

СЕРІЯ «БІБЛІОТЕКА ЖУРНАЛУ
«БІОЛОГІЯ»»

Р. С. Євсєєв

ЗБІРНИК ЗАДАЧ З ГЕНЕТИКИ



Харків
Видавнича група «Основа»
2016

УДК 37.016
ББК 74.262.8
Є25

Автор:

Євсєєв Р. С., викладач біології та хімії Харківського машинобудівного коледжу

Євсєєв Р. С.

Є25 Збірник задач з генетики. — Х. : Вид. група «Основа», 2016. — 127, [1] с. : табл. — (Б-ка журн. «Біологія»; Вип. 10 (166)).

ISBN 978-617-00-2831-0.

Посібник містить приклади розв'язання понад 100 задач з основних розділів генетики та необхідні теоретичні відомості й пам'ятки до кожної теми.

Для вчителів та учнів загальноосвітніх шкіл і студентів біологічних спеціальностей ВНЗ.

УДК 37.016
ББК 74.262.8

Навчальне видання

Бібліотека журналу «Біологія»
Випуск 10 (166)

ЄВСЄЄВ Роман Сергійович

ЗБІРНИК ЗАДАЧ З ГЕНЕТИКИ

Навчально-методичний посібник

Головний редактор *К. М. Задорожний*

Редактор *Л. В. Мариненко*

Коректор *О. М. Журенко*

Технічний редактор *О. В. Лебедева*

Комп'ютерне верстання *Є. С. Островський*

Підп. до друку 14.10.2016. Формат 60×90/16. Папір газет.
Гарнітура Шкільна. Друк офсет. Ум. друк. арк. 8,0. Зам. № 16—10/17—04.

ТОВ «Видавнича група “Основа”».

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи КВ № 11394–267Р від 26.06.2006.

Україна, 61001 Харків, вул. Плеханівська, 66.

Тел. (057) 731-96-32. E-mail: bio@osnova.com.ua

Надруковано у друкарні ТОВ «Тріада Принт».

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1870 від 16.07.2007.

м. Харків, вул. Киргизька, 19. Тел.: +38(057) 703-12-21

email: sale@triada.kharkov.ua

ISBN 978-617-00-2831-0

© Євсєєв Р. С., 2016

© ТОВ «Видавнича група “Основа”», 2016

ВСТУП

У посібнику, що ви тримаєте в руках, наведено приклади розв'язань понад 100 генетичних задач з основних розділів:

- молекулярні основи спадковості;
- моно-, ди- та полігібридне схрещування;
- зворотне та аналізуюче схрещування;
- неповне домінування;
- взаємодія неалельних генів;
- множинний алелізм;
- плейотропія;
- зчеплене успадкування ознак та ін.

Розв'язання генетичних задач (пам'ятка для учня)

Основні етапи розв'язування задач

1. Уважно прочитайте умову задачі.
2. Зробіть короткий запис умови.
3. Запишіть генотипи та фенотипи особин, що схрещуються.
4. Визначте й запишіть типи гамет, які утворюють особини, що схрещуються.
5. Визначте й запишіть генотипи та фенотипи нащадків, отриманих від схрещування.
6. Проаналізуйте результати схрещування. Для цього визначте кількість класів нащадків за фенотипом та генотипом і запишіть їх у вигляді числового співвідношення.
7. Запишіть відповідь на запитання задачі.

Символи, що використовують під час розв'язання задач

P — батьківські особини, взяті для схрещування;

♂ — чоловіча стать;

♀ — жіноча стать;

× — схрещування;

$F_1, F_2, F_3 \dots$ — гібридне потомство, індекс (1, 2, 3...) відповідає порядковому номеру покоління. F_1 — гібриди першого покоління, вони є прямими нащадками батьків. F_2 — гібриди другого покоління, вони виникають у результаті схрещування між собою гібридів F_1 .

F_b — нащадки від зворотного схрещування.

F_a — нащадки від аналізуючого схрещування.

A, a, B, b, C, c — позначення літерами латинської абетки окремих спадкових ознак (великими літерами — домінантних, малими — рецесивних). Ген може бути позначений будь-якою літерою латинської абетки.

Майте на увазі

1. Першим записують генотип жіночої особини, а потім — чоловічої в генному виразі (правильно: ♀ $AABB \times \text{♂ } aabb$; неправильно: ♂ $aabb \times \text{♀ } AABB$). Це запис у генному виразі.
2. Гени однієї алельної пари завжди пишуть поряд (правильно: $AABB$; неправильно: $ABAB$).
3. Під час запису генотипу літери, що позначають ознаки, пишуть в алфавітному порядку, незважаючи на те яку ознаку — домінантну чи рецесивну — вони позначають (правильно: $aaBB$; неправильно: $Bbaa$).
4. Під час розв'язування задач на зчеплене успадкування для вказання локалізації генів у хромосомах застосовують запис у хромосомному виразі. Паралельні лінії означають гомологічні хромосоми (приклад: $\frac{ABc}{abC}$).
5. Під час розв'язування задач на успадкування, зчеплене зі статтю, статеві хромосоми позначають великими літерами латинської абетки (приклад: $X^A X^a, X^a Y$).
6. Якщо відомий лише фенотип особини, то під час запису її генотипу пишуть лише ті гени, наявність яких є достеменно відомою. Ген, що неможливо визначити за фенотипом, позначають так: «_» (приклад: A_bb).
7. У особин визначають і записують типи гамет. Пам'ятайте, що гомозиготна особина утворює за кожної алельної пари генів один тип гамет: $AA \rightarrow A, aa \rightarrow a$. Гетерозиготна особина — два типи гамет: $Aa \rightarrow A, a$.
8. Далі записують хід розв'язання задачі з обґрунтуванням кожного висновку й отриманих результатів.
9. Під час розв'язування задач для визначення слід користуватися решіткою Пеннета. За вертикаллю записують гамети жіночої особини, а за горизонталлю — батьківської. На перетині стовпчика та горизонтальної лінії записують комбінації гамет, що відповідають генотипу особини, яка утворилася:

$\begin{matrix} \text{♀} & \text{♂} \\ \hline \end{matrix}$	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

10. Результати схрещувань виражають або у відсотках (приклад: 25 %), або у вигляді дробу (приклад: $\frac{3}{4}$). Співвідношення класів нащадків записують у вигляді формули розщеплення (приклад: 1:3).

