

Московская олимпиада школьников по генетике, 15.02.2026.

Заключительный этап. Теоретический тур. 9 класс

Дорогие ребята!

Поздравляем вас с участием в заключительном теоретическом этапе Московской олимпиады школьников по генетике! Вам предлагаются набор из **десяти** задач, которые требуют анализа информации выполнения расчетов и общей биологической эрудиции. Максимальное количество баллов, которое можно набрать – **100**. Время на выполнение всех заданий 3 часа 55 минут.

Задание 1 [5 баллов] При проведении пульс-фореза в агарозном геле используют интеркалирующий краситель – бромистый этидий. Было установлено, что для того, чтобы полоса ДНК на геле могла быть различима глазом необходимо, чтобы масса ДНК составляла 3 нанограмма. Сколько копий VII хромосомы пекарских дрожжей будет находиться в такой полосе, при условии, что хроматин выделяли из интерфазных клеток (G1)? При ответе считайте, что молекулярная масса одной пары нуклеотидов соответствует 660 атомарных единиц, а размер VII хромосомы составляет 1 090 940 нуклеотидов. В **Листе ответов** приведите подробное решение.

Задание 2 [15 баллов] Жуки златки (лат. *Buprestidae*) - довольно многочисленное семейство жесткокрылых, получивших особый интерес благодаря яркой и металлической расцветке их надкрылий. Представителей этого семейства использовали в искусстве еще в середине XV века для создания ювелирных украшений, одежды или даже декора потолков царских дворцов Бельгии.

В ходе изучения наследования окраски у самого известного представителя *Sternocera aequisignata* вы обнаружили три морфы с изумрудными, лазурными или бирюзовыми надкрыльями. Выбрав из свободно скрещивающейся лабораторной популяции ювенильных особей, вы провели ряд скрещиваний, чьи результаты приведены в таблице ниже:

Скрещивание	Родители	Потомство
1	лазурный х изумрудный	все лазурные
2	лазурный х лазурный	3/4 лазурные : 1/4 бирюзовые
3	изумрудный х изумрудный	3/4 изумрудные : 1/4 бирюзовые
4	лазурный х бирюзовый	1/2 лазурные : 1/2 бирюзовые
5	лазурный х лазурный	3/4 лазурные : 1/4 изумрудные
6	лазурный х изумрудный	1/2 лазурные : 1/2 изумрудные
7	лазурный х изумрудный	1/2 лазурные : 1/4 изумрудные : 1/4 бирюзовые
8	бирюзовый х бирюзовый	все бирюзовые

2.1. Исходя из результатов скрещивания, предположите, как наследуется окраска надкрылий у *Sternocera aequisignata*. В **Листе ответов** приведите подробное решение и аргументацию [3 балла].

2.2. Установите все генотипы родителей и потомства в скрещиваниях. В **Листе ответов** приведите подробное решение [6 баллов].

2.3. Какая вероятность получить в потомстве от скрещивания изумрудной и бирюзовой златки особь с надкрыльями изумрудного цвета, если все аллели всех генов представлены в лабораторной популяции с одинаковыми частотами? А если родительская изумрудная особь была получена из скрещивания изумрудной и бирюзовой златок? В **Листе ответов** приведите подробные решения [**6 баллов**].

Задание 3. [15 баллов] Отсутствие бивней у африканских слонов – моногенный доминантный признак, который наследуется Х-сцеплено и проявляется только у самок, поскольку у самцов является эмбриональной леталью. Таким образом, в норме аллель безбивневости удаляется из популяции естественным отбором. Браконьеры охотятся на слонов с бивнями (не различая самцов и самок), однако игнорируют самок без бивней, тем самым создавая искусственный отбор в пользу аллели безбивневости. С 70-х по 90-е годы в Мозамбике в заповеднике Горонгоса за одно слоновье поколение доля взрослых безбивневых самок выросла с 19% до 52% (в это время в Мозамбике шла гражданская война и об охране слонов не заботились). С 90х годов браконьерство пошло на спад, и к 2018 году доля молодых самок слонов без бивней снизилась до 32% (считайте их дочками предыдущего поколения, в котором 52% слоних без бивней и внучками первого поколения, в котором 19% слоних без бивней).

