

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ЗАКОН ХАРДИ-ВАЙНБЕРГА



Осадчая И.В., методист кафедры естественно-научного образования
КАУ ДПО «АИРО имени А.М. Топорова»



Английский математик
Харди Годфри Харолд



Немецкий врач
Вильгельм Вайнберг

В бесконечно большой популяции, в которой идет свободное скрещивание, нет мутаций, притока генов со стороны и естественного отбора, частоты генов не меняются.

Воображаемая популяция, в которой закон Харди-Вайнберга выполняется полностью, называется «идеальной».

Идеальная популяция имеет следующие признаки:

- ✓ неограниченно большая численность;
- ✓ свободное скрещивание - панмиксия;
- ✓ отсутствие мутационного процесса;
- ✓ отсутствие естественного отбора;
- ✓ отсутствие миграции особей;
- ✓ все аллели равно влияют на жизнеспособность гамет;
- ✓ потомки от всех возможных скрещиваний имеют равную выживаемость.

Предположим некую популяцию с одинаковым соотношением генотипов AA и aa .

Частоту гена A обозначим p , а гена a – q .

На основании скрещивания гетерозигот Aa составим решётку Пеннета:

$\text{♀} / \text{♂}$	$p (A)$	$q (a)$
$p (A)$	$p^2 (AA)$	$pq (Aa)$
$q (a)$	$pq (Aa)$	$q^2 (aa)$

Обозначения и формулы

q - доля рецессивного гена

q² - доля организмов с рецессивным фенотипом (aa)

p - доля доминантного гена

p² - доля организмов с доминантным фенотипом (AA+Aa)

$$p+q=1$$

$$f(AA) = p \times p = p^2$$

$$f(aa) = q \times q = q^2$$

$$f(Aa) = p \times q + q \times p = 2pq$$

$$(p+q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$$

Типы заданий

1. Дано количество организмов

1.1. Дано количество организмов с доминантным фенотипом

1.2. Дано количество организмов с рецессивным фенотипом

1.3. Дано количество доминантных гомозигот (AA)

2. Дана доля организмов

2.1. Дана доля организмов с доминантным фенотипом (AA+Aa)

2.2. Дана доля рецессивных гомозигот (q^2)

2.3. Дана доля доминантных гомозигот (p^2)

3. Дана доля гена

3.1. Дана доля рецессивного гена (q)

3.2. Дана доля доминантного гена (p)

Что можно найти зная p и q ?

1. Доля рецессивных гомозигот: $q \times q = q^2$
2. Доля доминантных гомозигот: $p \times p = p^2$
3. Доля гетерозигот: $2pq$
4. Количество рецессивных гомозигот: q^2 умножить на количество особей в популяции
5. Количество доминантных гомозигот: p^2 умножить на количество особей в популяции
6. Количество гетерозигот: $2pq$ умножить на количество особей в популяции
7. Количество особей с доминантным признаком: количество особей в популяции минус количество рецессивных гомозигот

Алгоритм

1.1. Дано количество организмов с доминантным фенотипом

1.1.1 Находим долю организмов с доминантным фенотипом (AA+Аа): количество особей с доминантным признаком / количество особей в популяции

1.1.2. Находим долю организмов с рецессивным фенотипом:

$$q^2 = 1 - p$$

1.1.3. Находим долю рецессивного гена: $q = \sqrt{q^2}$

1.1.4. Находим долю доминантного гена: $p = 1 - q$

1.1.5. Решаем задачу в соответствии с ее условием

Разбор задач: https://vk.com/video-125103514_456240085

Страница КУМО ЕНД: <https://iro22.ru/wp-content/uploads/2024/11/algorithmy-reshenija-zadach-na-zakon-hardi-vajnberga.pdf>

ОБЩИЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ

1. По условиям задачи запишите какие гены доминантные, какие рецессивные, какие у них могут быть генотипы.
2. Определите: о численном значении какого символа формул закона Харди-Вайнберга говорится в условиях задания
3. Представьте эту информацию в долях единицы, используя десятичные числа.
4. Определите: численные значения каких символов в формулах закона Харди-Вайнберга необходимо найти.
5. Составьте наглядный план действий (на основе каких известных частот какие можно найти, используя для этого формулы закона Харди-Вайнберга).
6. Выполните запланированные действия в установленной вами последовательности.
7. Проверьте еще раз, все ли вы нашли, что требовалось найти по условию задачи.