Поради щодо розв'язання задач

- Розв'язуйте задачу поетапно;
- на кожному етапі стисло формулюйте запитання;
- ретельно перевіряйте результати розрахунків;
- перевірте, чи всю інформацію з умови задачі використано;
- за необхідності оберіть інший спосіб розв'язування;
- наприкінці перевірте правильність розв'язування в цілому, сформулюйте й запишіть остаточну відповідь.

Бажаємо вам успіху в оволодінні методами розв'язування генетичних задач!

Розділ 1. ЗАДАЧІ НА МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ

Задачі з молекулярної біології умовно поділяють на декілька різновидів:

- встановлення послідовності нуклеотидів у ДНК, РНК із застосуванням принципу комплементарності;
- обчислення кількості нуклеотидів та їхньої частки в ланцюгах ДНК, РНК;
- визначення довжини та маси ДНК, РНК;
- визначення послідовності амінокислот за таблицею генетичного коду;
- визначення маси білка, кількості амінокислот.



Під час розв'язування задач із цього розділу пам'ятайте таке:

1. Довжина одного нуклеотиду (або відстань між двома сусідніми) становить 0,34 нм.
2. Середня відносна молекулярна маса одного нуклеотиду становить 345 а.о.м.
3. Середня відносна молекулярна маса однієї амінокислоти становить 100 а.о.м.
4. Молекула білка в середньому містить 200 амінокислот.
5. Кожну амінокислоту в білковій молекулі кодує триплет нуклеотидів іРНК (під час трансляції).
6. Для визначення довжини гена обчислюють кількість нуклеотидів, що містяться в одному ланцюзі ДНК.
7. Для визначення відносної молекулярної маси гена враховують кількість нуклеотидів, що містяться у двох ланцюгах ДНК.
8. Трансляція здійснюється згідно з генетичним кодом.
9. Для всіх ДНК виконується правило Чаргаффа: $A = T$, $G = C$.
10. Вміст пуринових нітратних основ аденіну й гуаніну дорівнює вмісту піримідинових основ тиміну й цитозину: $A + G = T + C$.
11. Сума всіх нуклеотидів у молекулі ДНК ($A + T + G + C$) або РНК ($A + U + G + C$) становить 100 %.

Задачі на встановлення послідовності нуклеотидів

Задача 1–1. У результаті досліджень з'ясовано, що в одному ланцюзі певної молекули ДНК послідовність нуклеотидів становить:

Т — Г — Г — А — Т — Ц — Г — Ц — Т — А — А.

Складіть комплементарний ланцюг до цього фрагмента.

Розв'язання-відповідь

За правилом комплементарності, у двох ланцюгах ДНК кожному гуаніну (Г) відповідає цитозин (Ц), а тиміну (Т) — аденін (А). Складаємо другий ланцюг ($G \leftrightarrow C, A \leftrightarrow T$):

- ДНК (1-й ланцюг): Т — Г — Г — А — Т — Ц — Г — Ц — Т — А — А
- ДНК (2-й ланцюг): А — Ц — Ц — Т — А — Г — Ц — Г — А — Т — Т

Задача 1–2. Визначте первинну структуру (послідовність нуклеотидів) одного з пептидів організму людини, якщо його іРНК має такий вигляд:

ЦГУАЦУГГУГУУАУГ.

Розв'язання-відповідь

Складаємо послідовність нуклеотидів у ДНК за принципом комплементарності ($G \leftrightarrow C, T \rightarrow A, A \rightarrow U$):

- РНК: ЦГУАЦУГГУГУУАУГ
- ДНК: ГЦАТГАЦЦАЦААТАЦ

Задача 1–3. Фрагмент ланцюга ДНК одного з генів рослини котятчі лапки має послідовність нуклеотидів:

ГААГГЦТАТЦАГТТТ.

У результаті мутації в третьому триплеті третій нуклеотид замінено на нуклеотид цитозин.

Визначте послідовність нуклеотидів у іРНК за вихідним фрагментом ланцюга ДНК та за зміненим. Що відбудеться з фрагментом молекули білка та його властивостями після такої мутації?

Розв'язання-відповідь

Визначаємо послідовність нуклеотидів у іРНК за незміненою ділянкою ДНК:

- ДНК: ГААГГЦТАТЦАГТТТ
- іРНК: ЦУУЦЦГАУАГУЦААА

З'ясовуємо за таблицею генетичного коду (*додаток 1*) будову відповідної ділянки білка: лей — арг — ілей — вал — ліз.

Визначаємо послідовність нуклеотидів у іРНК за умови заміни третього нуклеотиду в третьому триплеті ділянки ДНК на цитозин:

- ДНК: ГААГГЦТАЦАГТТТ
- іРНК: ЦУУЦЦГАУГГУЦ ААА

З'ясуємо будову відповідної ділянки білка: лей — арг — мет — вал — ліз.

Внаслідок заміни одного нуклеотиду до складу білкової молекули замість ізолейцину ввійде інша амінокислота — метіонін. Це позначиться на властивостях білка: вони стануть іншими.

Задача 1–4. Відомо фрагмент поліпептидного ланцюга з організму птаха чорної горихвістки:

ала — ала — цис — глу — ала — тир — мет — арг — ліз — фен.