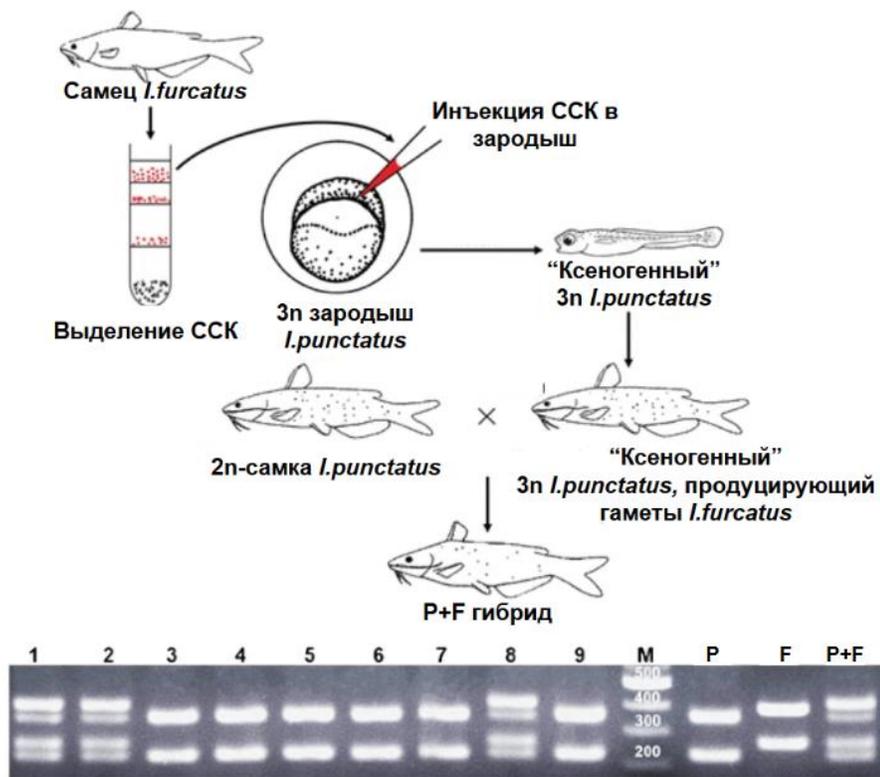
3.1. Какая часть слонят-самок в 2018 году ожидалась без бивней, с учетом только законов наследования и естественного отбора? В **Листе ответов** ответ запишите в процентах, округлив до целых [**2 балла**].

3.2. Какое соотношение полов ожидалось среди слонят в 2018 году, с учетом только законов наследования и естественного отбора? Зиготическую частоту самцов и самок считайте одинаковой. Ответ запишите в процентах, округлив до целых. В **Листе ответов** приведите подробное решение [**4 балла**].

3.3. Чем объясняется довольно высокая (19%) доля слоних без бивней в Горонгосе в 70-х годах? Какой была в этот момент популяционная частота мутантной аллели безбивневости? Ответ запишите в процентах, округлив до целых. В **Листе ответов** приведите подробное решение [**4 балла**].

3.4. Какова была вероятность дожить до конца периода активного браконьерства для нормальной самки с бивнями, родившейся в 70-х годах? Аналогичную вероятность для самки без бивней считайте за 100%. Ответ запишите в процентах, округлив до целых (3 балла). В **Листе ответов** приведите подробное решение [**5 баллов**].

Задание 4. [10 баллов] В рыбоводстве, особое внимание уделяется проблеме получения триплоидных особей, которые отличаются лучшими показателями роста, массы и не имеют проблемы бесконтрольного размножения. За вышеописанные характеристики в аквакультуре сомов лучшим для разведения считается гибрид (“P+F”), получаемый искусственным спариванием самок канальных сомов (*Ictalurus punctatus*) с самцами голубого сома (*Ictalurus furcatus*). К сожалению, репродуктивные барьеры и сложность процесса искусственного размножения препятствует широкому использованию их на практике. Чтобы создать систему получения таких гибридов, в одном исследовании предлагается использовать технологию пересадки стволовых сперматогенных клеток (рис.). В результате эксперимента было отобрано 9 взрослых самцов (1-9), из молок которых выделили ДНК и провели диагностическую ПЦР на видоспецифичные полиморфизмы. Результаты агарозного гель-электрофореза приведены на рисунке ниже (P - канальный сом, F - голубой сом, P+F - гибрид).



