Генетичні задачі

Спадковість — властивість організмів передавати свої ознаки потомству.

Мінливість — властивість організмів набувати нових ознак.

Генотип — сукупність усіх генів організму. При розв'язанні задач із генетики термін генотип вживають у його вузькому значенні, маючи на увазі тільки ті гени, що зумовлюють досліджувані ознаки.

Фенотип — це сукупність усіх ознак і властивостей організму, які формуються внаслідок взаємодії його генотипу й зовнішнього середовища. При розв'язанні задач із генетики термін фенотип вживають у вузькому значенні, маючи на увазі певні конкретні ознаки організму. Розрізняють поняття «ознака» і «прояви ознаки». Наприклад, така ознака, як «колір насіння гороху» має два прояви — «жовтий колір» і «зелений колір», ознака «колір квітки гороху» має такі прояви, як «червоний колір» і «білий колір». Один із проявів ознаки є домінантним, другий — рецесивним. У найпростішому випадку певна ознака зумовлена відповідним геном. Ген може перебувати в різних формах, які розміщені в гомологічних хромосомах і відрізняються за структурою. Різні форми одного й того ж самого гена називаються алелями. Наприклад, певний ген відповідає за колір насіння й має два алелі — домінантний і

рецесивний, які відповідно зумовлюють жовтий і зелений кольори.

Отже, **ген** зумовлює певну ознаку, а його **алелі** — різні прояви цієї ознаки. Організм, гомологічні хромосоми якого містять однакові алелі того чи іншого гена, називають **гомозиготним**.

Організм, гомологічні хромосоми якого містять різні алелі того чи іншого гена, називають **гетерозиготним.**

Для запису схем схрещувань у генетиці користуються спеціальною символікою і літерами латинського алфавіту,

наприклад:

A — домінантний алель;

a — рецесивний алель;

X— символ схрещування;

P — батьківські організми;

F1 — гібридне покоління;

♀— символ жіночої статі; ♂— символ чоловічої статі

Моногібридне схрещування

I. Повне домінування

Домінантний алель повністю подавляє дію рецесивного алелю.

<u>Генотипи батьківських форм відомі</u>

Вводиться позначення гену і вирішується задача.

Наприклад:

У томатів, ген, що обумовлює червоний колір плодів, домінує над геном жовтого кольору. Яким буде покоління від схрещування гетерозиготних рослин?

Дано:

Ген, що обумовлює колір плодів → А – червоний; а - жовтий

Р. Аа х Аа

F_1 - ?

Розв'язування:



Для самостійного опрацювання

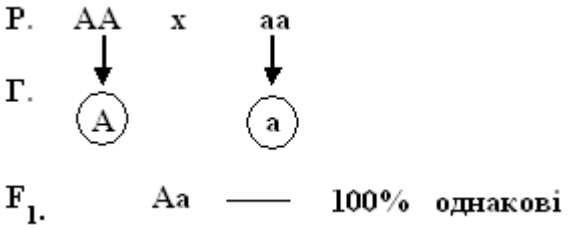
1. Ген чорного кольору великої рогатої худоби домінує над геном червоного кольору. Який колір будуть мати нащадки, отримані від схрещування чорного гетерозиготного бика з червоними коровами?
2. У томатів, ген, який обумовлює нормальний ріст домінує над геном карликовості. Яким буде покоління від схрещування гомозиготних високих рослин з карликовими?
3. У гарбузів білий колір плодів домінує над жовтим. Яким буде покоління, отримане від схрещування гомозиготних форм білого і жовтого кольорів?

Генотипи батьківських форм невідомі

1 спосіб

Проводиться ***аналізуючи схрещування.*** Це схрещування особини, генотип якої невідомий (**АА** чи **Аа)**, з особиною, гомозиготною за рецесивними ознаками. Можливі два випадки:

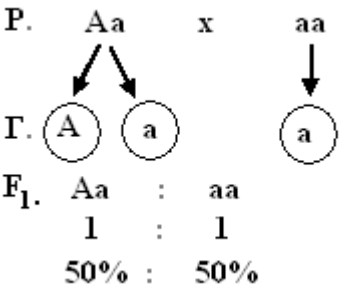
1. **Випадок.** Батьківська форма гомозигота – **АА.**



Висновок:

Якщо при аналізуючому схрещуванні в потомстві не відбулося розщеплення, то батьківська форма була гомозигота.

2. **Випадок.** Батьківська форма гетерозигота – **Аа**



Висновок:
Якщо при аналізую чому схрещуванні в потомстві відбулося розщеплення, то батьківська форма була гетерозигота.
Наприклад:
Задача 1.

У людини ген кароокості домінує над геном голубоокості. Кароокий чоловік одружився на голубоокій жінці. Від цього шлюбу народилося восьмеро дітей, всі кароокі. Який генотип у батька?

Дано:
Ген, що відповідає за колір очей → А – карі, а - голубі
P. А_ х аа
F_1 8 А _
♂- ?

Розв'язування :
Аналіз: Так як, при аналізуючому схрещуванні, не відбулося розщеплення, то батьківська форма була гомозигота – АА.
P. АА х аа
Г. (А) (а)
F_1. Аа - 100% — кароокі

Відповідь: Батько гомозигота - **АА**, діти кароокі гетерозиготи - **Аа.**

Задача 2.
У людини ген кароокості домінує над геном голубоокості. Кароокий чоловік одружився на голубоокій жінці. Від цього шлюбу народилося восьмеро дітей, один голубоокий. Який генотип батька?