Визначте послідовність нуклеотидів ділянки гена, який несе інформацію для зазначеного поліпептидного ланцюга.

Розв'язання-відповідь

Відтворимо за допомогою таблиці генетичного коду можливу послідовність нуклеотидів у ланцюзі РНК (зверніть увагу, що в деяких випадках ту саму амінокислоту кодують кілька послідовностей нуклеотидів, тому правильних відповідей може бути кілька):

- РНК: ГЦУ — ГЦЦ — УГЦ — ГАА — ГЦА — УАУ — АУГ — ЦГА — ААА — УУУ

Складаємо за принципом комплементарності послідовність нуклеотидів відповідної ділянки гена (фрагмент молекули ДНК):

- ДНК: ЦГА — ЦГГ — АЦГ — ЦТТ — ЦГТ — АТА — ТАЦ — ГЦТ — ТТТ — ААА

Задачі на обчислення кількості та частки нуклеотидів

Задача 1–5. Скільки нуклеотидів містить ген (обидва ланцюги ДНК) людини, в якому закодований білок інсулін, що містить 51 амінокислоту?

Розв'язання

Кожна амінокислота кодується трьома нуклеотидами, отже, 51 амінокислота закодована:

$$51 \text{ амінокислота} \times 3 \text{ нуклеотида} = 153 \text{ нуклеотида.}$$

Молекула ДНК складається з двох ланцюгів, отже, загальна кількість нуклеотидів у обох ланцюгах становить:

$$153 \text{ нуклеотидів} \times 2 \text{ ланцюги} = 306 \text{ нуклеотидів.}$$

Відповідь: ген містить 306 нуклеотидів.

Задача 1–6. За даними хімічного аналізу, 28 % від загальної кількості нуклеотидів однієї з молекул РНК пивних дріжджів становить аденін, 6 % — гуанін та 40 % — урацил.

Яким має бути нуклеотидний склад відповідної ділянки ДНК?

Розв'язання

Визначаємо вміст цитозину: $100 \% - (28 \% + 6 \% + 40 \%) = 26 \%$.
Складаємо схему за принципом комплементарності, на якій ука-
зуємо вміст нуклеотидів:

РНК		ДНК
А (28 %)	→	(28 %) Т — А (28 %)
Г (6 %)	→	(6 %) Ц — Г (6 %)
У (40 %)	→	(40 %) А — Т (40 %)
Ц (26 %)	→	(26 %) Г — Ц (26 %)

Визначаємо вміст нуклеотидів у молекулі ДНК:

- тимін $\frac{28 \% + 40 \%}{2} = 34 \%$;
- аденін $\frac{40 \% + 28 \%}{2} = 34 \%$;
- гуанін $\frac{26 \% + 6 \%}{2} = 16 \%$;
- цитозин $\frac{6 \% + 26 \%}{2} = 16 \%$.

Відповідь: до складу ділянки ДНК входить 34 % тиміну, 34 % аденіну, 16 % гуаніну, 16 % цитозіну.

Задачі на визначення довжини, маси ДНК та РНК

Задача 1–7. Молекулярна маса білка Х дорівнює 45000 а.о.м.

Визначте довжину відповідного гена, якщо молекулярна маса однієї амінокислоти становить 100 а.о.м.

Розв'язання

Визначаємо кількість амінокислот, що утворюють молекули

білка: $\frac{45\,000 \text{ а.о.м}}{100 \text{ а.о.м}} = 450.$

Обчислюємо кількість нуклеотидів, якими закодовані ці кис-
лоти:

$$450 \text{ амінокислот} \times 3 \text{ нуклеотиди} = 1350 \text{ нуклеотидів.}$$

Розраховуємо довжину гена:

$$1350 \text{ нуклеотидів} \times 0,34 \text{ нм} = 459 \text{ нм.}$$

Відповідь: довжина гена становить 459 нм.

Задача 1–8. За результатами досліджень відомо, що відстань між двома нуклеотидами, розташованими поряд, у молекулі ДНК дорівнює 0,34 нм.

Яку довжину має ген, що визначає будову молекули гемоглобіну, яка включає 278 амінокислот?

Розв'язання

Визначаємо кількість нуклеотидів, що кодують 278 амінокислот:

$$278 \text{ амінокислот} \times 3 \text{ нуклеотиди} = 834 \text{ нуклеотиди.}$$

Обчислюємо довжину гена:

$$834 \text{ нуклеотидів} \times 0,34 \text{ нм} = 283,56 \text{ нм.}$$

Відповідь: довжина гена становить 283,56 нм.

Задача 1–9. Визначте відносну молекулярну масу гена (дво-ланцюгової ДНК) жаби ставкової, якщо в одному його ланцюзі за- кодовано білок з відотною молекулярною масою 5000.

Розв'язання

Знаючи середню відносну молекулярну масу однієї амінокис- лоти, визначаємо кількість амінокислот у цьому білку:

$$\frac{5000 \text{ а.о.м}}{100 \text{ а.о.м}} = 50 \text{ амінокислот.}$$

Знаючи, що кожна амінокислота кодується трьома нуклеоти- дами, визначаємо кількість нуклеотидів в обох ланцюгах гена, що кодує зазначений білок:

$$50 \text{ амінокислот} \times 3 \text{ нуклеотиди} \times 2 \text{ ланцюги} = 300 \text{ нуклеотидів.}$$

Знаючи середню відносну масу одного нуклеотиду, визначаємо відносну молекулярну масу гена:

$$M_r (\text{гена}) = 300 \text{ нуклеотидів} \cdot 345 \text{ а.о.м.} = 103\,500 \text{ а.о.м.}$$

Відповідь: відносна молекулярна маса гена дорівнює 103500 а.о.м.

