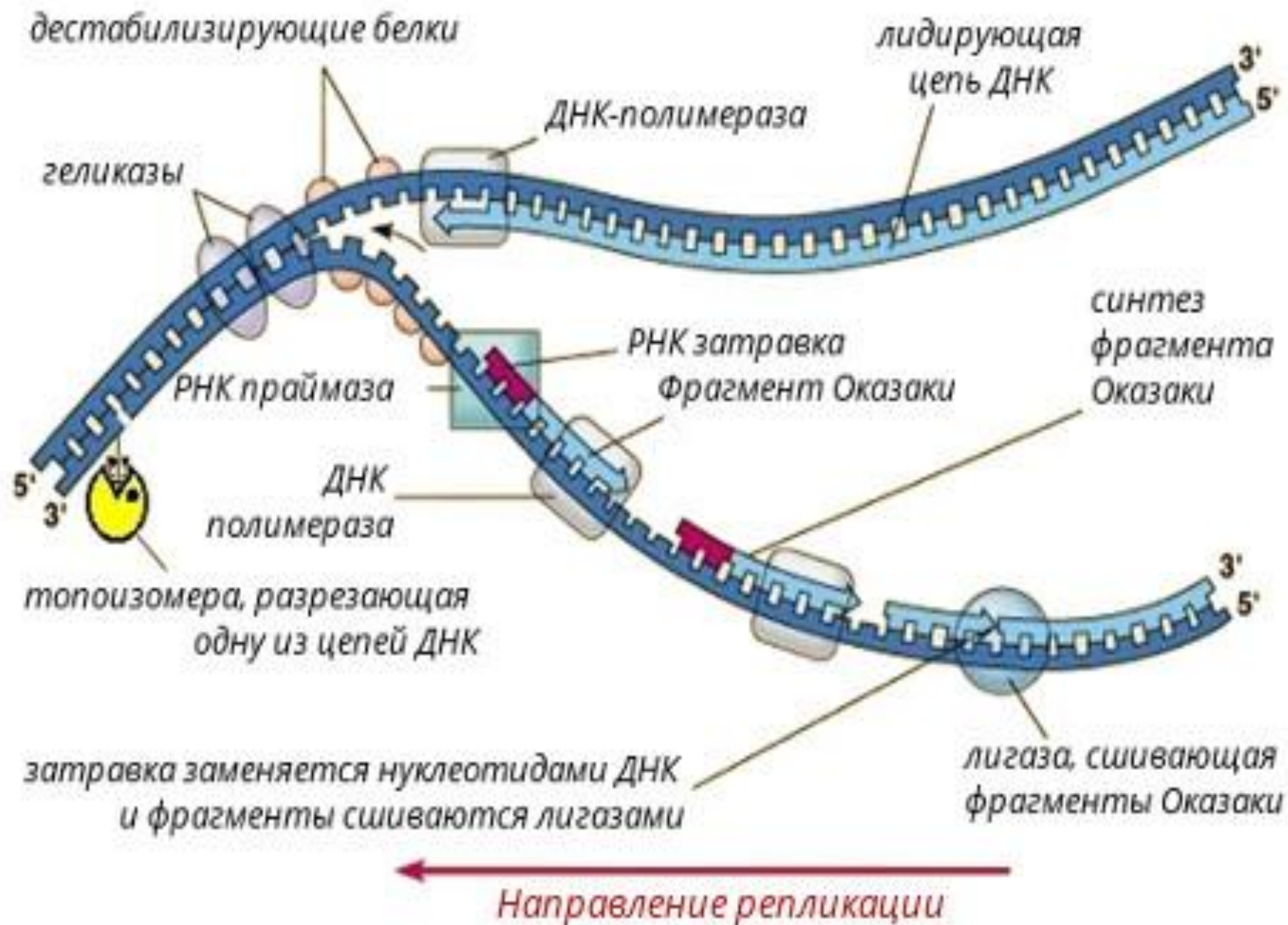
1. Возраст полового созревания		6. Количество суставов, формируемых лопаткой	шт.
2. Диапазон частот слышимого звука		7. Концентрация спирта в антисептическом растворе	%
3. Длительность систолы желудочков		8. Число молекул O <sub>2</sub> в составе оксигемоглобина	шт.
4. Концентрация сахара в моче	%	9. Число разных триплетов нуклеотидов, кодирующих аминокислоты	шт.
5. Частота сокращений диафрагмы		10. Энергетический выход гликолиза	

1. Возраст полового созревания	10-17 лет	6. Количество суставов, формируемых лопаткой	2 шт.
2. Диапазон частот слышимого звука	20-20000Гц	7. Концентрация спирта в антисептическом растворе	70-97%
3. Длительность систолы желудочков	0,3 с	8. Число молекул O <sub>2</sub> в составе оксигемоглобина	1-4 шт.
4. Концентрация сахара в моче	0%	9. Число разных триплетов нуклеотидов, кодирующих аминокислоты	61 шт.
5. Частота сокращений диафрагмы	12-20 в мин	10. Энергетический выход гликолиза	2 АТФ

## 6. РЕШИТЕ ЗАДАЧУ

*max = 15 баллов*

Суммарная длина всех молекул ДНК в ядре клетки составляет 3.312 млрд. пар нуклеотидов. Скорость репликации ДНК у человека составляет 200 пар нуклеотидов в секунду. Сколько времени займет удвоение ДНК в клетке, если предположить, что каждая молекула ДНК реплицируется из одной точки роста? Сколько точек роста в среднем приходится на одну молекулу ДНК, если известно, что в быстро делящихся клетках человека репликация осуществляется за 6 часов?



### Ферменты репликации ДНК

## Решение.

1)  $3.312.000.000/200 = 16.560.000$  сек

2) у человека 46 хромосом = 46 молекул ДНК в ядре

3)  $16.560.000/46$  хромосом =  $360.000$  сек/ $3600 = 100$  часов – из одной точки

4)  $100$  часов/ $6$  часов = **16.7** точек роста

- Пусть **ОДНОВРЕМЕННО** в одной репликационной вилке каждой из 46 хромосом кариотипа происходит репликация.
- $200 \text{ пар/сек} * 46 = 9200$  (одновременно реплицируются в 1 сек пар нуклеотидов)
- $3312000000 \text{ пар} : 9200 \text{ пар/сек} = 360000$  (сек)
- $1 \text{ч} = 3600 \text{ сек}$  Переводим в часы!
- $360\ 000 : 3600 = 100$  (часов)

**Из 3000 клеток – предшественников сперматозоидов (сперматоциты I порядка, сперматоциты II порядка, сперматиды, сперматогонии?) в процессе мейоза кроссинговер наблюдался в 150 исходных клетках. Какой процент (и какое количество клеток) кроссоверных гамет дает организм с генотипом:**

AB

ав

?