В популяции мышей численностью 25 тысяч особей 4000 животных гомозиготны по доминантному гену длинных ушей. Определите количество особей, являющихся гетерозиготными по этому гену, если популяция находится в состоянии генетического равновесия. В ответ запишите целое число (если число дробное, то округлите его до целого).

1.1.1 Находим долю организмов с доминантным фенотипом: количество особей с доминантным признаком / кол-во особей в популяции: **$4000/25000=0,16$**

1.1.2. Находим долю доминантного гена: $p = \sqrt{0,16} = 0,4$

1.1.3. Находим долю рецессивного гена: $q = 1 - p = 1 - 0,4 = 0,6$

Количество гетерозигот: $2pq$ x Количество особей в популяции: **$2 \times 0,4 \times 0,6 \times 25000 = 12000$**

Фенилкетонурия - моногенное заболевание, возникающее в результате нарушения аминокислотного обмена, наследующееся по аутосомно-рецессивному типу. Среди японцев заболевание встречается в среднем 8 раз на 19000 рождений. При этом частота мутантного аллеля во всей человеческой популяции составляет 0,01. Рассчитайте равновесные частоты мутантного и нормального фенотипов в человеческой популяции, а также частоту мутантного аллеля среди японцев. Поясните ход решения. Какой эволюционный фактор приводит к наблюдаемому различию частот мутантного аллеля? При расчетах округляйте значения до четырех знаков после запятой.

1) равновесная частота мутантного фенотипа (aa) составляет: $q^2 = 0,012 = 0,0001$;

2) равновесная частота нормального фенотипа составляет: $1 - q^2 = 0,9999$

ИЛИ

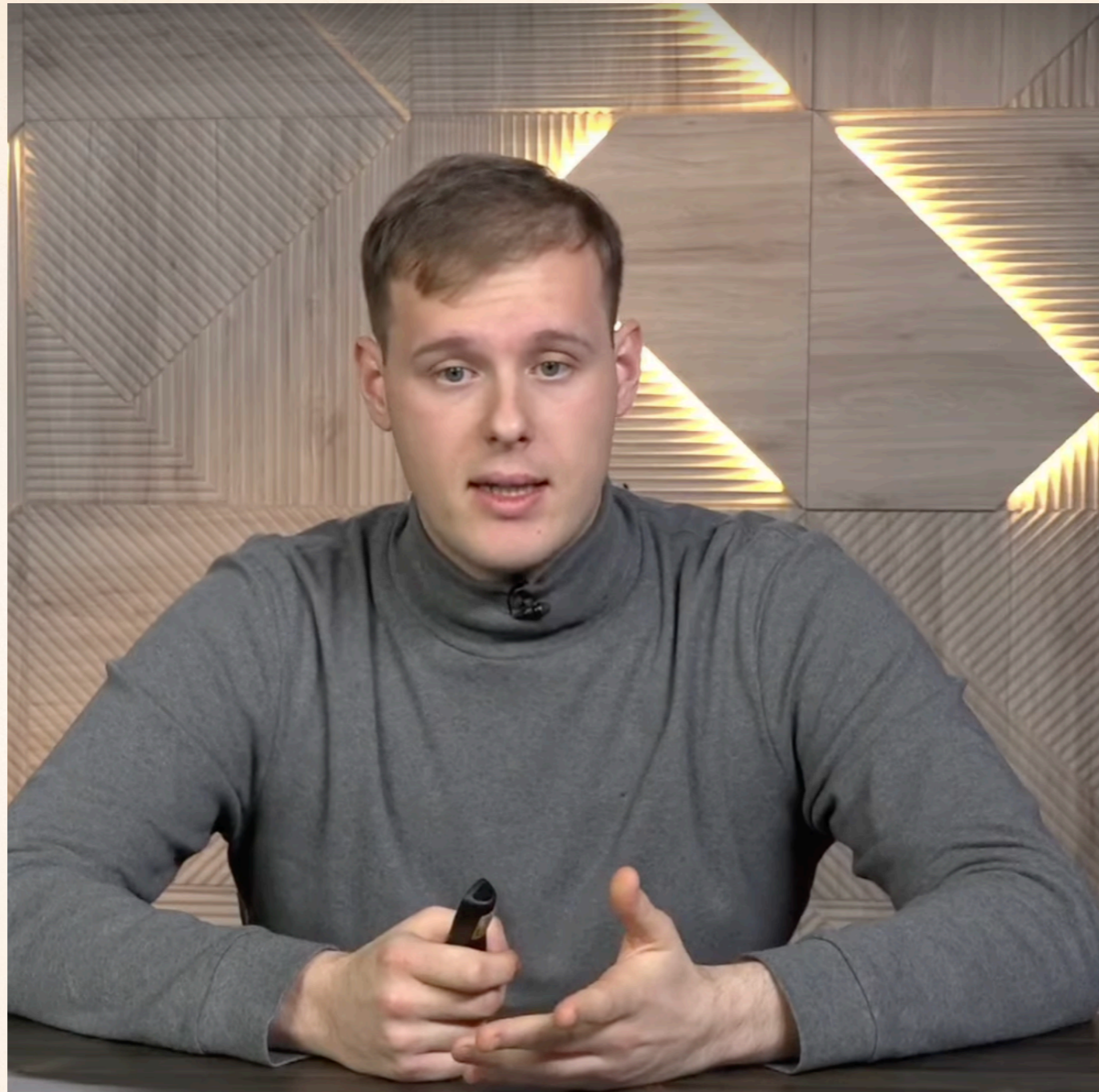
2) равновесная частота нормального фенотипа составляет: $p^2 + 2pq = 0,99^2 + 2 \cdot 0,99 \cdot 0,01 = 0,9801 + 0,0198 = 0,9999$;