Задачі на визначення послідовності амінокислот

Задача 1–10. Один із фрагментів ланцюга ДНК сільської лас- тівки має таку структуру:

- а) ...АЦЦГТЦГТТЦААТАЦ...
- б) ...ГТАЦЦАГТЦАТГГТЦАЦ...
- в) ...ГАТЦАЦГТАЦАГААТЦГЦГТ...

Вкажіть кількість триплетів та послідовність амінокислот у білку.

Розв'язання-відповідь

- а) Складаємо відповідну ділянку іРНК за принципом комплемен- тарності:

...УГГ — ЦАГ — ЦАА — ГУУ — АУГ...

Триплетів п'ять. Визначаємо послідовність амінокислот у білку:

...трип — глн — глн — вал — мет...

- б) Складаємо відповідну ділянку іРНК за принципом комплементарності:

...ЦАУ — ГГГ — УЦА — ГУА — ЦЦА — ГУГ...

Триплетів шість. Визначаємо послідовність амінокислот у білку:

...гіс — глі — сер — вал — про — вал...

- в) Складаємо відповідну ділянку іРНК за принципом комплементарності:

...ЦУА — ГУГ — ГЦА — УГУ — ЦУУ — АГЦ — ЦГА...

Триплетів сім. Визначаємо послідовність амінокислот у білку:

...лей — вал — ала — цис — лей — сер — арг...

Задача 1–11. За фрагментом ланцюга молекули ДНК рослини грицики звичайні ТАЦТЦГАЦГТАТАЦА визначте:

- послідовність амінокислот у відповідній молекулі білка;
- довжину ділянки гена;
- вміст у відсотках кожного типу в цій ділянці гена.

Розв'язання-відповідь

Визначаємо послідовність нуклеотидів у молекулі РНК:

...АУГАГЦУГЦАУАУГУ...

Послідовність амінокислот відповідного білка:

...мет — сер — цис — ілей — цис...

Фрагмент ланцюга ДНК містить 15 пар нуклеотидів. Визначаємо його довжину: $0,34 \text{ нм} \cdot 15 = 5,1 \text{ нм}$.

Складаємо другий ланцюг молекули ДНК:

...АТГАГЦТГЦАТАТГТ...

Загальна кількість нуклеотидів у обох ланцюгах дорівнює 30, кількість нуклеотидів кожного типу: А — 9, Т — 9, Г — 6, Ц — 6.

Визначаємо вміст кожного з них:

$$\omega(\text{А}) = \omega(\text{Т}) = \frac{9}{30} \cdot 100 \% = 30 \%;$$

$$\omega(\text{Г}) = \omega(\text{Ц}) = \frac{6}{30} \cdot 100 \% = 20 \%.$$

Задача 1–12. Закодуйте послідовність амінокислот у послідовність нуклеотидів для молекули ДНК крижени:

- а) ...гіс — тир — сер — лей — стоп
б) ...глн — арг — глу — вал — мет — стоп

Розв'язання-відповідь

а) Складаємо послідовність нуклеотидів у молекулі РНК:

...ЦАЦ — УАЦ — АГЦ — ЦУГ — УГА

Послідовність нуклеотидів у молекулі ДНК:

...ГТГ — АТГ — ТЦГ — ГАЦ — АЦТ

б) Складаємо послідовність нуклеотидів у молекулі РНК:

...ЦАГ — АГА — ГАА — ГУЦ — АУГ — УАГ

Послідовність нуклеотидів у молекулі ДНК:

...ГТЦ — ТЦТ — ЦТТ — ЦАГ — ТАЦ — АТЦ

Задачі на визначення маси білка, кількості амінокислот

Задача 1–13. Один із ланцюгів ДНК шовковичного шовкопря-ду має молекулярну масу 30015. Визначте кількість мономерів, закодованих у цій ДНК.

Розв'язання

Мономерами білка є амінокислоти. Кожна амінокислота кодується трьома нуклеотидами.

$$n(\text{нукл.}) = \frac{M_r(\text{ДНК})}{M_r(\text{нукл.})} = \frac{30015 \text{ а.о.м.}}{345 \text{ а.о.м.}} = 87.$$

$$n(\text{амінокисл.}) = \frac{n(\text{нукл.})}{3} = \frac{87}{3} = 29.$$

Відповідь: у цій ДНК закодовано 29 мономерів.

Задача 1–14. Відносна молекулярна маса білка широкопалого рака дорівнює 70000 а.о.м. Визначте довжину та молекулярну масу відповідного гена, якщо молекулярна маса однієї амінокислоти дорівнює 100 а.о.м., молекулярна маса одного нуклеотиду — 345 а.о.м., а його довжина становить 0,34 нм.

Яка молекула має більшу молекулярну масу: білок чи ген, що його кодує? Якою є довжина цього гена?

Розв'язання

Визначаємо кількість амінокислот у білковій молекулі:

$$n(\text{амінокисл.}) = \frac{M_r(\text{білка})}{M_r(\text{амінокисл.})} = \frac{70\,000 \text{ а.о.м.}}{100 \text{ а.о.м.}} = 700 \text{ амінокислот.}$$

Визначаємо кількість нуклеотидів, що кодують таку кількість амінокислот, беручи до уваги, що кожна амінокислота закодована трьома нуклеотидами:

$$n(\text{нуклеотид.}) = n(\text{амінокисл.}) \cdot 3 = 700 \cdot 3 = 210 \text{ нуклеотидів.}$$

Молекула ДНК складається з двох ланцюгів, отже, загальна кількість нуклеотидів становить $210 \cdot 2 = 240$.