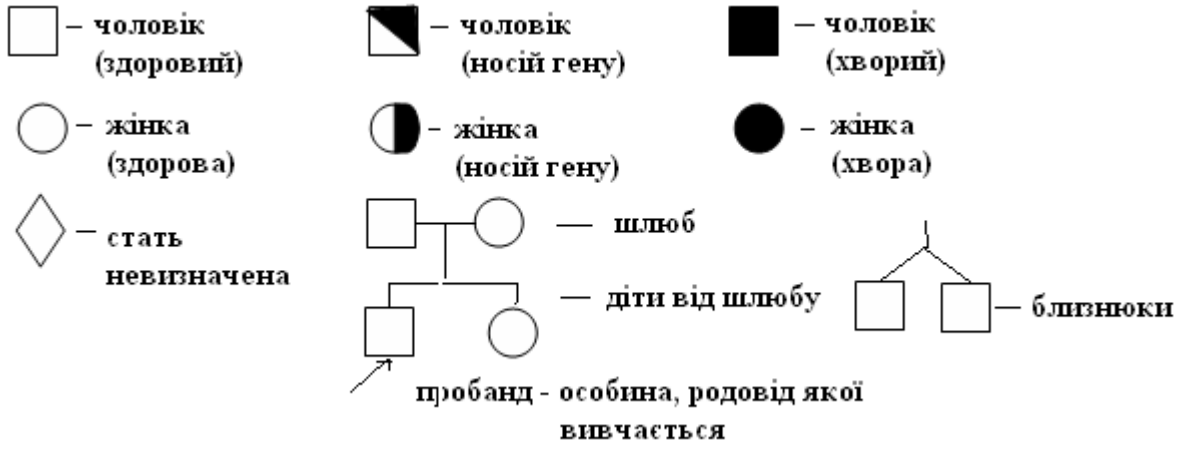
Дано:
Ген, що відповідає за колір очей → А – карі, а - голубі
P. А_ х аа
F_1 7 А _ : 1 аа
♂- ?

Розв'язування :
Аналіз: Так як, при аналізуючому схрещуванні, відбулося розщеплення: народилася голубоока дитина, то батько був гетерозигота - Аа .
P. Аа х аа
Г. (А) (а) (а)
F_1. Аа : аа
1 : 1
50% : 50%

Відповідь: Батько гетерозигота – **Аа,** кароокі діти гетерозиготи – **Аа,** голубоока дитина рецесивна гомозигота – **аа.**

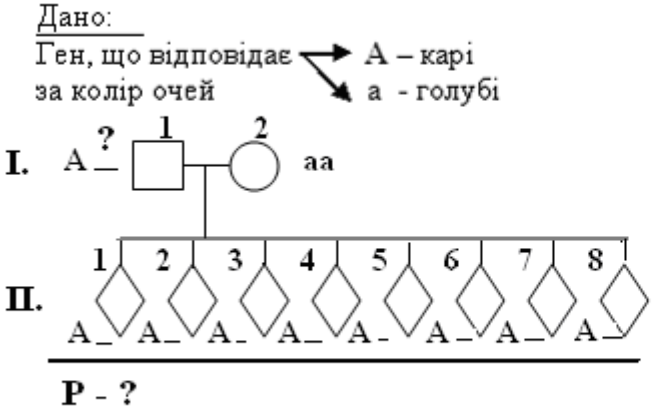
2 спосіб

Складається ***родовід.*** Для складання родоводу використовують такі позначення:



Задача 1.

У людини ген кароокості домінує над геном голубоокості. Кароокий чоловік одружився на голубоокій жінці. Від цього шлюбу народилося восьмеро дітей, всі кароокі. Який генотип у батька?



Аналіз:

Так як всі нащадки II(1-8) - кароокі, то від батька I(1) вони отримали ген кароокості - А. Можна припустити, що у батька іншого гену немає, відповідно він- гомозигота - АА.

P. АА x аа

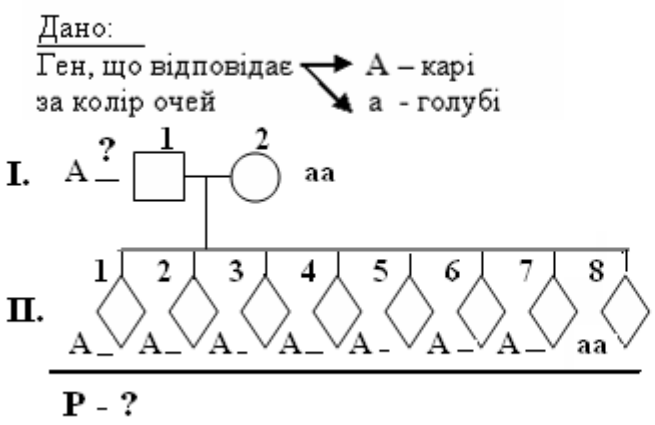
Г. А а

F_1. Аа - 100% кароокі

Відповідь: Батько гомозигота - **АА**, діти кароокі гетерозиготи - **Аа.**

Задача 2.

У людини ген кароокості домінує над геном голубоокості. Кароокий чоловік одружився на голубоокій жінці. Від цього шлюбу народилося восьмеро дітей, один голубоокий. Який генотип батька?



Аналіз:

Так як II(8) - aa, то батько I(1) - гетерозигота - Aa. Один ген дитина отримує від матері, один від батька.

P. Aa x aa

Г. A a a

F_1. Aa : aa

карооки голубооки

1 : 1

Відповідь: Батько гетерозигота – **Aa,** карооки діти гетерозиготи – **Aa,** голубоока дитина рецесивна гомозигота – **aa.**

Для самостійного опрацювання

1. У людини рецесивний алель **b** зумовлює глухонімоту, домінантний алель **B** – нормальний слух. Від шлюбу глухонімої жінки з нормальним чоловіком народилася глухоніма дитина. Визначте генотипи батьків.
2. У людини шестипалість домінує над нормальною будовою кисті. В сімї, де один з батьків має нормальну будову кисті, а другий шестипалий, народилася нормальна дитина. Яка ймовірність народження наступної дитини шестипалої.
3. У людини вміння володіти переважно правою рукою – домінантна ознака, лівою – рецесивна. Чоловік – правша, мати якого була лівшею, одружився з жінкою правшею, що мала двох сестер, одна з яких лівша. Яка ймовірність народження дитини лівші?

3 спосіб

Встановлюються генотипи батьківських форм за аналізом розщеплення у нащадків.

Правило:

Якщо при схрещуванні двох фенотипові однакових нащадків в потомстві відбулося розщеплення 3:1, то батьківські форми були гетерозиготи.

Наприклад:

У дурману з червоними квітками від самозапилення з'явилось 30 нащадків з червоними і 9 з білими квітками. Які можна зробити висновки про успадкування кольору квітів цієї рослини?

Дано:

P. Червоні x Червоні

F_1. 30 черв. : 9 білі

A - ?

Аналіз:

Так як в потомстві відбулося розщеплення 30 : 9 = 3 :1, то батьківські форми були гетерозиготи, а червоний колір - домінантна ознака.