**Сперматоциты первого порядка  
Кроссинговер в 150 исходных клетках из  
3000. Определяем % кроссинговера**

**100% - 3000      $X = 15000/3000 = 5\%$**

**X% - 150**

**Гаметы (12000):**

**некроссоверные  
(родительские)**

**95%**

**(AB) 47,5%     5700**

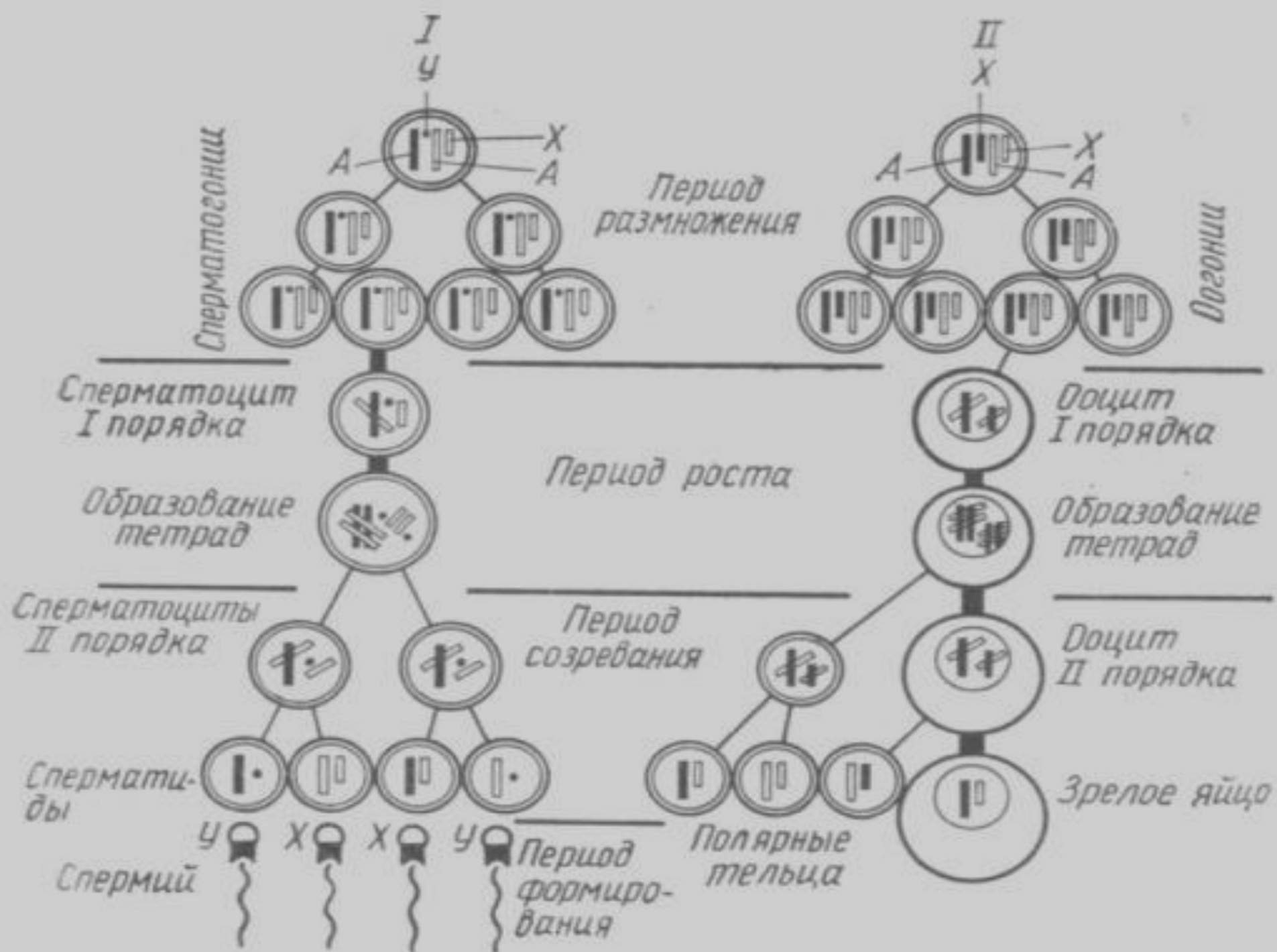
**(ab) 47,5%     5700**

**кроссоверные  
5%**

**(Ab) 2,5%     300**

**(aB) 2,5%     300**





# Гаметогенез - развитие половых клеток

период

размножение  
(митоз)

рост  
(интерфаза)

созревание  
(мейоз)

1. профаза
2. метафаза
3. анафаза
4. телофаза

сперматогенез

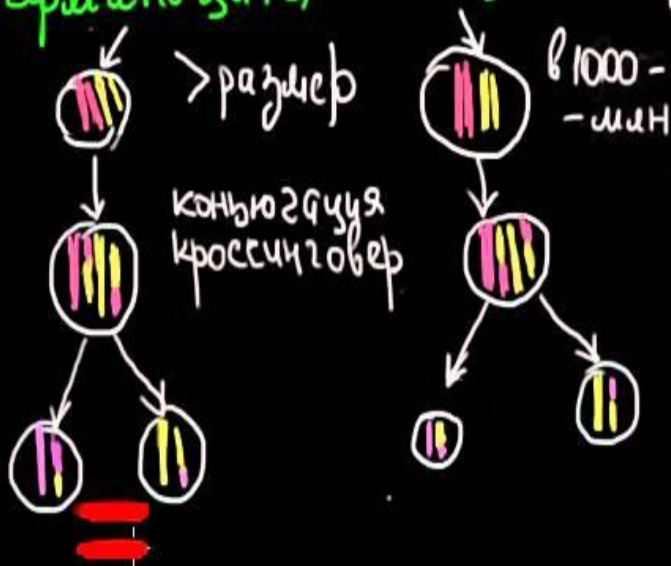
оогенез

число хромосом  
и ДНК

$2n$   $2c$

(идёт интенсивно во внутри-утробном периоде)