З'ясовуємо молекулярну масу гена:

$$\begin{aligned} m(\text{нуклеотид.}) &= n(\text{нуклеотид.}) \cdot M_r(\text{нуклеотид.}) = \\ &= 210 \cdot 420 = 88\,200 \text{ а.о.м.} \end{aligned}$$

Ген є важчим за білок, який він кодує.

З'ясовуємо довжину гена. Для цього довжину нуклеотиду помножуємо на кількість нуклеотидів у одному ланцюзі: $0,34 \text{ нм} \cdot 210 = 71,4 \text{ нм}$.

Відповідь: довжина гена становить 71,4 нм; ген є важчим за білок, який він кодує.

Приклад комбінованої задачі

Задача 1–15. Білок коропа має таку послідовність амінокислот:

- а) ...лей — гіс — фен — глу — асн — вал...
- б) ...ілей — глу — сер — глі — про — мет — арг...
- в) ...лей — сер — асн — тир — сер — ліз — глі — тре...

Визначте:

- послідовність нуклеотидів у молекулі ДНК;
- кількість триплетів та нуклеотидів;
- довжину молекули ДНК (довжина одного нуклеотиду становить 0,34 нм);
- структуру другого ланцюга молекули ДНК.

Розв'язання-відповідь

- а) Послідовність нуклеотидів у іРНК:

...УУА — ЦАУ — УУУ — ГАА — ААУ — ГУГ...

Визначаємо послідовність нуклеотидів у одному з ланцюгів відповідної ДНК:

...ААТ — ГТА — ААА — ЦТТ — ТТА — ЦТЦ...

Ділянка одного ланцюга ДНК містить 6 триплетів і 18 нуклеотидів. У двох ланцюгах — відповідно, 12 триплетів і 36 нуклеотидів.

Довжину ділянки молекули ДНК визначаємо як добуток довжини одного нуклеотиду та кількості нуклеотидів у ланцюзі: $0,34 \text{ нм} \times 18 \text{ нуклеотидів} = 6,12 \text{ нм}$.

Визначаємо за принципом комплементарності послідовність нуклеотидів іншого ланцюга ДНК:

...ТТА — ЦАТ — ТТТ — ГАА — ААТ — ГАГ...

- б) Послідовність нуклеотидів у іРНК:

...АУА — ГАА — АГЦ — ГГГ — ЦЦА — АУГ — АГГ...

Послідовність нуклеотидів у першому ланцюзі ДНК:

...ТАТ — ЦТТ — ТЦГ — ЦЦЦ — ГГУ — УАЦ — УЦЦ...

Кількість нуклеотидів у одному ланцюзі ДНК — 21, кількість триплетів — 7. У двох ланцюгах ДНК — 42 нуклеотиди й 14 триплетів.

Довжина ділянки ДНК: $0,34 \text{ нм} \times 21 \text{ нуклеотид} = 7,14 \text{ нм}$.

Послідовність нуклеотидів у другому ланцюзі ДНК:

...АТА — ГАА — АГЦ — ГГГ — ЦЦА — АТГ — АГГ...

в) Послідовність нуклеотидів у іРНК:

...ЦУА — УЦГ — ААУ — УАЦ — УЦГ — ААГ — ГГГ — АЦА...

Послідовність нуклеотидів у першому ланцюзі ДНК:

...ГАТ — АГЦ — ТТА — АТГ — АГЦ — ТТЦ — ЦЦЦ — ТГТ...

Кількість нуклеотидів у одному ланцюзі ДНК — 24, кількість триплетів — 8. У двох ланцюгах ДНК — 48 нуклеотидів і 16 триплетів.

Довжина ділянки ДНК: $0,34 \text{ нм} \times 24 \text{ нуклеотиди} = 8,16 \text{ нм}$.

Послідовність нуклеотидів у другому ланцюзі ДНК:

...ЦТА — ТЦГ — ААТ — ТАЦ — ТЦГ — ААГ — ГГГ — АЦА...

Розділ 2. ЗАДАЧІ НА МОНОГІБРИДНЕ СХРЕЩУВАННЯ

Задачі на моногібридне схрещування потребують аналізу успадкування ознак, що визначаються алелями одного гена. Для розв'язання цих задач потрібні знання про таке:

- механізм мейозу;
- правило чистоти гамет;
- закон одноманітності гібридів першого покоління;
- закон розщеплення;
- типи взаємодії алельних генів.



Отже, під час розв'язування задач на моногібридне схрещування пам'ятайте:

1. Кожна особина F_1 отримує по одному гену від кожної з батьківських особин.
2. Одноманітними нащадки можуть бути під час схрещування гомозиготних особин: $AA \times AA$, $AA \times aa$, $aa \times aa$ або гетерозиготної особини з особиною, гомозиготною за домінантною ознакою: $AA \times Aa$.
3. Розщеплення нащадків у співвідношенні 1:1 відбувається під час схрещування гетерозиготної особини з особиною, гомозиготною за рецесивною ознакою: $Aa \times aa$.
4. Розщеплення нащадків у співвідношенні 3:1 відбувається під час схрещування двох гетерозиготних особин: $Aa \times Aa$.

У цьому розділі зібрано задачі на повне домінування. Повне домінування — це такий тип взаємодії алельних генів, наслідком якого є формування у гетерозигот ознаки, що визначається одним із пари алельних генів.

Під час схрещування гомозиготних особин, що відрізняються лише однією парою ознак, усі нащадки є однаковими за генотипом та фенотипом.

Під час схрещування гібридів другого покоління відбувається розщеплення ознак на вихідні батьківські у співвідношенні 3:1;

при цьому $\frac{3}{4}$ особин виявляє ознаки, зумовлені домінантним геном, $\frac{1}{4}$ особин — рецесивним. Відбувається розщеплення за фенотипом 3:1. Гетерозиготні особини (Aa) здатні утворювати два типи гамет: ті, що несуть домінантні гени (A), і ті, що несуть рецесивні гени (a), у співвідношенні 1:1. Гомозиготні особини утворюють лише один тип гамет — або ті, що несуть рецесивний ген (a), або ті, що несуть домінантний (A).