Ген, що обумовлює колір квіток → A – червоні; a - білі

P. Aa x Aa

Г. A a A a

F_1. AA : 2Aa : aa

черв. черв. білі

3 черв. : 1 біл.

Відповідь: Червоний колір квіток – домінантна ознака, батьківські форми – гетерозиготи.

II. Неповне домінування

Домінантний алель не повністю подавляє дію рецесивного алеля.
В цьому випадку домінантні гомозиготи і гетерозиготи фенотипово будуть відрізнятися між собою.
Наприклад:
Суниці з червоним кольором плодів мають генотип АА, а з білим – аа. Рослини з генотипом Аа мають плоди рожевого кольору. З яким фенотипом будуть рослини, отримані від схрещування рожевих з рожевими?

Дано:

Ген, що выдповідає за колір квіток → $\bar{A}$ - **червоні**; **a - білі**

Генотипи:
$\bar{A}\bar{A}$ - **червоні**
$\bar{A}$a - **рожеві**
aa - **білі**

P. $\bar{A}$a x $\bar{A}$a
F_1. – ?

Розв'язування:

P. $\bar{A}$a x $\bar{A}$a
рож. рож.

Г. $\bar{A}$ a $\bar{A}$ a

F_1. $\bar{A}\bar{A}$: 2$\bar{A}$a : aa

черв. рож. білі

1 : 2 : 1

Відповідь: Розщеплення за генотипом і фенотипом буде 1:2:1, червоні – 25%, рожеві – 50%, білі – 25%.

Для самостійного опрацювання:

1. Норки з білим кольором хутра мають генотип **aa**, а з темним – **AA.** При їх схрещуванні утворюються кохінурові (білі з темним хрестом на спині). Який колір хутра можна отримати при схрещуванні кохінурових норок з темними?
2. Червоноквіткову форму нічної красуні схрестили з білоквітковою. Яким буде потомство від схрещування рослин першого покоління:
   a. з білоквітковою;
   b. з червоно квітковою?

3. Серповидно клітинна анемія успадковується як ознака з неповним домінуванням. Гомозиготи рано помирають, гетерозиготи життєздатні й мають особливу форму гемоглобіну, яким не здатний живитися малярійний паразит, тому вони не хворіють на малярію. Яка ймовірність народження дітей, стійких до малярії, у родині, де один з батьків гетерозиготний, а другий нормальний щодо цієї ознаки?

III. Кодомінування

Домінантні алелі одного гену мають самостійний прояв і не подавляють один одного. В цьому випадку дозволяється алелі одного гену позначати різними великими літерами.

Наприклад:

Хазяїн тигрів, які мали хутро нормального кольору – з поперечними смугами на шкірі – придбав тигра з повздовжніми смугами. Схрестив цього тигра з одним із своїх, він отримав нащадків в «клітинку». Яке потомство можна отримати при схрещуванні тигрів «в клітинку» між собою?

Дано:

Ген, що відповідає за розташування смуг: A - поперечні, B - повздовжні

P. AA x BB

F_1 - ? F_2 - ?

Розв'язування:

P. AA x BB

Г. A B

F_1. AB - 100% в клітинку

P. AB x AB

Г. A B A B

F_2. AA : 2AB : BB

попер. кліт. повзд.

1 : 2 : 1

Відповідь: В першому поколінні отримано 100% в клітинку, в другому поколінні – 25% з поперечними смугами, 25% з повздовжніми, 50% - в «клітинку».

Для самостійного опрацювання:

1. За типом кодомінування успадковується група крові системи **MN.** Яку групу крові буде мати дитина, якщо батько має групу крові – **M**, а мати – групу крові – **N ?**

IV. **Множинний алелізм**

Ген може бути представлений більше ніж двома алелями, але в організмі може знаходитись тільки два алелі – один від батька, один від матері.

За цим типом у людини успадковується група крові системи **ABO.**



I (O) - OO - еритроцити не містять аглютиногенів, в плазмі крові знаходяться аглютиніни **α** і **β**.

II (A) - AA, AO - еритроцити містять аглютиноген **A** , в плазмі крові знаходиться аглютинін **β**.

III (B) - BB, BO - еритроцити містять аглютиноген **B** , в плазмі крові знаходиться аглютинін **α**.

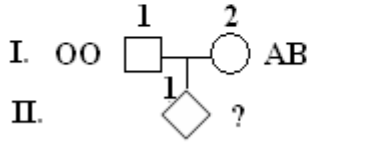
IV (AB) - AB - еритроцити містять аглютиногени **A** і **B**, в плазмі крові відсутні аглютиніни.

При переливанні несумісних груп крові відбувається ***аглютинація*** – склеювання еритроцитів (аглютиногени зустрічається з відповідними аглютинінами **А – α, В – β.**
Наприклад:
Яку групу крові буде мати дитина, якщо у батька перша група, а у матері – четверта?

Дано:

Ген, що відповідає за групу крові (система АВО)

О - OO - I
А - AA, AO - II
В - BB, BO - III
AB - IV



II(1) - ?

Розв´язування:

P. OO x AB

Г. O A B

F_1. AO : BO

IIгр. IIIгр.

1 : 1

Відповідь: Діти будуть мати або II групу або III.

Для самостійного опрацювання:

1. Гетерозиготні батьки мають II й III групи крові. Які групи крові можливі у їх дітей?
2. У хлопчика I група крові, а його сестри – IV. Які групи крові у їх батьків?
3. Чоловік, батьки якого мали I й IV групи крові, одружився з жінкою з III групою крові. Від цього шлюбу народилися троє дітей: із I, II, IV групами крові. Які генотипи батьків?
4. У матері IV група крові, у батька – III (BO). Які групи крові не можуть бути у їх дітей ?

Дигібридне схрещування

Особини, взяті для схрещування, відрізняються за двома альтернативними ознаками. Незалежне успадкування спостерігається в тому випадку, коли гени, які відповідають за різні ознаки знаходяться в різних негомологічних хромосомах.
При дигібридному схрещуванні потрібно правильно розписати гамети, які утворюються.