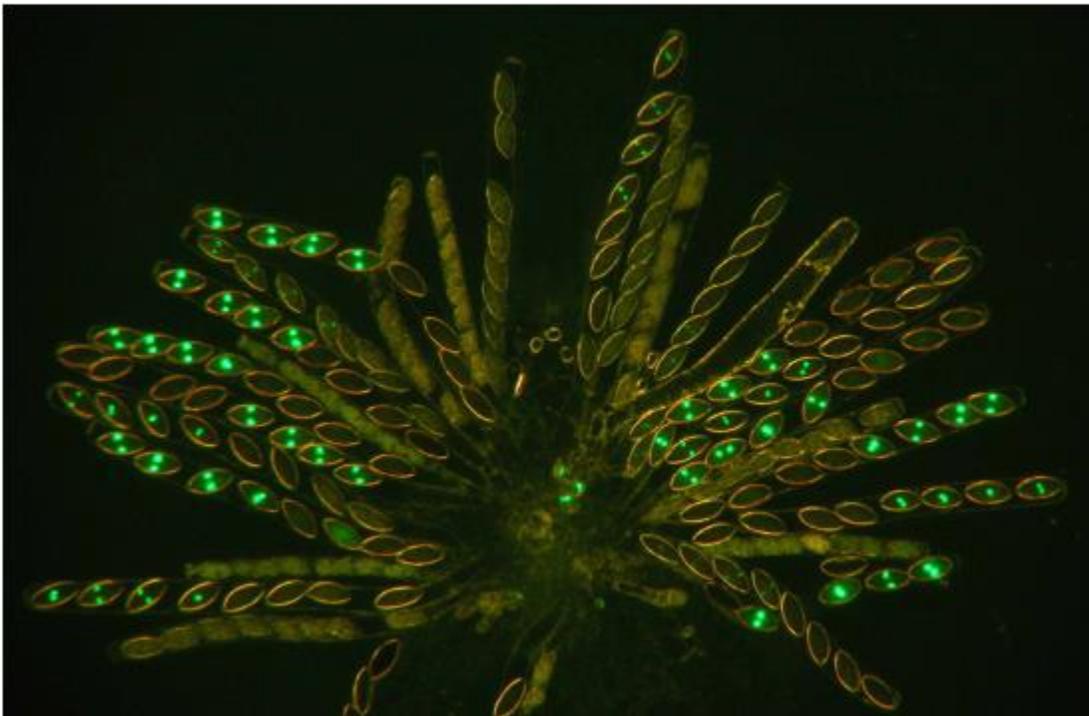
4.1 Получились ли у исследователей гибриды “P+F”? Если да, то какие номера этих гибридов? В Листе ответов приведите аргументацию. [1.5 балла]

4.2 При изучении репродуктивной функции у триплоидных сомов (отр. *Siluriformes*) было замечено, что количество и качество зрелых гамет снижается независимо от пола. С этим согласуется дефект развития и уменьшенные размеры яичников у триплоидных самок. Однако у самцов-триплоидов, наоборот, описаны более крупные и анатомически развитые семенники. Чем объясняются наблюдаемые различия между полами? В Листе ответов приведите аргументацию. [3.5 балла]

4.3 Исследователи заметили, что самцы-гибриды “P+F” продуцируют фертильные гаметы как генотипа канальных сомов (P), так и голубых сомов (F) в соотношении P:F = 1:6. Самки-гибриды “P+F”, однако, стерильны. Какова будет доля “P+F”-гибридов в пруду, заселенном тремя самцами-гибридами и одной самкой канального сома во втором поколении потомства, если гибриды в 5 раз менее фертильны, чем обычные канальные сомы. Считайте, что каждое поколение размножается только 1 раз и не доживает до следующего размножения, а соотношение полов в потомстве составляет 1:1. Округлите ответ до сотых и приведите расчеты [5 баллов].