Задача 2–1. Дослідники з'ясували, що у фігурного гарбуза біле забарвлення плодів (W) домінує над жовтим (w).

Які типи гамет утворюють рослини таких генотипів: WW , Ww , ww ?

Яким буде зовнішній вигляд нащадків, отриманих від схрещування: $Ww \times Ww$; $Ww \times WW$; $WW \times ww$, $Ww \times ww$?

Розв'язання-відповідь

Кожна гамета містить лише один із двох алельних генів. У рослини з генотипом WW усі 100 % гамет будуть містити ген W .

Батьківський організм: WW
 $\downarrow \downarrow$

Гамети: $W W$

У рослин з генотипом Ww 50 % гамет будуть містити ген W , 50 % — ген w .

Батьківський організм: Ww
 $\downarrow \downarrow$

Гамети: $W w$

У рослин з генотипом ww усі гамети будуть містити ген w .

Батьківський організм: ww
 $\downarrow \downarrow$

Гамети: $w w$

Складаємо схеми схрещувань за допомогою решіток Пеннета:

$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{♀} \end{array} \quad \text{♂}$	W	w
W	WW білі плоди	Ww білі плоди
w	Ww білі плоди	ww жовті плоди

Генотипи нащадків: 1 WW : 2 Ww : 1 ww .

Фенотипи:

- $\frac{3}{4}$ рослин з білими плодами (75 %);
- $\frac{1}{4}$ рослин із жовтими плодами (25 %).

♀ \ ♂	W	w
W	WW білі плоди	Ww білі плоди
w	Ww білі плоди	ww жовті плоди

Генотипи нащадків: 1 WW : 1 Ww

Фенотип: 100 % — з білими плодами.

♀ \ ♂	w	w
W	Ww білі плоди	Ww білі плоди
W	Ww білі плоди	Ww білі плоди

Генотипи нащадків: усі Ww .

Фенотип: 100 % — з білими плодами.

♀ \ ♂	w	w
W	Ww білі плоди	Ww білі плоди
w	ww жовті плоди	ww жовті плоди

Генотипи нащадків: 1 Ww : 1 ww .

Фенотипи:

- $\frac{1}{2}$ рослин з білими плодами (50 %);
- $\frac{1}{2}$ рослин із жовтими плодами (50 %).

Задача 2–2. Містер Сміт придбав на ферму чорного бика, а містер Робінсон — червоних корів. Яких нащадків можна очікувати від схрещування чорного гомозиготного бика з червоною коровою, якщо ген чорного забарвлення шерсті домінує над геном червоного забарвлення?

Яких телят можна отримати від схрещувати гібридних тварин з F₁ ?

Яких нащадків можна отримати від червоної корови та гібридного бика з F₁ ?

Розв’язання-відповідь

Вводимо позначення:

- A — чорне забарвлення шерсті;
- a — червоне забарвлення шерсті.

Генотип гомозиготного чорного бика AA, генотип червоної корови — aa (оскільки рецесивна ознака може виявитись у фенотипі лише в гомозиготному стані).

У чорного гомозиготного бика утворюється один тип гамет: A; у червоної корови — тільки a; у гібридних тварин утворюються два типи гамет: A та a.

Дано:

- A — ген, що визначає чорне забарвлення шерсті;
- a — ген, що визначає червоне забарвлення шерсті;
- AA — чорна шерсть;
- Aa — чорна шерсть;
- aa — червона шерсть.

Знайти:

- Генотипи та фенотипи гібридів F₂ – ?
- Генотипи та фенотипи нащадків: червона корова × гібридний бик — ?

Розв’язання

P ♀ AA × ♂ aa

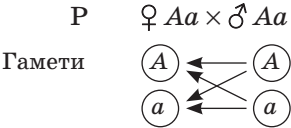
Гамети Ⓐ ← ⓐ

F₁ Aa — чорні — 100 %

♀ \ ♂	a	a
A	Aa чорні телята	Aa чорні телята
A	Aa чорні телята	Aa чорні телята

Тварини F₁ — одноманітні (за першим законом Менделя про одноманітність гібридів першого покоління).

Після схрещування гібридів першого покоління між собою отримуємо:



F_2	$AA,$ 1/4 чорні телята	$Aa, Aa,$ 2/4 чорні телята	aa 1/4 червоні телята
-------	---------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------

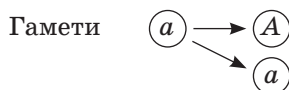
$\begin{array}{c} \text{♀} \\ \diagdown \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{♂} \end{array}$	A	a
A	AA чорні телята	Aa чорні телята
a	Aa чорні телята	aa червоні телята

Таким чином, співвідношення кількості отриманих у F_2 телят становить:

3 частини чорних (75 %) : 1 частина червоних (25 %).

Складаємо схрещування: червона корова $\times$ гібридний бик.

P $\text{♀ } aa \times \text{♂ } Aa$



F_1	$Aa,$ 1/2 чорні телята	aa 1/2 червоні телята
-------	---------------------------------	----------------------------------

$\begin{array}{c} \text{♀} \\ \diagdown \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{♂} \end{array}$	A	a
a	Aa чорні телята	aa червоні телята
a	Aa чорні телята	aa червоні телята

Співвідношення телят становить: 1 частина чорних (50 %) : 1 частина червоних (50 %).

Задача 2–3. У людини ген далекозорості домінує над геном нормального зору. У родині Терещенків чоловік і жінка страждають на далекозорість, однак матері обох бачили нормально.