Наприклад:
Задача 1.
У духмяного горошка високе стебло домінує над карликовим, а зелені боби над жовтими. Які результати ми отримаємо при слідуючих схрещуваннях:

1. *АаВв х ааВВ*
2. *ААвв х АаВВ*
3. *ааВВ х АаВВ*

Дано:

Ген, що відповілає за висоту стебла → А - високе, а - карликове

Ген, що відповідає за колір бобів → В - зелені, в - жовті

1. Р. АаВв х ааВВ
2. Р. ААвв х АаВВ
3. Р. ааВВ х АаВВ

Розв´язування:

1. Р. АаВв х ааВВ

Г. (АВ) (Ав) (аВ) (ав) — (аВ)

Гамети	АВ	Ав	аВ	ав
аВ	АаВВ Вис.зел.	АаВв Вис.зел.	ааВВ Карл.зел.	ааВв Карл.зел

F_1. 50% - високі зелені,
50% - карликові зелені.

2. Р. ААвв х АаВВ

Г. (Ав) — (АВ) (аВ)

F_1. ААВв : АаВв

Вис.зел. Вис.зел

100%

3. Р. ааВВ х АаВВ

Г. (аВ) — (АВ) (аВ)

F_1. АаВВ : ааВВ

Вис.зел. : Карл.зел.

50% : 50%

Відповідь: 1випадок: 50% - високі зелені, 50% - карликові зелені.
2 випадок: 100% - високі зелені.
3 випадок: 50% - високі зелені, 50% - карликові зелені.

Задача 2.
У резус-позитивних батьків з II групою крові народилася дитина резус-негативна з I групою. Визначить генотипи батьків і можливі генотипи дітей.

Дано:

Ген, що визначає групу крові (система АВО)

О - ОО - I гр.

А - АА, АО - II гр.

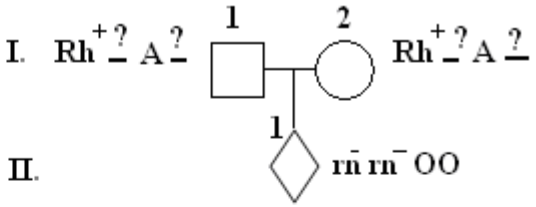
В - ВВ, ВО - III гр

АВ - IV гр.

Ген, що визначає групу крові (система Rh)

Rh^+ - позитивна

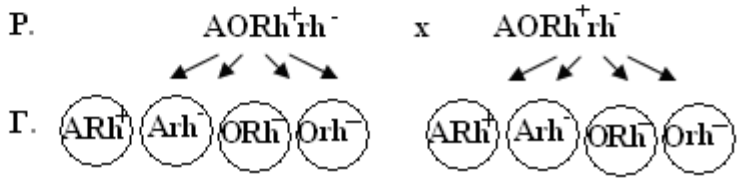
rh^- - негативна



Розв язування:

Аналіз родоводу:

Один ген дитина отримує від батька, один - від матері. Так як II(1) - rh^-rh^-OO, то I(1,2) - дигетерозиготи - Rh^+rh^-AO.



♂ \ ♀	ARh^+	Arh^-	ORh^+	Orh^-
ARh^+	$AARh^+rh^-$ II, поз.	$AARh^+rh^-$ II, поз.	$AORh^+rh^-$ II, поз.	AORh+rl II, поз.
Arh^-	$AARh^+rh^-$ II, поз.	AArh-rh- II, нег.	$AORh^+rh^-$ II, поз.	AOrh-rh- II, нег.
ORh+	$AORh^+Rh^+$ II, поз.	$AORh^+rh^-$ II, поз.	$OORh^+Rh^+$ I, поз.	OORh+rl I, поз.
Orh^-	$AORh^+rh^-$ II, поз.	AOrh-rh- II, нег.	$OORh^+rh^-$ I, поз.	OOrh-rh- I, нег.

F_1 9 ARh^+ : 3 Arh- : 3 ORh^+ : 1 Orh-

Відповідь: 9ARh^+, 3Arh-, 3ORh^+, 1Orh–.

Для самостійного опрацювання

1. Блакитноокий правша, батько якого був лівшею, оженився на кароокій лівші з родини, всі члени якої протягом кількох поколінь мали карі очі. Якими в них можуть бути діти?
2. Від нормальних батьків народилася дитина – глухонімий альбінос. Визначте генотипи батьків, якщо відомо, що глухонімота й альбінізм – рецесивні ознаки.
3. У людини кароокість і наявність ластовиння – домінантні ознаки. Кароокий без ластовиння чоловік одружується з блакитноокою жінкою, котра має ластовиння. Визначте, якими в них будуть діти, якщо чоловік гетерозиготний за ознакою каро окості, а жінка гетерозиготна за ознакою ластовиння.

Зчеплене успадкування

Спостерігається в тому випадку, коли гени, які відповідають за різні ознаки, знаходяться в одній хромосомі. Вони утворюють одну групу зчеплення і успадковуються разом. Нові комбінації

генів утворюються внаслідок процесів кон'югації і кросинговеру, які відбуваються під час першого мейотичного поділу.

Відсоток кросинговеру відомий

Для визначення ймовірності події, потрібно, ймовірність однієї події помножити на ймовірність другої і поділити на сто відсотків.

Наприклад:

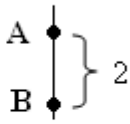
Задача 1.

У помідорів високе стебло (А) домінує над карликовим (а), круглі плоди (В) – над грушоподібними (в).Гени, що визначають висоту стебла і форму плода зчеплені й знаходяться в одній хромосомі на відстані 20 морганід .Гетерозиготну за обома генами рослину, у якої ген – А зчеплений з В, схрестили з карликовою рослиною, яка має грушоподібні плоди. Яке потомство слід очікувати від цього схрещування?

Дано :

Ген, що визначає висоту стебла → А - високе; а - карликове

Ген, що визначає форму плода → В - круглі; в - грушоподібні

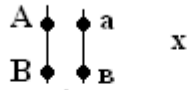
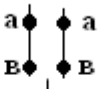


20 морганід

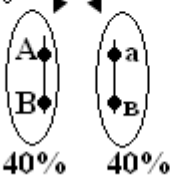
P. **АаВв** **x** **аавв**

F_1–?

Розв'язування:

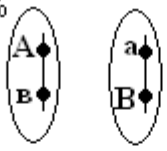
P.  **x** 

Г. 1. Некросоверні - 80%



40% **40%**

2. Кросоверні - 20%



10% **10%**

	АВ - 40%	**ав - 40%**	**Ав - 10%**	**аВ - 10%**
ав 100%	**АаВв - 40% вис.кр.**	**аавв - 40% карл.гр.**	**Аавв - 10% вис.гр.**	**ааВв - 10% карл.кр.**

Відповідь: 40% - високі круглі, 40% - карликові грушовидні, 10% - високі грушовидні, 10% - карликові круглі.