Задание 5. [10 баллов] Сцепленное наследование, согласно хромосомной теории Т. Моргана, позволяет картировать гены, согласно наблюдаемым частотам рекомбинантных аллельных вариантов. Однако в случае аскомицетов, которые формируют линейные сумки (то есть аскоспоры остаются в таком же порядке, в котором хроматиды возникают в результате деления), возможно детектировать кроссинговер между геном и центромерой, а также картировать гены на разных плечах хромосом. Популярным аскомицетом для генетиков стала нейроспора густая (*Neurospora crassa*), линейные сумки которой содержат восемь гаплоидных аскоспор.

Для изучения процесса созревания асков ученые получили гетерозиготного мутанта *N.crassa*, в перицентромерную область одной из хромосомы которого был встроен ген зеленого флуоресцентного белка (EGFP). Внимательно изучив плодовое тело полученного мутанта, опишите процесс формирования аска у *N.crassa*.



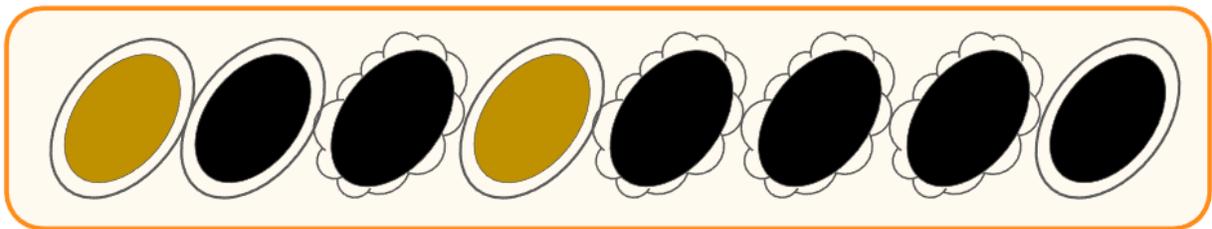
5.1. [2 балла] Какие деления (митотические/мейотические) и в каком порядке претерпевает клетка-предшественница аскоспор у *N.crassa*? В Листе ответов приведите подробную аргументацию.

5.2. [5 баллов] Затем вы скрестили штамм с ребристыми аскоспорами (A) черного цвета (B) с штаммом с гладкими аскоспорами (a) желтого цвета (b). Проанализировав полученные аски, вы получили следующее расщепление их по положению аскоспор:

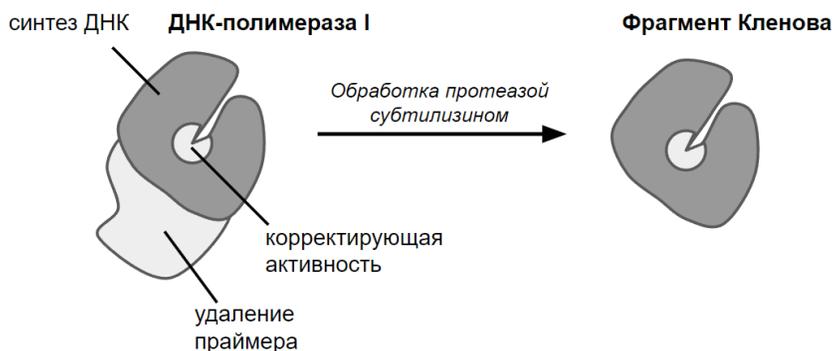
ab	ab	ab	ab	aB	ab
ab	ab	ab	ab	aB	ab
Ab	aB	ab	AB	Ab	AB
Ab	aB	ab	AB	Ab	AB
aB	Ab	AB	ab	aB	aB
aB	Ab	AB	ab	aB	aB
AB	AB	AB	AB	Ab	Ab
AB	AB	AB	AB	Ab	Ab
15	29	47	2	2	5

Составьте генетическую карту локуса генов ребристости и цвета аскоспор. На этой генетической карте отметьте положение центромеры и расстояние между ней и генами. В **Листе ответов** приведите подробные решения.

5.3. [3 балла] Проанализировав еще больше плодовых тел от предыдущего скрещивания, ученые обнаружили редкие аски, чей фенотип схематично представлен на рисунке ниже. Дайте объяснение появлению таких фенотипических классов. Как называется этот процесс? В **Листе ответов** приведите подробную аргументацию.