Скільки типів гамет утворюється у жінки? Скільки різних генотипів може бути серед дітей цього подружжя? Яка вірогідність народження дитини з нормальним зором?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

 A — короткозорість; a — нормальний зір.

Матері чоловіка та жінки мали нормальний зір, отже, були гомозиготні за рецесивною ознакою. Їхній генотип: aa . Отже, чоловік та жінка, які страждають на далекозорість, мають бути гетерозиготними з генотипом Aa . Кожен з них утворює два типи гамет: A (50 %) та a (50 %).

Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	A	a
A	AA короткозорість	Aa короткозорість
a	Aa короткозорість	aa нормальний зір

У наслідок схрещування можна очікувати три генотипи в таких співвідношеннях: $1 AA : 2 Aa : 1 aa$.

Фенотип:

- 75 % короткозорі;
- 25 % з нормальним зором.

Вірогідність народження дитини з нормальним зором $\frac{1}{4}$.

Задача 2–4. У корів безрогість домінує над рогатістю. На ранчо «Зелена долина» від схрещування гомозиготних безрогих корів з рогатими отримано 48 гібридів. Гібриди схрещували між собою й у F_2 отримали 24 теляти.

Скільки гетерозиготних тварин серед гібридів F_2 ?*Розв'язання*

Вводимо позначення:

 B — безрогі; b — рогаті.

Безрогі гомозиготні тварини можуть мати генотип BB , рогаті — bb . Складаємо схему для F_1 .

♀ \ ♂	B	B
b	Bb безрогі	Bb безрогі
b	Bb безрогі	Bb безрогі

Генотип у F_1 : усі тварини гетерозиготні Bb .

Фенотип: 100 % тварин безрогі.

Складемо схему схрещування для F_2 .

♀ \ ♂	B	b
B	BB безрогі	Bb безрогі
b	Bb безрогі	bb рогаті

Генотипи у F_2 : 1 BB : 2 Bb : 1 bb .

Фенотип:

- 75 % безрогі;
- 25 % рогаті.

Гетерозиготних тварин 50 %, що дорівнює $\frac{24}{50} \cdot 100 \% = 48\%$.

Відповідь: серед гібридів F_2 48 % гетерозиготних телят.

Задача 2–5. У людини ген довгих вії домінує над геном коротких вії. Олена — жінка з довгими віями, у батька якої вії були короткими, взяла шлюб з Олександром — чоловіком з короткими віями.

Яка вірогідність народження в цій родині дитини з довгими віями? Скільки різних генотипів може бути серед дітей цього подружжя?

Розв'язання

Вводимо позначення:

D — довгі вії;

d — короткі вії.

Батько Олени був гомозиготним за рецесивною ознакою й мав генотип dd . Сама Олена має довгі вії та є гетерозиготною, її генотип Dd . Олександр, так само як і його тесть, має генотип dd . Складемо схему схрещування:

♀ \ ♂	d	d
D	Dd довгі вії	Dd довгі вії
d	Dd довгі вії	dd короткі вії

Серед нащадків можливі два генотипи: 1 Dd : 1 dd .

Вірогідність народження дитини з довгими віями становить 50 %, або $\frac{1}{2}$.

Відповідь: можливі генотипи дітей Dd та dd ; вірогідність народження дитини з довгими віями становить 50 %.

Задача 2–6. Місіс Рід розводила кроликів сірого кольору, а місіс Стоун — білого. Для того щоб перевірити, якими будуть нащадки, вони схрестили представників цих ліній. Усі кроленята у F_1 були сірими. А у F_2 зі 130 кроленят 32 були білого кольору.

Як успадковується ознака?

Розв'язання

Всі гібриди F_1 були одноманітними, а саме сірими. Робимо висновки: сірий колір шерсті — домінантна ознака, білий — рецесивна. Успадкування відбувається відповідно до першого закону Менделя (одноманітність гібридів першого покоління).

У F_2 відбулося розщеплення ознаки у співвідношенні 130 : 32, що приблизно відповідає співвідношенню 3 : 1. У $\frac{1}{4}$ нащадків виявляється рецесивна ознака. Успадкування відбувається відповідно до другого закону Менделя (закон розщеплення).

Перевіримо наші припущення. Вводимо позначення:

C — сірі;

c — білі.

Визначаємо генотипи вихідних батьківських особин. Сірий кролик має генотип CC , білий кролик — генотип cc . Їхніми гаметами, відповідно, будуть C та c .

Складаємо схему першого схрещування $CC \times cc$:

♀ \ ♂	C
c	Cc сірі

Генотип: усі Cc . Фенотип: 100 % сірі.

Складаємо схему другого схрещування:

♀ \ ♂	C	c
C	CC	Cc
c	Cc	cc

Генотип: 1 CC : 2 Cc : 1 cc .

Фенотип:

- $\frac{3}{4}$ сірих (75 %);
- $\frac{1}{4}$ білих (25 %).

Відповідь: успадкування відбувається за однією парою алельних генів, за типом повного домінування, відповідно до першого та другого законів Менделя.

Задача 2–7. У родині меєсє Крюшона дружина — брєнетка, чоловік — білявий, і в його родоводі брєнетів не було. У подружжя народилося три дитини: два білявих сина Домінік та Жак і дочка з темним волоссям Ізабель. Ген цієї ознаки розташований в аутосомі й не зчеплений зі статтю.

З'ясуйте генотипи батьків та дітей.

Розв'язання

Вводимо позначення:

C — темне волосся;

c — біляве волосся.

Генотип батька має бути гомозиготним, адже, за його родоводом, він належить до чистої лінії щодо кольору волосся. Гомозиготний генотип може бути домінантним або рецесивним. Якби генотип батька був домінантним, усі діти в родині мали б бути зі світлим волоссям (одноманітними за цією ознакою). Але, за умовою, подружжя має темноволосу дочку. Робимо висновок: батько гомозиготний за рецесивним алелем, його генотип cc . Мати має бути гетерозиготною, її генотип Cc .