Відсоток кросинговеру невідомий

Невелика кількість нових комбінацій в потомстві говорить про кросинговер. Щоб знайти відсоток кросинговеру, потрібно загальну кількість нових комбінацій поділити на загальну кількість нащадків і помножити на 100%.
Наприклад:
Задача1.
У кукурудзи гени, що визначають колір і форму насіння знаходяться в одній хромосомі Гладенька форма(А) – домінує над зморшкуватою(а), а забарвлене насіння(В) – над незабарвленим(в).При схрещуванні кукурудзи з гладеньким забарвленим насінням з рослинами, які мали зморшкувате незабарвлене насіння, отримано 4152 гладеньких забарвлених, 149 зморшкуватих забарвлених, 152 гладеньких незабарвлених і 4163 зморшкуватих незабарвлених. Визначить відстань між генами.

Дано:

Ген, що визначає форму насіння → А - гладенька, а - зморшкувата

Ген, що визначає колір насіння → В - забарвлене, в - незабарвлне

P. A_B_ x **аавв**

F_1. **4152** : **4163**

глад. заб. **зморш. незаб.**

149 : **152**

зморш. заб. **глад. незаб.**

% кросинговеру - ?

Розв´язування:

Вілношення 4152 : 4163 дорівнює приблизно 1 : 1. Таке співвідношення визначає, що гени знаходяться в одній хромосомі, тому успадковуються разом. Нові комбінації говорять про те, що відбувається кросинговер.

Загальна кількість нащадків:

$4152 + 4163 + 149 + 152 = 8616.$

Число кросоверів:

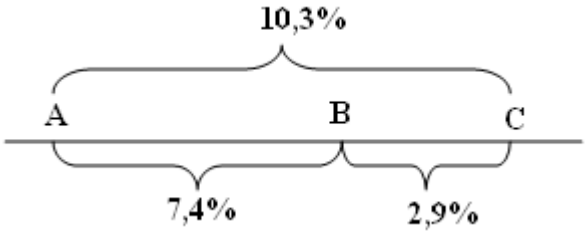
$149 + 152 = 301$

$$\% = \frac{301 \text{ x } 100\%}{8616} = 3{,}49\%$$

Відповідь: Відстань між генами дорівнює 3,49 %.

<u>Побудова генетичних карт хромосом</u>

Керуючись принципом лінійного розташування генів і знаючи частоту кросинговеру між ними, можна побудувати генетичні карти хромосом.
Генетична карта хромосом – це схема взаємного розташування генів, які знаходяться в одній групі зчеплення.
Задача 1.
Гени А, В, С знаходяться в одній групі зчеплення. Між генами А і В кросинговер відбувається з частотою 7,4%, між генами В і С – 2,9%. Визначить взаєморозташування генів, якщо відстань між генами А і С складає 10,3% кросинговеру.
Розв'язування.
Ген С повинен знаходитись по відношенню до гену В в такому положенні, щоб відстань між генами А і С складала 10,3%, відповідно - за геном С.

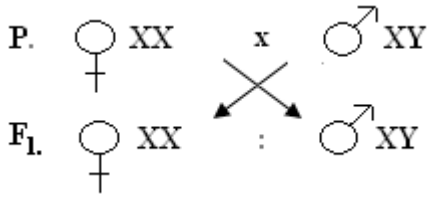


Для самостійного опрацювання:

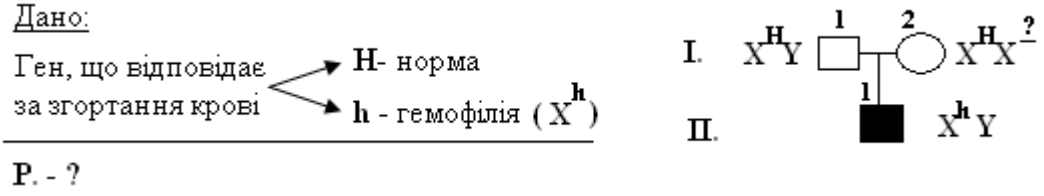
1. У людини резус-позитивність і еліптоцитоз (аномальні еритроцити) визначаються домінантними зчепленими генами, відстань між якими 4% кросинговеру. Один з подружжя є гетерозиготним за обома ознаками, причому резус-позитивність і еліптоцитоз він успадкував від одного зі своїх батьків. Інший – резус-негативний і має нормальні еритроцити. Визначте ймовірність народження у цього подружжя резус-позитивної дочки з нормальними еритроцитами.
2. Катаракта і багатопалість у людини зумовлені двома домінантними генами з неповним зчепленням, кросинговер між якими складає 6%. Жінка успадкувала катаракту від батька, а полідактилію від матері. ЇЇ чоловік є нормальним за обома ознаками. Визначте ймовірність народження у них дитини, який мав би тільки багатопалість.
3. У людини відсутність потових залоз і альбінізм зумовлені двома зчепленими аутосомними рецесивними генами. Відстань між ними становить 20% кросинговеру. У подружжя, нормального за обома ознаками, народилася дочка з обома згаданими аномаліями. Яка ймовірність того, що й друга дочка теж буде альбіносом?
4. У пацюків темне забарвлення шерсті домінує над світлим, рожевий колір очей – над червоним. Гени, які відповідають за ці ознаки, успадковуються зчеплено. Від схрещування рожевооких темношерстних пацюків із червоноокими світло шерстними отримано потомство: темношерстних рожевооких – 73 особини, світло шерстних рожевооких – 24, темношерстних червоноооких – 26, світло шерстних червоноооких – 77. Визначте частоту кросинговеру.
5. Гени А,В і С знаходяться в одній групі зчеплення. Між генами А і В кросинговер відбувається з частотою 8,8%, між генами В іС – з частотою 6,5%. Визначте взаєморозташування генів, якщо між генами А іС кросинговер відбувається з частотою 15,3%.
6. Гени А, В, С і Д знаходяться в одній групі зчеплення. Відстань між ними така: АВ – 5%, ВС – 15%, СД – 6%, АД – 26%, АС – 20%. Побудуйте генетичну карту хромосом. Визначте відстань між генами ВД.
7. Які типи гамет і в якому % співвідношенні утворюють організми із слідуючими генотипами: АаВвССКК, ААВВСсКк. Якщо відомо, що гени А і В знаходяться в різних хромосомах, а гени С і К – в одній і кросинговер між ними складає 10%.