Задание 6. [15 баллов] В лабораторной молекулярной биологии часто можно встретить ферменты, полученные из бактерий. Одним из таких ферментов является ДНК-полимераза I, которую можно использовать в процессе молекулярного клонирования методом рестрикции-лигирования. Широкое использование ДНК-полимеразы I в лабораторной практике привело к появлению ее модифицированного варианта - фрагмента Кленова, в котором удален домен, отвечающий за разрушение РНК-праймера ДНК-полимеразой I в ходе репликации.



6.1 Какая активность ДНК-полимеразы I отсутствует у фрагмента Кленова? *Подсказка: дайте ей название, которое указывает на направление протекания данного процесса в ходе репликации.* [2 балла]

6.2 Вы хотите провести процедуру рестрикции-лигирования с плазмидой, которая содержит сайты используемых рестриктаз **только** в участке с последовательностью: 5'-...AGGATCCACGAGATCTG...-3' (здесь ... означает остальную часть плазмиды). Напишите, в какую(-ие) последовательность(-и) ДНК может превратиться этот участок плазмиды в каждом из случаев (а и б), если провести обработку плазмиды следующими ферментами в приведенной последовательности. Считайте, что каждую операцию вы проводите до конца и между стадиями вы инактивируете ферменты нагреванием. [13 баллов]

Примечание: прописывайте получающиеся последовательности ДНК на каждом этапе с указанием 5'/3'-концов.

- а) BamHI + BglII → Фрагмент Кленова + смесь дезоксинуклеотидтрифосфатов → ДНК-лигаза (фермент, сшивающий одинаковые липкие концы, либо тупые концы друг с другом)
- б) BamHI + BglII → ДНК-полимераза I + смесь дезоксинуклеотидтрифосфатов → ДНК-лигаза

Сайты рестриктаз, используемые в операциях:

BamHI (5'-G*GATCC-3')

BglII (5'-A*GATCT-3')

(* - место внесения одноцепочечного разрыва)



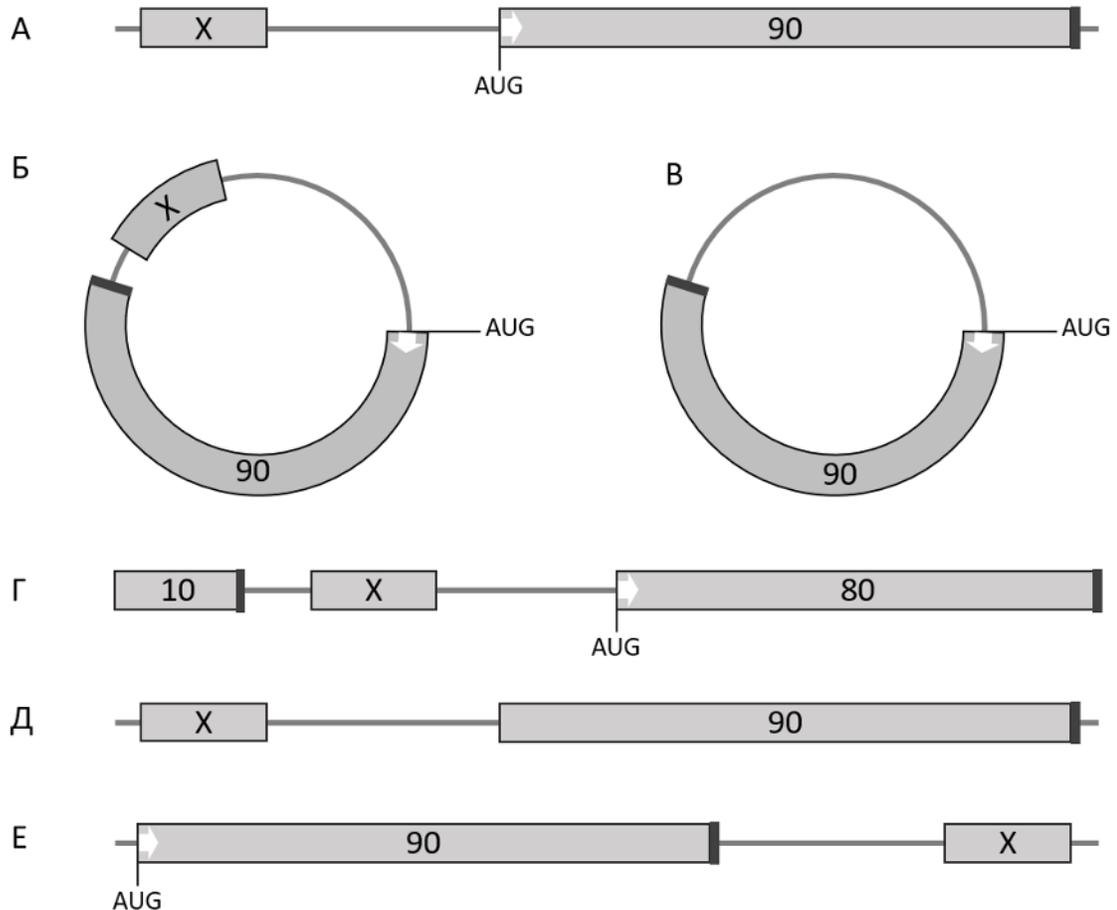
8.1. Для проверки вашей гипотезы вы решили повторить эксперимент Менделя. Для этого вы взяли гетерозиготное растение $NnMm$ из вашей лаборатории и самоопылили его. Какое расщепление по фенотипам вы ожидаете увидеть в потомстве, предполагая, что другие гены не влияют на окраску венчика. В **Листе ответов** приведите подробные решения [1 балл]