сперматозиты - овоциты



$2n$   $4c$

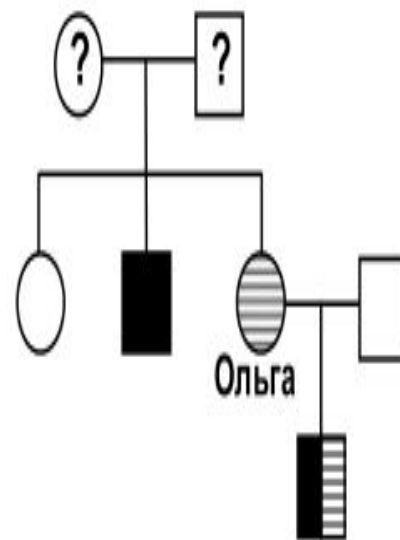
$2n$   $4c$

$1n$   $2c$

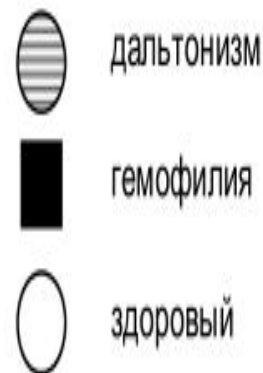
## 11. РЕШИТЕ ГЕНЕТИЧЕСКУЮ ЗАДАЧУ

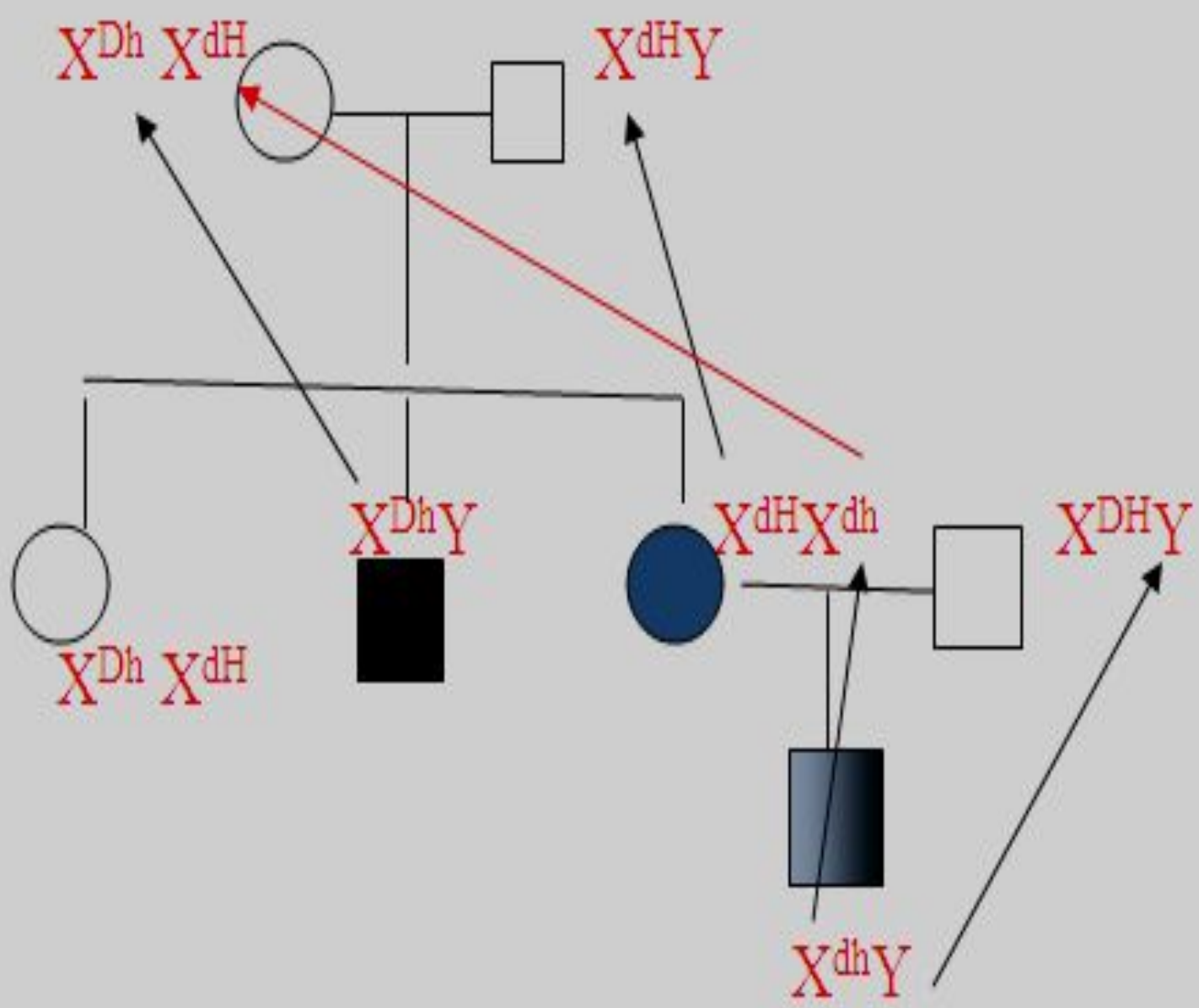
Ольга страдает дальтонизмом, её брат – гемофилией, а сын – обеими болезнями. У матери и отца Ольги гемофилии нет.

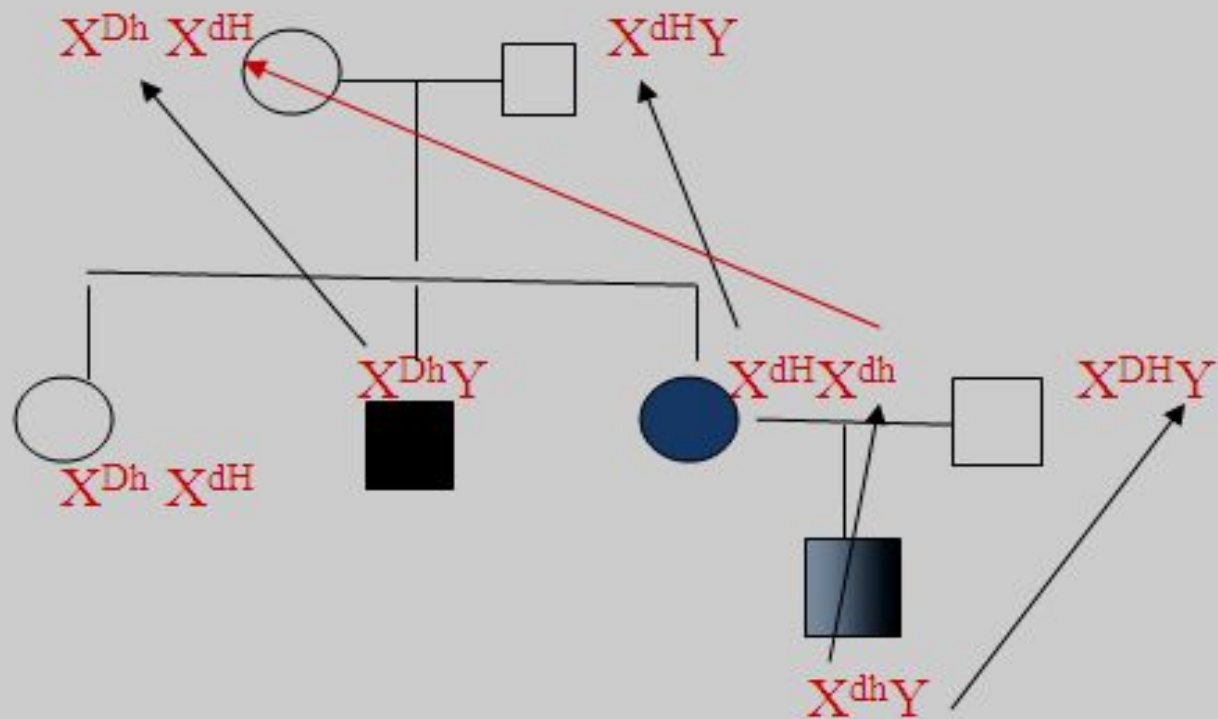
Определите генотипы всех членов семьи по генам дальтонизма и гемофилии, учитывая возможность кроссинговера. Больны ли дальтонизмом мать и отец Ольги? Поясните свой ответ схемой с обозначением хромосом, содержащих рассматриваемые гены.



Условные обозначения:







$X^{Dh} X^{dH}$  Мать Ольги гетерозиготна в двух парах аллелей, гены болезней расположены в разных хромосомах.