Успадкування, зчеплене зі статтю

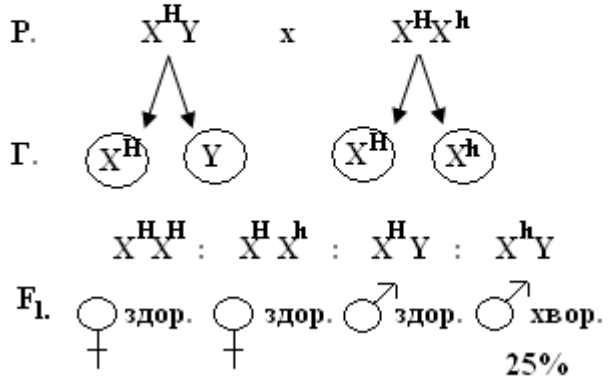
Правило «Хрест-навхрест»:
Єдину Х-хромосому батько передає дочці, а син отримує від матері.



Наприклад:
Задача 1.
Єдиний син здорових батьків страждає на гемофілію. Хто з батьків передав ген гемофілії дитині?



Розв язування.
Аналіз: Ц(1) отримав від батька Y-хромосому, від матері - X-хромосому з геном гемофілії. Можна зробити висновок, що мати є носієм гену гемофілії.



Відповідь: Ген гемофілії син отримав від матері. Ймовірність народження хворої дитини складає 25%.

Для самостійного опрацювання:

1. Яким буде очікуване співвідношення генотипів у дітей жінки, батько якої страждав гемофілією, якщо її чоловік здоровий.
2. В якому випадку у хворого гемофілією може народитися син гемофілік?
3. Дочка дальтоніка виходить заміж за сина іншого дальтоніка. Наречена і наречений розрізняють кольори нормально. Який зір буде у їх дітей?
4. Яка ймовірність народження сина гемофіліка з I групою крові від здорових батьків з II групою крові, якщо батько матері хворів гемофілією і мав I групу крові, а батько батька був здоровий і мав I групу крові?
5. У хлопчика з карими очима, хворого дальтонізмом, батько – кароокий дальтонік, а мати – голубоока з нормальним зором. Чи можна сказати, що хлопчик успадкував ці ознаки від батька?
6. Жінка, мати якої страждала дальтонізмом, а батько – гемофілією, одружилася з чоловіком, який мав обидва захворювання. Визначте ймовірність народження в цій сім ї дітей. Які також страждатимуть обома захворюваннями.
7. Надмірне оволосіння вушної раковини (гіпертрихоз) зумовлене геном, локалізованим в Y – хромосомі. Яка ймовірність народження дитини з такою аномалією, якщо цю ознаку має батько?

Множинна дія гену

Ген може відповідати за декілька ознак організму, якщо цей ген відповідає за життєво важливі ознаки, то зміна цього гену може призвести до загибелі організму. Такий змінений ген називається ***летальний.*** При наявності леталі, в підрахунку співвідношення нащадків, вона не враховується.

Наприклад:

Задача 1.

Брахідактилія – вкорочення середньої фаланги пальців, викликана наявністю в генотипі летального рецесивного гену – Вв. Дві дози цього гену - вв, викликають загибель організму.

1. *Яке співвідношення фенотипів слід очікувати від шлюбу нормальної жінки і чоловіка хворого брахідактилією?*
2. *Яка ймовірність того, що у подружжя, хворого на брахідактилією, народиться здорова дитина?*

Дано:

Ген, відповідає за розвиток скелету → **В** - нормальний розвиток; **в** – леталь

Генотипи:

ВВ – нормальний розвиток скелета

Вв – брахідактилія

вв – леталь

Р. ВВ х Вв - ?

Р. Вв х Вв - ?

Розв´язування:

1. **Р.** ВВ х Вв

Г. В, В, в

F_1. ВВ : Вв

норма брахідактилія

1 : 1

2. **Р.** Вв х Вв

В, в, В, в

F_1. ВВ : 2Вв : вв

норма брах. леталь

1 : 2

Відповідь: 1 випадок: 50% - норма, 50% - брахідактидія,
2 випадок : 33,3% - норма, 66,6% - брахідактилія.

Для самостійного опрацювання:

1. Серед представників виду ссавців є особини, які несуть зчеплений зі статтю летальний ген, який викликає загибель і розсмоктування зародка на ранніх етапах розвитку. Якого співвідношення генотипів слід очікувати серед нащадків нормального самця і самки, яка несе цей ген?
2. У мексиканського дога відсутність хутру – домінантна ознака. Гомозиготи за цим алелем летальні. Яких нащадків і з якою ймовірністю слід очікувати при схрещуванні безшерстних догів між собою?
3. Серповидно-клітинна анемія успадковується як ознака з неповним домінуванням. Гомозиготні індивідууми рано помирають, а гетерозиготні – життєздатні і мають особливу форму гемоглобіну. Малярійний паразит не здатний використовувати для живлення цей гемоглобін, тому гетерозиготи не хворіють на малярію. Яка ймовірність народження дітей в сім ї , де обидва батьки стійкі до малярії?

Взаємодія генів

При рішенні задач враховується, що за одну ознаку організму відповідає декілька генів, які успадковуються незалежно.