3) нормальный фенотип представлен доминантными гомозиготами (AA) и гетерозиготами (Aa);

4) частота мутантного фенотипа (aa) у японцев составляет: $8/19000 = 0,0004 = q^2$;

5) частота мутантного аллеля (q) у японцев составляет: $\sqrt{0,0004} = 0,0200$;

6) дрейф генов (эффект основателя, изоляция).



Вебинар Д. Федорова "Основы популяционной генетики» : https://vkvideo.ru/video-155764868_456239557?pid=155764868

Что ожидать на ЕГЭ

На планете Нибиру цвет глаз у тетроберов определяется одним геном. Доминантные гомозиготы имеют черные глаза, рецессивные гомозиготы – желтые, а гетерозиготы – перламутровые. В начальной популяции из 1000 тетроберов 60 имеют желтые глаза. После того как 30% черноглазых особей погибли из-за хищников, популяция достигла нового равновесия.

Вам необходимо рассчитать:

1. Частоту особей с черными глазами в исходной и новой популяциях.
2. Частоты аллелей в исходной и новой популяциях.

Объясните процесс решения задачи. Предполагается, что тетроберы диплоидные, а ген находится на аутосоме

- 1) Частота рецессивных гомозигот (dd ; особей с желтой окраской глаз) в изначальной популяции составляет $60/1000 = 0.06$;
- 2) Частота рецессивного аллеля (d) в изначальной популяции составляет $\sqrt{0.06} = 0.2449$
- 3) Частота доминантного аллеля (D) в изначальной популяции составляет $f(D) = p = 1 - 0.2449 = 0.7551$;
- 4) Частота доминантных гомозигот (DD ; особей с черной окраской глаз) в изначальной популяции составляет $0.7551^2 = 0.5702$;
- 5) Частоты генотипов (фенотипов) сразу после гибели 30% доминантных гомозигот: черные особи $\frac{0.3991}{0.8289} = 0.4815$, особи с промежуточной окраской $\frac{0.3698}{0.8289} = 0.4461$, особи с желтой окраской $\frac{0.06}{0.8289} = 0.0724$.
- 6) Частота доминантного аллеля (D) в новой популяции $f(D) = p = 0.4815 + 0.5 \cdot 0.4461 = 0.7046$;
- 7) Частота рецессивного аллеля в новой популяции $f(d) = q = 1 - 0.7046 = 0.2954$;
- 8) Частота доминантных гомозигот (DD , особей с черной окраской) в новой популяции $f(DD) = p^2 = 0.7046^2 = 0.4965$;