Без кроссинговера:  $X^{Dh}$  45%

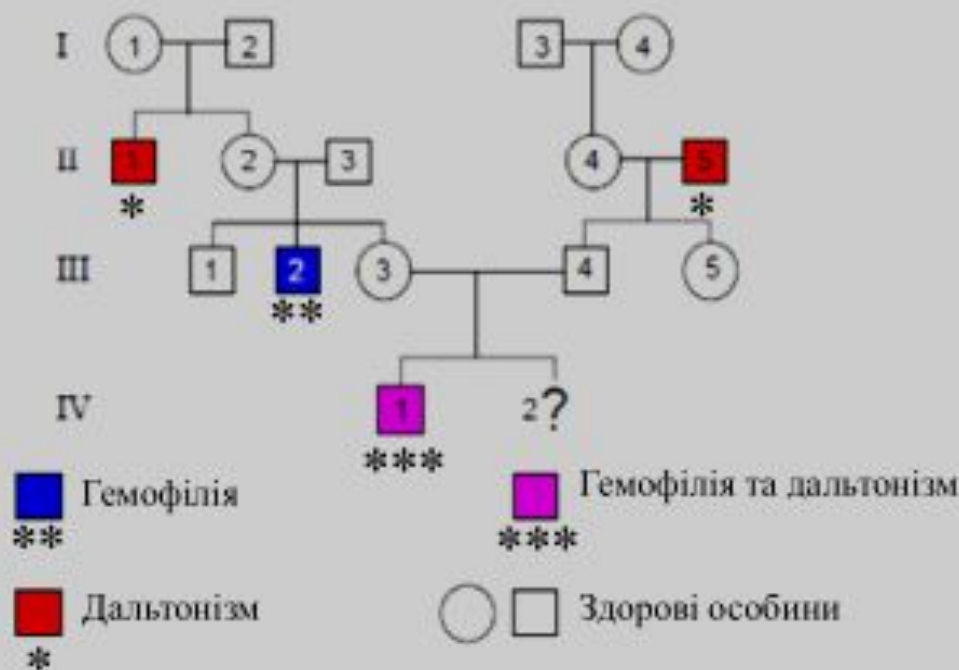
$X^{dH}$  45%

После кроссинговера:  $X^{DH}$  5%

$X^{dh}$  5%

Вероятность генотипа Ольги?

**B27.** Два спадкових захворювання – гемофілія та дальтонізм – зчеплені з X-хромосомою. На рисунку наведений родовід, у якому зустрічаються обидві хвороби. Проаналізувавши родовід, дайте відповіді на наступні запитання:



**27.1** Вкажіть правильне твердження

щодо генотипу індивіда II-2

- а) є носієм лише гемофілії;
- б) є носієм лише дальтонізму;
- в) є носієм обох захворювань;

г) є гомозиготою по обом генам.

**27.2** Які з індивідів мають у каріотипі кросоверну X-хромосому (хромосому, у якій відбувся кросинговер між генами гемофілії та дальтонізму)?

- а) II-1;
- б) II-3;
- в) III-1;
- г) III-2;
- д) IV-1.

- а) 0;
- б) 1/4;
- в) 1/2;
- г) 3/4;
- д) 1.

**27.3** Якщо ненароджена дитина IV-2 буде дівчинкою, яка імовірність того, що вона буде хворою на гемофілію та дальтонізм?



# - NANO >> XII

НАНОТЕХНОЛОГИИ - ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ!



МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА



РОСНАНО

ФОНД ИНФРАСТРУКТУРЫ  
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ П





Гладкая форма семени кукурузы доминирует над морщинистой, окрашенное семя доминирует над белым. При скрещивании кукурузы с гладкими окрашенными семенами с растениями, которое имеет морщинистые и бесцветные семена получили потомство: цветных гладких – 4152 растений; цветных морщинистых – 149; белых гладких- 152; белых морщинистых – 4163. Определите расстояние между генами. Определите вероятность образования гамет в которых одновременно содержаться аллели гладких и бесцветных семян.

Р глад., окраш. • морщ., бесцв.

F глад., окраш . 4152

морщ., бесцв 4163

глад., бесцв. 152

морщ., окраш. 149

рекомбинантные

**% кроссинговера=**

**$(152+149/4152+149+152+4163) * 100\%$**

**= 3,5% (3,5 морганид)**

**Г**      **некросоверные 96,5%**

**А В 48,25%**

**а в 48,25%**

**кросоверные 3,5%**

**А в 1,75% !!!!!**

**а В 1,75%**

## **Локализация аллелей**

**глад.бесц.      морщ. окр.**

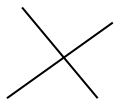
**А В**

**а в**

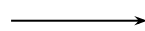
**Ав**

**аВ**

**а В**



**а в**



**ав**

**ав**

Мистер Фокс решил разводить пчел. Он купил улей, у матки которого были пятна на среднегруди (рецессивный аутосомный признак) и нормальный ротовой аппарат (доминантный аутосомный признак), и подсадил в него трутней с пятнами на крыльях и нормальным ротовым аппаратом. В первом поколении половина трутней имела гипертрофированный ротовой аппарат. Укажите, сколько процентов от общего числа самок будут занимать особи с пятном на крыле и с гипертрофированным ротовым аппаратом, если оба вышеуказанных признака не влияют на плодовитость и здоровье особей.

У пчел самки диплоидные, самцы гаплоидные!!!! Гаплоидный набор хромосом трутни получают от матки-матери. То, что в первом поколении проявился признак – гипертроф. рот. аппарат, говорит о том, что в генотипе самки есть аллель этого признака.

**P ♀ aaB- ♂ AB**

**F<sub>1</sub> ♂ ½ гиперт.**

а-пятна среднегрудь

А – пятна крылья

**P ♀ aaBв ♂ AB**

**F<sub>1</sub> ♂ аВ ½ и ав ½**

**сред.норм. сред. гипертр.**

В- норма рот. аппарат

в - гипертрофированный

**P ♀ aaVv ♂ AV**

**F<sub>1</sub> ♀ AaVV ½ AaVv ½**

**на крыльях, норм.**

**Ответ:**

**самок, которые будут с пятном на крыле и с гипертрофированным ротовым аппаратом не будет = 0%.**

Специфической особенностью биологии размножения пчел является спаривание матки со многими трутнями (с 9—10 и даже более).

Открытие этого явления принадлежит русской ученой В.В. Тряско (1955—1956 гг.) Такое спаривание называется **полиандрией**.

В семяприемнике матки сперматозоиды хранятся в процессе всей ее жизнедеятельности. Мнение, что матка во время брачного полета оплодотворяется, неверно, происходит «осеменение», во время которого семяприемник матки наполняется спермой трутней. Семяприемник имеет вид небольшого круглого пузырька объемом 1,2—1,5 мм<sup>3</sup>, в который вмещается 8—10 млн. сперматозоидов. Само оплодотворение, выражающееся в слиянии ядер двух половых клеток, происходит уже в отложенном яйце в ячейке сот.

В соревновании передать семя матке побеждают самые сильные, хорошо развитые. Природа здесь предусмотрела естественный отбор по мужской линии - трутни отличаются между собой по массе, окраске и другим признакам. **Вывод большого количества трутней подчиняется всеобщему закону природы не экономить на процессах воспроизводства вида.**

**Вследствие того, что матка осеменяется многими трутнями, имеющими различные геномы, и сперматозоиды смешиваются в семяприемниках, рабочие пчелы генетически неоднородны. Гетерогенность рабочих пчел в семье направлена на обеспечение жизненных форм пчел, которые имеют больше приспособительных свойств в геноме, что обеспечивает в конечном счете сохранение и выживание матки.**



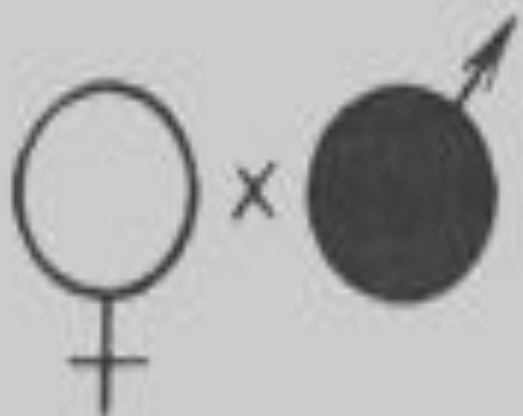
**У пчел не существует самостоятельной наследственности по мужской линии, как у других животных. Трутень имеет гаплоидное число хромосом, он несет геном матери и служит передаточным звеном в обмене маток наследственностью.**