Для самостійного опрацювання:

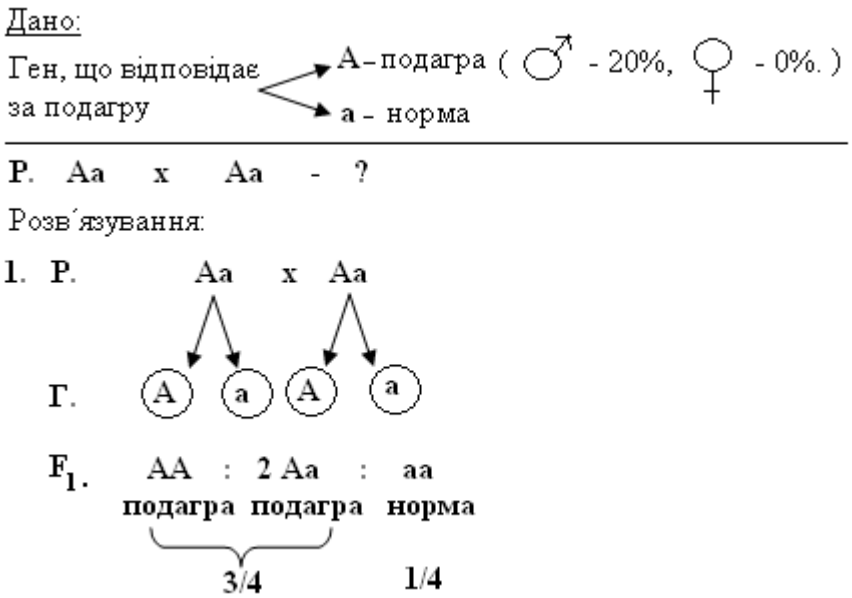
1. Схрестили дигетерозиготну червоноквіткову рослину запашного горошку з гомозиготною білоквітковою. Яким буде потомство?
2. У мишей домінантний алель *С* зумовлює пігментацію шерсті, рецесивний алель *с* – білий колір. Алель *А* викликає нерівномірний розподіл пігменту вздовж волосини, внаслідок чого шерсть має сірий колір. Алель *а* викликає рівномірну пігментацію волосся, внаслідок чого шерсть чорна. Дигетерозиготна сіра миша схрещена з білою, гомозиготною за алелями *а* і *с*. Визначте розщеплення за фенотипом в першому поколінні.

3. У курей ген *R* визначає трояндоподібний гребінь, ген *P* – горохоподібний. За комплементарної взаємодії генів *R* і *P* утворюється горіхоподібний гребінь, птахи з генотипом *rrpp* мають простий гребінь. Яке розщеплення ми отримаємо при схрещуванні гомозиготної особини з трояндо подібним гребенем з особиною, гомозиготною за геном горохоподібного гребеня?
4. У людини одна з форм глухоти визначається рецесивними алелями різних генів – *d* і *e*. Для нормального слуху необхідна наявність двох домінантних алелів *D* і *E,* один з яких визначає розвиток завитки, а другий – слухового нерва. В сім ї глухих батьків народилася дитина з нормальним слухом. Визначте генотипи членів сім ї.
5. У людини різниця в кольорі шкіри зумовлена двома парами генів. Наявність всіх домінантних алелів дає чорний колір шкіри, наявність всіх рецесивів – білий колір. Визначте генотипи батьків, якщо обидва – смагляві та мають одну білу і одну чорну дитину.

Пенетрантність

Пенетрантність гену – це частка особин, в яких проявляється очікуваний фенотип.
Наприклад:
Задача1.
Подагра визначається домінантним аутосомним геном. За деякими даними, пенетрантність гену у чоловіків складає 20%, а в жінок вона дорівнює 0.

1. *Яка ймовірність захворювання подагрою в сім ї гетерозиготних батьків?*



Серед нащадків 3/4 буде мати ген подагри. Пенетрантність гену у чоловіків і жінок різна. Чоловіки складають 1/2 від нащадків, відповідно, чоловіки - носії гену подагри будуть складати - 3/4 х 1/2 = 3/8. Серед них ген подагри проявляється в 20% випадках. 20% = 1/5.
Хворі чоловіки будуть складати: 3/8 х 1/5 = 3/40 (7,5%).
У жінок пенетрантність гену дорівнює нулю. Тому всі жінки будуть здорові.
Відповідь: 7,5% чоловіків будуть хворі на подагру, всі жінки будуть здорові.

Для самостійного опрацювання:

1. Ангіоматоз сітчастої оболонки спадкується як домінантна аутосомна ознака з пенетрантністю 50%. Визначте вирогідність захворювання дітей у сімї,де обоє батьків є гетерозиготними носіями ангіоматозу.
2. Отосклероз спадкується як домінантна аутосомна ознака з пенетрантністю 30%. Відсутність бічних верхніх різців спадкується як зчеплена з Х-хромосомою рецесивна ознака з повною пенетрантністю. Визначте вирогідність прояву у дітей обох аномалій в

сім ї, де мати гетерозиготна стосовно обох ознак, а батько – нормальний за обома ознаками.

3. Бомбейське подружжя має IV групу крові, а їх єдиний син – I. Напишіть генотипи батьків і сина. Які групи крові можливі у дітей їх сина, якщо його дружина матиме I групу крові і не матиме Бомбейського феномена?

Генетика популяцій

I. Ідеальна (панміктична) популяція

Частота зустрічі генотипів відома

Використовуємо формулу закону «Харді-Вайнберга» і знаходимо частоту алелей.
Наприклад:
Задача 1.
В популяції людей 16% є резус-негативними,у них відсутній синтез білка-резуса,84% - є резус-позитивними, вони мають в крові білок-резус. визначить відсоток зустрічі гетерозигот по резус-фактору в популяції.

Дано:

$g = 0{,}16$

$p + 2pg = 0{,}84$

$2pg$ - ?

Розв´язування:

$g^2 = 0{,}16\%$

$g = \sqrt{0{,}16} = 0{,}4$

$p = 1 - 0{,}4 = 0{,}6$

$2pg = 2 \times 0{,}4 \times 0{,}6 = 0{,}48$ - 48%

Відповідь: Частота зустрічі гетерозигот складає 48%.

Частота зустрічі генотипів невідома

Спочатку знаходимо частоту, а потім використовуємо формулу закону «Харді-Вайнберга».
Наприклад:
Задача 2.
В популяції 700 особин, з яких 672 з домінантними ознаками. Визначте кількість гетерозиготних організмів.

Дано:

$n = 700$

$n(A) = 672$

$n(Aa)$ - ?

Розв´язування:

$n(a) = 700 - 672 = 28$

$g^2 = \frac{28}{700} = 0{,}04$

$g = \sqrt{0{,}04} = 0{,}2$

$p = 1 - 0{,}2 \quad p = 0{,}8$

$2pg = 2 \times 0{,}8 \times 0{,}2 = 0{,}32$ - 32 %

$n(A) = \frac{32\% \times 700}{100\%} = 224$

Відповідь: Кількість гетерозигот складає в популяції 224 особини.