8.2. Ваш коллега убеждает вас в неверности вашей гипотезы, говоря, что в одном из своих скрещиваний получил расщепление по окраске 3:1. Считая, что в вашей лаборатории есть растения всех возможных генотипов по генам N и M и предполагая, что другие гены не влияют на окраску венчика, докажите, что его аргумент не опровергает вашу гипотезу. Для этого составьте генетическую схему скрещивания, которое провел ваш коллега. В **Листе ответов** приведите подробные решения [3 балла].

8.3. Ваш научный руководитель, услышав спор, утверждает, что “Менделевский фиолетовый” это пигмент, похожий по химической структуре на ваш фиолетовый, но им не являющийся. Решив проверить его утверждение, вы провели самоопыление тригетерозиготы $CsMmNn$ и получили расщепление близкое к 57 потомков с фиолетовыми венчиками и 7 с белыми. Считая, что ген C отвечает за синтез “Менделевского фиолетового” и не сцеплен с генами M и N , объясните полученные результаты и установите соответствие между фенотипом потомства и его генотипами, изобразив схему наследования. В **Листе ответов** приведите подробные решения [6 баллов]

Задание 9. [5 баллов] В некой популяции попугаев выполняется равновесие Харди-Вайнберга. За окраску оперения отвечает ген A , имеющий 3 аллеля: A_1 - красное оперение, A_2 - синее оперение, A_3 - желтое оперение. Аллель A_1 доминирует над остальными аллелями, A_2 доминирует над A_3 . В популяции численностью 1000 особей, 10 попугаев с желтым оперением и 240 с синим оперением. Чему равна частота аллеля A_1 ? Через некоторое время численность попугаев изменилась из-за влияния хищников. Было съедено 80% желтых птиц и 15% синих птиц. Рассчитайте частоты аллелей и фенотипов в популяции через 5 поколений после воздействия хищниками. В **Листе ответов** приведите подробные решения.

Задание 10. [5 баллов] Ученые с помощью *in vitro* транскрипции РНК-полимеразой фага Т7 получили РНК (А), содержащую последовательность X и открытую рамку считывания на 90 а/к-т. X является последовательностью из генома «+» РНК вируса эукариот. На схеме этой РНК отмечены единственный в этой РНК триплет AUG и стоп-кодон (черным прямоугольником).



Затем РНК (А) закольцевали, получив кольцевую молекулу (Б). Эту молекулу РНК (Б) поместили в систему *in vitro* трансляции (лизат ретикулоцитов кролика). Полученные в результате трансляции пептиды визуализировали с помощью электрофореза и увидели полосу, соответствующую закодированному полипептиду размером 90 а/к-т. Также сделали несколько других РНК (В, Г, Д, Е), которые отличались взаимным расположением разных последовательностей, и изучили их в аналогичных экспериментах на лизатах ретикулоцитов кролика.

Продукты какой длины увидели ученые на дорожках А-Е? Если на какой-то дорожке продукт не образуется, объясните причину.