**Наследственность, передаваемая трутнями в последующих поколениях, начинает преобладать.**

**Такой тип скрещивания называется поглотительным.**

**Популяция пчел характеризуется сложностью передачи наследственных свойств, обеспечивающих ее гетерогенность и устойчивость.**

Мать матки



«Отец» матки

Матка



«Отец»  
рабочей  
пчелы

Рабочие  
пчелы

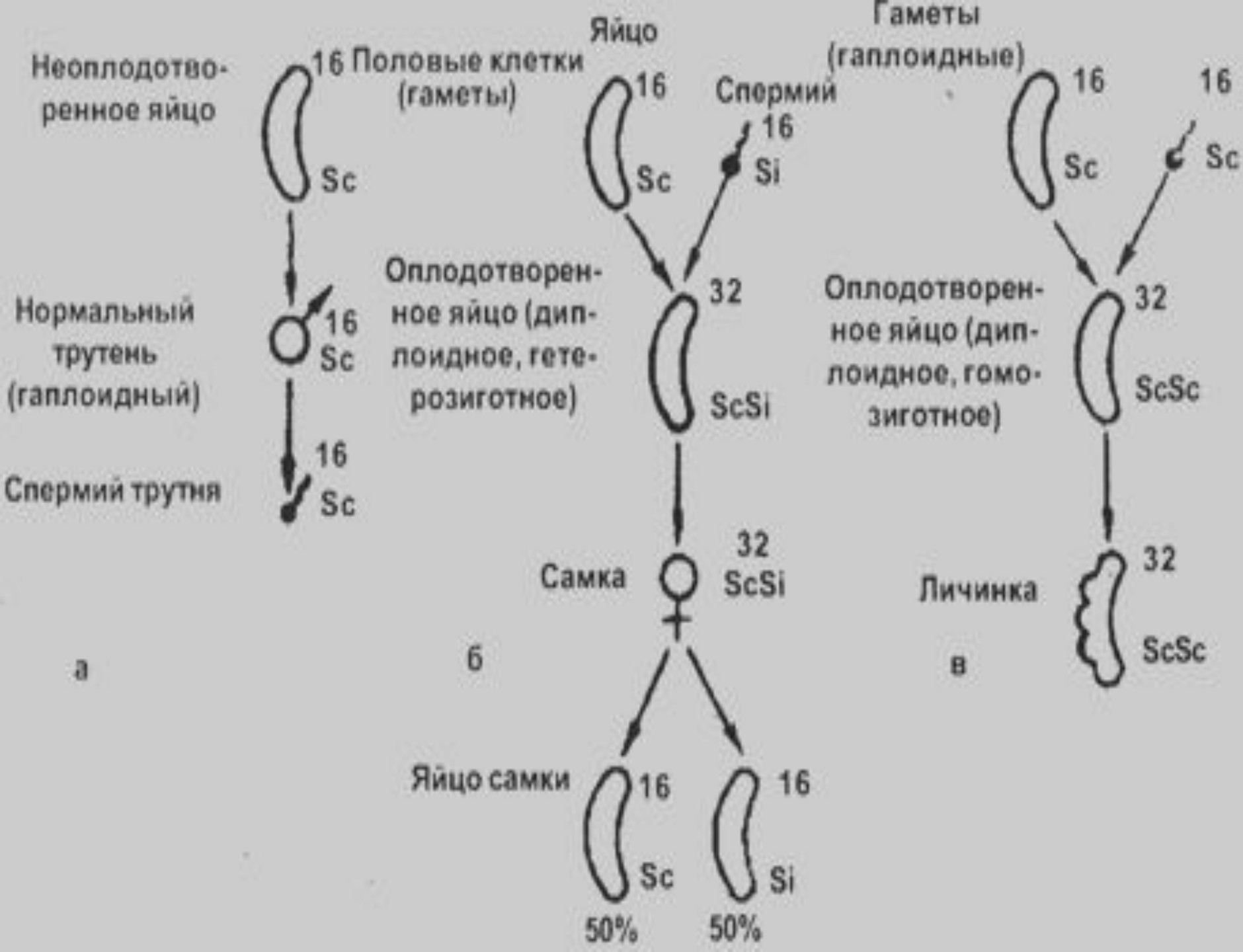


Трутни



О. Макензен (США, 1951) установил, что у пчел имеется серия множественных аллелей определенного гена, вызывающих у маток после близкородственного скрещивания откладку яиц, которые пчелы выбрасывают на 4-й день - «пестрый» расплод.

Из оплодотворенных яиц с такой серией аллелей развиваются диплоидные трутни, т.е. трутни, имеющие 32 хромосомы. За признак диплоидности самца ответствен всего один ген — ген «пола», который имеет серию аллелей. По некоторым данным число аллелей гена «пола» составляет от 10 до 13. Если при оплодотворении яйца и образовании зиготы попали одинаковые аллели генов, то образуются нежизнеспособные диплоидные трутни.



**К ограниченным полом признакам** относят различия полов по размерам (самки некоторых видов крупнее самцов или наоборот), более яркая окраска у самцов, шпоры у петухов, признак молочности у коров,

яйценоскость у кур. У человека это архитектура тела, голос и т.д.

**Признаки, сцепленные с полом-** это признаки, гены которых находятся в половых хромосомах, обеспечивая особенности наследования с учетом пола.

**Признаки, доминирование или рецессивность которых определяется полом,** например, наличие рогов у самцов некоторых пород овец. Рога проявляются у самцов уже при гетерозиготности по гену рогатости, самки остаются комолыми (безрогими), рога у них развиваются при гомозиготности по гену рогатости. По такому же типу наследуется облысение у человека.

Облысение, начинающееся со лба, является признаком, доминантным у мужчин и рецессивным у женщин (поэтому лысые мужчины встречаются чаще). Признак кодируется аутосомным геном. Облысевший мужчина (гетерозиготный по гену лысости) женился на женщине с нормальными волосами, мать которой была лысой. Определить возможные генотипы потомства.

AA, Aa - облысение (♂)

aa – облысение (♀)