Визначення частоти алелей

Частота алелей визначається за формулою:

$$p = \frac{2n\,(AA) + n\,(Aa)}{2n} \qquad p = \frac{n\,(AA) + 0{,}5\,(Aa)}{n}$$

$$g = \frac{2n\,(aa) + n\,(Aa)}{2n} \qquad g = \frac{n\,(aa) + 0{,}5\,(Aa)}{n}$$

Наприклад:
Задача 3.
Популяція містить 400 особин. З них з генотипом АА – 20, Аа – 120, аа – 260. Визначить показники p s g.

Дано:
$n = 400$
$n\,(AA) = 20$
$n\,(Aa) = 120$
$n\,(aa) = 260$
$p - ?\quad g - ?$

Розв´язування:

$$p = \frac{n\,(AA) + 0{,}5\,(Aa)}{n} \qquad g = \frac{n\,(aa) + 0{,}5\,(Aa)}{n}$$

$$p = \frac{20 + 0{,}5 \times 120}{400} = 0{,}2 \qquad g = \frac{260 + 0{,}5 \times 120}{400} = 0{,}8$$

Відповідь: p = 0,2, g = 0,8.

<u>Гени успадковуються зчеплено зі статтю</u>
Так, як у чоловіків одна доза гену, то, відповідно, у чоловіків, частота зустрічі генотипів буде співпадати з частотою зустрічі алелей.
Наприклад:
Задача 4.
В популяції частота дальтонізму серед чоловіків складає 0,08. Цей дефект обумовлений зчепленим зі статтю рецесивним геном. Які очікувані частоти трьох генотипів у жінок?

Дано:
$g(♂) = 0{,}08$
$♀\ p^2 - ?\quad g^2 - ?\quad 2pg - ?$

Розв´язування:
$g = 0{,}08$
$p = 1 - 0{,}08$
$p = 0{,}92$
$p^2 = 0{,}92^2 = 0{,}846\ ,\quad g^2 = 0{,}08^2 = 0{,}0064\ ,$
$2pg = 2 \times 0{,}92 \times 0{,}08 = 0{,}147.$

Відповідь: Частота зустрічі генотипів у жінок складає: $p^2 = 0{,}846$, $g^2 = 0{,}0064$, $2pg = 0{,}147$.
<u>Ген в популяції представлений трьома алелями</u>
Для трьох алелей закон Харді-Вайнберга має вигляд:

$$p + g + r = 1$$

Відповідно, для генотипів:

$$P^2 + g^2 + r^2 + 2pg + 2pr + 2gr = 1$$

Наприклад:
Задача 5.
П. Ф .Рокитський (1978)наводить такі частоти груп крові в популяції: I – 0,33, II – 0,36, III -0,23, IY -0,08. Обчисліть частоти генів, що визначають групи крові в системі АВО даної популяції.

Дано:

Ген, що визначає групу крові (система АВО)

O - OO - I
A - AA, AO - II
B - BB, BO - III
AB - IY

p - частота алеля - A
g - частота алеля -B
r - частота алеля - O

$r^2 = 0,33$
$p^2 + 2pr = 0,36$
$g^2 + 2gr = 0,23$
$2pg = 0,08$

---

p - ? **g** - ? **r** - ?

Розв'язування:

$r^2 = 0,33$

$r = \sqrt{0,33} = 0,574$

$I + II = r^2 + 2pr + p^2$, $r^2 = 0,33$, $2pr + p = 0,36$

$r^2 + 2pr + p^2 = 0,69$

$(r + p)^2 = 0,69$

$r + p = \sqrt{0,69}$

$r + p = 0,831$, $r = 0,574$, $p = 0,831 - 0,574 = 0,257$

$r + p + g = 1$, $g = 1 - 0,831$, $g = 0,169$

Відповідь: $p = 0,257$, $g = 0,169$, $r = 0,574$.

Для самостійного опрацювання:

1. У популяції людей карооки індивіди трапляються у 51%, а блакитноокі – у 49%. Визначте частоту гетерозигот серед карооких людей.
2. Частота генів груп крові за системою АВО в популяції така: A = 0,249,B = 0,189, O = 0,562. Визначте у відсотковому співвідношенні частоту людей з I, II, III і IV групами крові.
3. Дальтонізм визначається рецесивним геном, зчепленим з Х-хромосомою. Частота алеля в популяції становить 0,08. Який відсоток чоловіків і жінок має дальтонізм?

Реальна популяція

Порушення закону Харді – Вайнберга у випадку самозапилення

При самозапиленні рецесивні і домінантні гомозиготи не дають розщеплення. Розщеплення гетерозигот іде в співвідношенні 1: 2: 1. Тому відсоток гетерозигот в n –поколінні дорівнює $(1/2)^n$.

Наприклад:

Задача 1.

У вихідній популяції 100% рослин – гетерозиготи. Яке співвідношення генотипів слід очікувати в третьому поколінні?

Дано:

P. **Aa - 100%**

$F_{3.}$ — ?

Розв язування:

Вихідний матеріал:

P. **Aa - 100%**

	AA	Aa	aa
$F_{1.}$	25%	50%	25%
	+		+
$F_{2.}$	12,5%	25%	12,5%
	+		+
$F_{3.}$	6,25%	12,5%	6,25%
	=		=
	43,75%		43,75%

Відповідь: Відсоток гетерозигот в F_3 складає 12,5 %.
Відсоток гомозигот - по 43,75%.

Для самостійного опрацювання:

1. Співвідношення генотипів у вибірці наступна: 1AA: 1aa. Визначте генотипну структуру F_3 у випадках самозапилення і панміксії.
2. Посівний матеріал гороху складається на 50% із насінин зеленого кольору і на 50% - із жовтих гетерозигот. Скільки жовтих горошин (у %) теоретично буде у четвертому поколінні цієї популяції? (Горох – самозапильна рослина).

Використана література

1. Адріанов В.Л. Біологія: Розв'язування задач з генетики. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 1996.
2. Барна І.В., Барна М.М. Біологія. Задачі та розв'язки: Навч. посіб. у 2-х частинах. - Тернопіль: Мандрівець, 2001.
3. С.О. Овчинніков Збірник задач і вправ із Загальної біології: Навч. посіб. – К.: Генеза, 2000.
4. Завдання Всеукраїнської олімпіади з біології.