P AaXX \* AaXU

ВОЛОСЫ ЛЫСЫЙ

F

AH

aH

AH

AAHX

AaHX

♀ ВОЛОСЫ

♀ ВОЛОСЫ

aU

AaXU

aaXU

♂ ЛЫСЫЙ

♂ ВОЛОСЫ

aH

AaHX

**aaHX**

♀ ВОЛОСЫ

♀ лысая 1/8  
**=12,5%=0,125**

AU

AAXU

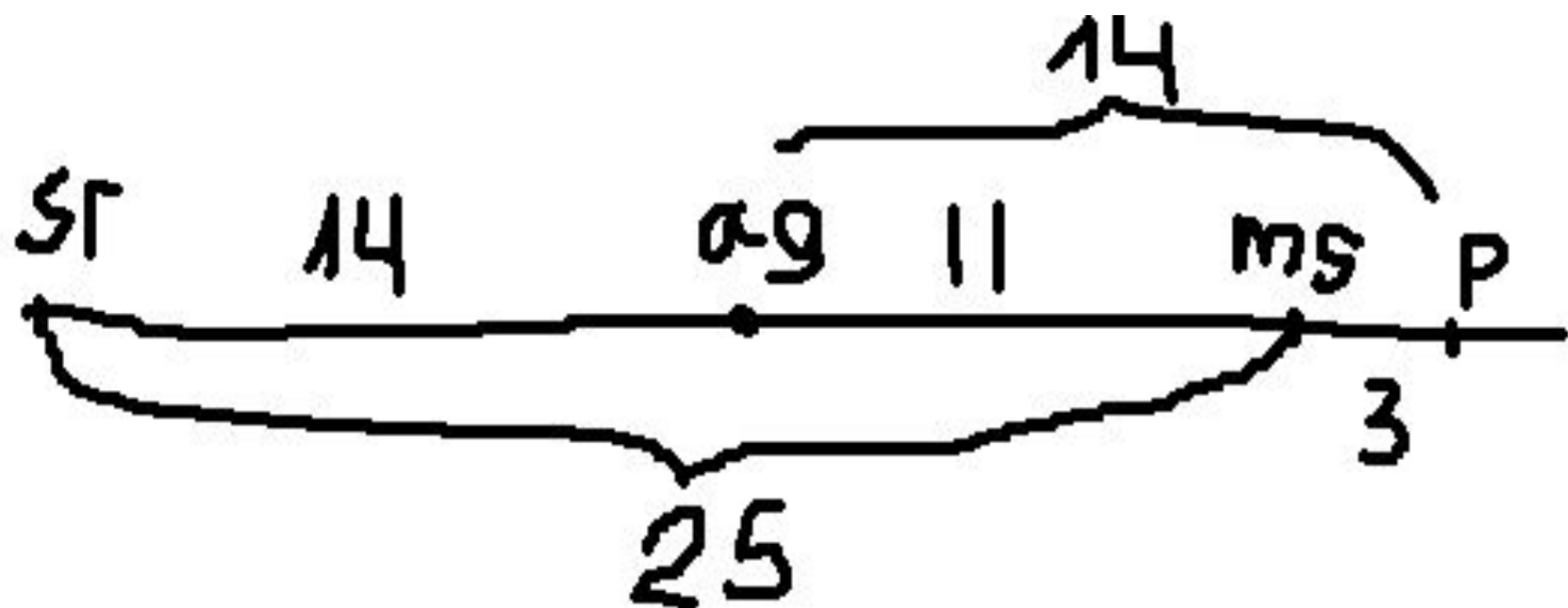
AaXU

♂ ЛЫСЫЙ

♂ ЛЫСЫЙ

Арне Мюнтцинг составил хромосомные карты кукурузы по всем 10 группам сцепления. В одной из них расположены локусы генов : пестрые листья (*sr*), устойчивость к болезням (*ag*), мужская стерильность (*ms*), окраска качана (*p*). Ген стойкости к болезням (*ag*) дает 11% кроссоверных гамет с геном мужской стерильности (*ms*), 14% с геном окраски початка (*p*) и 14% с геном пестрых листьев (*sr*). В свою очередь ген *ms* с геном *p* дает 3% кроссинговера, а с геном *sr* – 25%. Постройте хромосомную карту и определите расположение каждого локуса.





$$14 - 3 = 11$$

$$14 + 11 = 25$$

**Задача 8. (16 баллов)** Молекула транспортной РНК приобретает вторичную структуру «клеверного листа», так как в её последовательности имеются четыре пары комплементарных участков, образующих двуспиральные шпильки, которые стабильны, если содержат 5 и более комплементарных пар подряд. Две нити шпильки соединены между собой одонитевыми участками – петлями. Петля, расположенная в центральной части последовательности тРНК, содержит антикодон, причём он располагается точно посередине петли. Была определена последовательность средней части одной из тРНК:

**5'-АЦГУЦГЦГЦУГАУААЦГЦГАЦУГ-3'.**

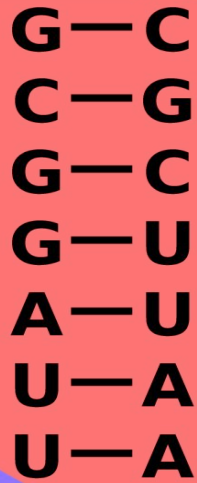
Какова вторичная структура, формируемая этим участком тРНК?

Какой антикодон несёт эта тРНК?

Пользуясь таблицей генетического кода, определите, какую аминокислоту переносит эта тРНК.

акцепторный  
стебель

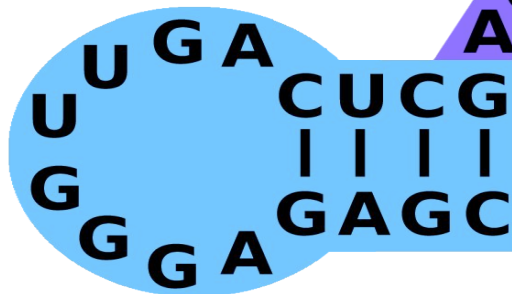
АССА



универсальная  
последовательность  
ССА

T шпилька

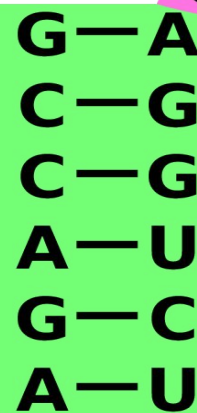
линкер



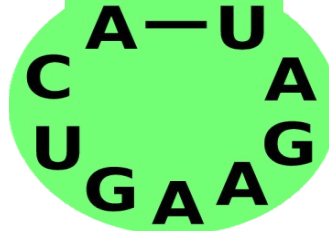
D шпилька

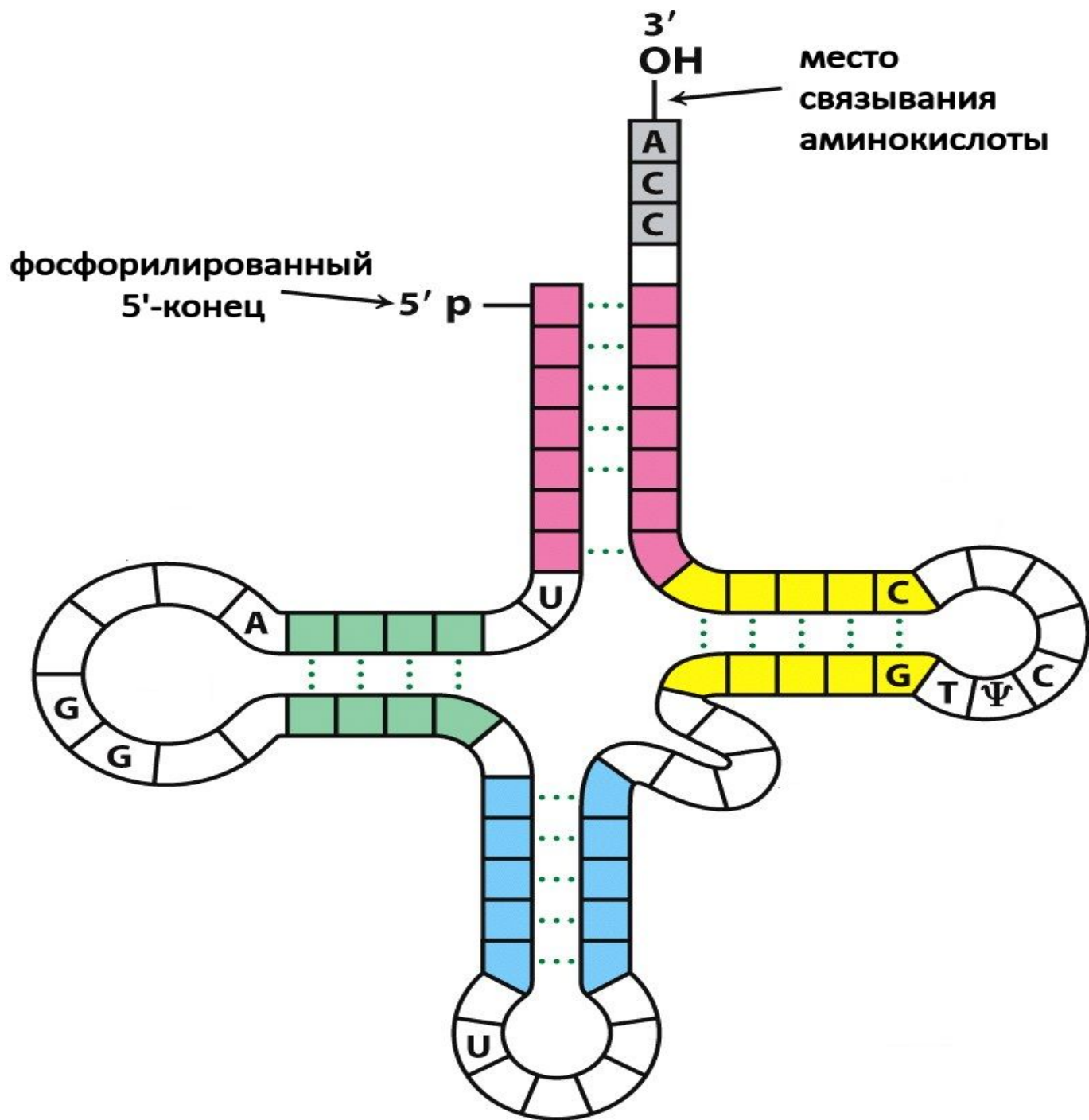


V петля



АНТИКОДОНОВАЯ  
ШПИЛЬКА





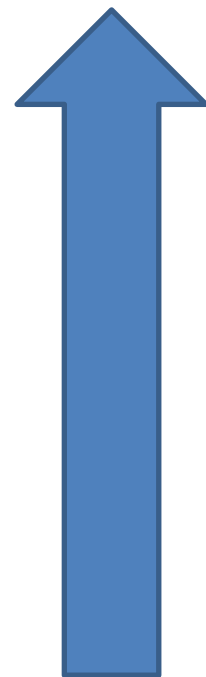
**5 – АЦГУЦГЦЦУ**

**Г  
А  
У**

**3 - ГУЦАГЦГЦАА**

**КОДОН**

**3  
Ц  
У  
А  
5**



**3-8 и 16-21 – шпилька**

**Антикодonoвая петля-9-15**

**Популяция** — это совокупность особей данного вида, в течение длительного времени (большого числа поколений) населяющих определенный ареал и имеющих возможность скрещиваться друг с другом, которая отделена от таких же соседних совокупностей одной из форм изоляции (пространственной, сезонной, физиологической или генетической).

**Популяционная генетика** — наука, изучающая генетические явления, происходящие в популяциях.

**Частота генотипа** - доля особей, имеющих данный генотип, среди всех особей популяции. Рассмотрим следующий пример.

Аутосомный ген имеет два аллеля: **A** и **a**. Популяция состоит из **N** особей, часть которых имеет генотип **Aa** - число этих особей  $N_{Aa}$ . Частота генотипа ( $p_{Aa}$ ) определяется как  $p_{Aa} = N_{Aa} / N$ . Пусть, например, популяция состоит из **10000** особей, среди которых имеются **500** особей с генотипом **Aa**. Тогда частота особей с генотипом **Aa** равна  $p_{Aa} = 500/10000 = 0,05$ , или **5%**.

**Частота аллеля** - доля конкретного аллеля среди всех имеющихся в популяции аллелей изучаемого гена.

Частота аллеля **A** -  $p_A$ . Поскольку у гетерозиготной особи аллели разные, частота аллеля **A** равна сумме частоты гомозиготных (**AA**) и половине частот гетерозиготных (**Aa**) по этому аллелю особей. Например, если частоты генотипов **AA**, **Aa** и **aa** составляют 0,64, 0,32 и 0,04, соответственно, то частота аллеля **A** будет равна  $p_A = 0,64 + 0,5 \times 0,32 = 0,8$ .



**Закон Харди-Вайнберга :**

**В больших популяциях при условии свободного скрещивания и при отсутствии притока мутаций и отбора устанавливается равновесие частот генотипов, которое сохраняется из поколения в поколение.**

**Закон Харди-Вайнберга устанавливает математическую зависимость между частотами аллелей аутосомных генов и генотипов :**

$$p_A + q_a = 1; \quad p_{AA}^2 + 2pq_{Aa} + q_{aa}^2 = 1$$

где  $p_A$  – частота доминантного аллеля гена,

$q_a$  - частота рецессивного аллеля гена,

$p_{AA}^2$  - частота особей, гомозиготных по доминантному аллелю,

$2pq_{Aa}$  – частота гетерозиготных особей,

$q_{aa}^2$  - частота особей, гомозиготных по рецессивному аллелю, то есть частота особей с рецессивным признаком,

$p_{AA}^2 + 2pq_{Aa}$  - частота особей с доминантным признаком,

$2pq_{Aa} + q_{aa}^2$  – частота особей, в генотипе которых имеется рецессивный аллель.

Теоретически закон Харди-Вайнберга справедлив только для **идеальных**, или **равновесных**, популяций. Равновесными популяциями называются такие популяции, в которых выполняются следующие условия:

популяция бесконечно **велика**; к ней можно применять **законы вероятности**, то есть когда в высшей степени маловероятно, что одно случайное событие может изменить частоты аллелей;

имеет место **панмиксия**, то есть случайное образование родительских пар, без тенденции вступления особей в брак с партнерами, подобными или противоположными по генотипу; все аллели **равно влияют на жизнеспособность** гамет и потомки от всех возможных скрещиваний имеют **равную выживаемость**;

популяция полностью **изолирована** - нет миграции особей, дающей приток или отток аллелей; **новые мутации** в данной популяции **не появляются**; **отсутствует отбор**; **поколения не перекрываются** во времени и не образуются родительские пары из особей, относящихся к разным поколениям.

**1. Альбинизм общий наследуется как аутосомный рецессивный признак. Заболевание встречается с частотой 1 : 20 000. Вычислите частоту гетерозигот в популяции. Сколько гетерозигот в городе с населением 100 000.**

**2. В одной популяции имеется три генотипа по аутосомному гену в соотношении 9 AA : 6 Aa : 1 aa. Находится ли данная популяция в состоянии генетического равновесия?**





**Пенетрантность** — показатель фенотипического проявления аллеля в популяции. Определяется как отношение (в процентах) числа особей, у которых наблюдаются фенотипические проявления наличия аллеля, к общему числу особей, у которых данный аллель присутствует в необходимом для фенотипического проявления количестве копий (в зависимости от характера доминирования, для фенотипического проявления может быть достаточно только одной копии аллеля или двух, если для фенотипического проявления необходимо, чтобы особь была гомозиготна по данному гену).

**«Аллель А обладает пенетрантностью 95 %»** означает, что из всех особей, у которых данный аллель имеется в необходимом числе копий, лишь у 95 % наличие этого аллеля можно установить по показателям фенотипа. Полная пенетрантность — это 100 % фенотипическое проявление наличия данного аллеля в пределах популяции.

Пенетрантность, это частота проявления гена в признаках.

**Врождённый вывих бедра наследуется доминантно, средняя пенетрантность гена 25%. Заболевание встречается с частотой 6 : 10 000 (В. П. Эфроимсон, 1968). Определите число гомозиготных особей по рецессивному гену.**

**A- вывих бедра; a - норма**

**Из условия задачи - частота встречаемости генотипов**

$$AA \text{ и } Aa = p^2 + 2pq.$$

**Необходимо найти частоту встречаемости генотипа aa-  $q^2$ . Из формулы  $p^2 + 2pq + q^2 = 1$  - число гомозиготных по рецессивному гену особей  $(aa) q^2 = 1 - (p^2 + 2pq)$ .**

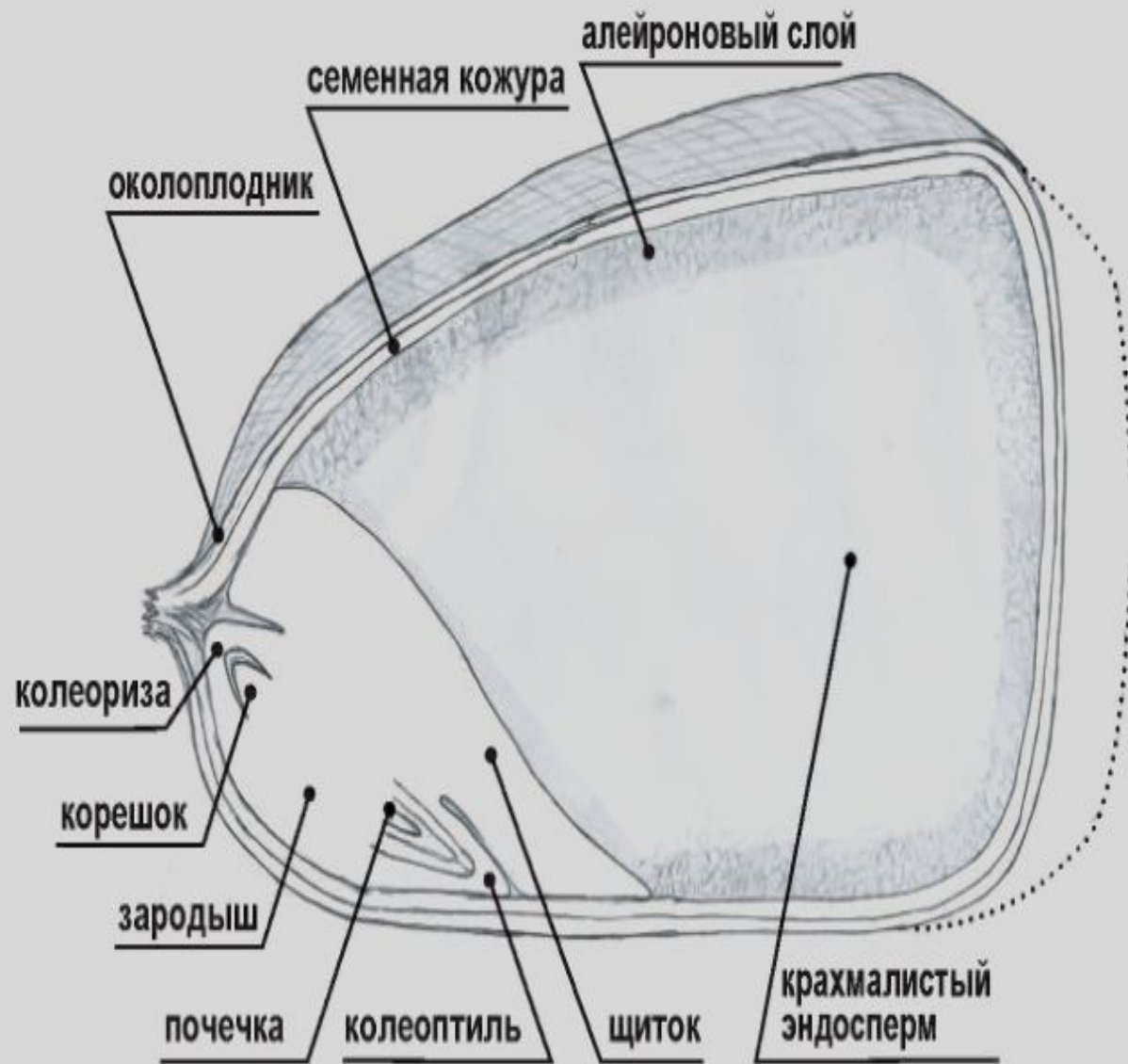
**Число больных (6 : 10 000) представляет собой не  $p^2 + 2pq$ , а лишь 25% носителей гена A, а истинное число людей, имеющих данный ген, в четыре раза больше, т.е. 24 : 10 000. Следовательно,  $p^2 + 2pq = 24 : 10 000$ .**

**$q^2$  (число гомозиготных по рецессивному гену особей) равно  $1 - p^2 + 2pq = 1 - 24 : 10000 = 0,9976$  или 9976 : 10000.**

**Задача 9. (25 баллов)** Для

консервирования выращивают специальные «сахарные» сорта кукурузы (*Zea mays* convar. *saccharata*). В них поступающая от листьев сахароза по той или иной причине слабо превращается в крахмал и накапливается в зерновке. При созревании эндосперм содержит мало крахмала, и плод «сморщивается» (морщинистые зерновки).

За проявление признака отвечают два независимо наследующихся гена: **A** и **F**. Признак морщинистости рецессивный. Для его проявления достаточно, чтобы в клетках эндосперма был представлен либо только мутантный аллель гена **a**, либо только мутантный аллель **f**.





Околоплодник и семенная кожура у кукурузы могут быть либо бесцветными, либо коричневеют по мере созревания. Коричневая окраска появляется из-за окисления фенольных соединений перекисью водорода при участии особого фермента – пероксидазы. Активное выделение перекиси и окисление фенолов повышают устойчивость зерновок к повреждению патогенными грибами и насекомыми. Пероксидазу кодирует аллель **B**, а у растений с бесцветными покровами зерновок есть нефункциональный аллель **b**. [Считайте, что активность пероксидазы очень высокая.] Ген **B** наследуется независимо от генов **A** и **F**.

**A.** При опылении линии «сахарной» кукурузы с бесцветными зерновками пыльцой другой линии «сахарной» кукурузы, устойчивой к повреждению грибами, получились только гладкие зерновки. Предложите генотипы:

- материнского и отцовского растений
- полученных зародышей F1
- эндосперма зерновок F1

-Линии – гомозиготы по рассматриваемым генам.

Р сахарные	*	сахарные
морщинистые		морщинистые
бесцветные		коричневые

Единообразие возможно только если линии несут разные аллели одного и того же гена, 2 варианта:

1. Р  $aaFF$  \*  $AAff$

2. Р  $AAff$  \*  $aaFF$

F1  $AaFf$  /гладкие зерновки/

- Учитываем ген устойчивости к грибам В (кодирует фермент пероксидазу):

1. P aaFFbb \* AAffBB

2. P AAffbb \* aaFFBB

F1 AaFfBb /гладкие зерновки+ устойчивые к грибам+коричневые/

Эндосперм (диплоидная центральная клетка+спермий)

1. AaaFFfBbb

2. AAaFffBbb