Складаємо схему схрещування $\text{♀ } Cc \times \text{♂ } cc$.

$\text{♀} \backslash \text{♂}$	c	c
C	Cc темне волосся	Cc темне волосся
c	cc біляве волосся	cc біляве волосся

Генотип: 1 Cc : 1 cc .

Фенотип:

- $\frac{1}{2}$ діти з темним волоссям (50 %);
- $\frac{1}{2}$ діти з білявим волоссям (25 %).

Відповідь: генотип месьє Крюшона cc , генотип мадам Крюшон Cc , генотипи дітей: Cc (50 %) та cc (50 %).

Задача 2–8. У лабораторії дослідницького центру «Science» проводили експерименти з мишами, гомозиготними за геном сірого забарвлення шерсті. З розплідника іншого наукового центру привезли сірого самця з деякими властивостями, потрібними для досліду.

Всі гібриди у F_1 були сірими. Гібридних самок цього покоління схрестили з тим самим самцем, що привезли, й отримали у F_2 розщеплення за забарвленням: 7 частин сірих мишей : 1 частина чорних.

Поясніть результати експерименту.

Розв'язання-відповідь

Оскільки серед нащадків з'явилися чорні мишенята, а про самок відомо, що вони належать до чистої лінії та є гомозиготними за геном сірого забарвлення шерсті, то ген чорного забарвлення містився в генотипах самця, якого привезли.

Оскільки самець мав сіре забарвлення — ген сірого забарвлення є домінантним, ген чорного забарвлення, відповідно, є рецесивним. А самець є гетерозиготним.

Вводимо позначення:

G — сіре забарвлення;

g — чорне забарвлення.

За схрещування гетерозиготного самця ♂ Gg з гомозиготними самками ♀ GG половина нащадків виявилася гомозиготними, а половина — гетерозиготними:

♀ \ ♂	G	g
G	GG сірі	Gg сірі
G	GG сірі	Gg сірі

Фенотип мишенят був однаковим: усі сірі (100 %).

У F_2 схрещування самця з гомозиготними самками дало 100 % сірих мишенят, а з гетерозиготними — частину сірих, частину чорних у співвідношенні 3 : 1.

Складаємо схему схрещування з гомозиготними самками ♀ $GG \times ♀ Gg$:

♀ \ ♂	G	g
G	GG сірі	Gg сірі
G	GG сірі	Gg сірі

Генотипи: 1 **GG** : 1 **Gg**.

Фенотип: усі сірі (100 %).

Складаємо схему схрещування з гетерозиготними самками
 ♀ **Gg** × ♀ **Gg**:

♀ \ ♂	G	g
G	GG сірі	Gg сірі
g	Gg сірі	gg чорні

Генотипи: 1 **GG** : 2 **Gg** : 1 **gg**.

Фенотип:

- $\frac{3}{4}$ сірі (75 %);

- $\frac{1}{4}$ чорні (25 %).

$\frac{1}{4}$ від половини загальної кількості мишенят дорівнює $\frac{1}{8}$ (12,5 %).

Задача 2–9. У людини алель карих очей домінує над алелем очей блакитного кольору. У родині учня Микити дідусь (1) та бабуся (2) за батьківською лінією, дідусь за материнською лінією (3) та матір Микити (6) мають карі очі. У бабусі за материнською лінією (4), батька (5) і сина (7) очі блакитні.

Визначте генотипи всіх членів родини.

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

B — карі очі;

b — блакитні очі.

Микита (7) має блакитні очі, його генотип **bb**. Генотипи блакитноокого батька (5) і бабусі (4) за материнською лінією також **bb**.

Оскільки алель блакитних очей є рецесивним, а син має саме блакитні очі, кароока мати (6) має бути гетерозиготною з генотипом Bb . Тим більше, що її власна мати має блакитні очі, а батько — карі.

Чоловік має блакитні очі, а його батьки — карі. Отже, дідусь (1) та бабуся (2) за батьківською лінією мають бути гетерозиготними й мати генотип Bb .

Кароокий дідусь (3) за материнською лінією може мати з однаковою вірогідністю генотипи Bb або Bb .

Задача 2–10. У гороху жовте забарвлення насіння домінує над зеленим. Під час проведення досліджень Грегор Мендель схрещував рослини гороху з різними ознаками. Від схрещування гомозиготних рослин — однієї з жовтим, а іншої із зеленим насінням — він отримав 155 насінин у F_1 і 3248 насінин у F_2 .

З'ясуйте:

- Скільки насінин у F_1 гомозиготні?
- Скільки різних генотипів мають насінини у F_1 ?
- Скільки різних фенотипів мають насінини у F_2 ?
- Скільки насінин у F_2 можуть бути гомозиготними?
- Скільки зелених насінин може бути у F_2 ?

Розв'язання

Вводимо позначення:

A — жовте насіння;

a — зелене насіння.

Генотипи гомозиготних вихідних рослин є: рослини з жовтим насінням AA , рослини із зеленим насінням aa . Складаємо схему схрещування $AA \times aa$ для F_1 :

♀ \ ♂	A	A
a	Aa жовті	Aa жовті
a	Aa жовті	Aa жовті

Генотип: усі Aa . Фенотип: 100 % рослин із жовтим насінням.

Таким чином, серед насінин у F_1 зовсім немає гомозигот — усі насінини гетерозиготні. І вони всі мають за цією ознакою однаковий генотип: Aa .

Складаємо схему схрещування $Aa \times Aa$ для F_2 :

♀ \ ♂	A	a
A	AA жовті	Aa жовті
a	Aa жовті	aa зелені

Генотип: 1 AA : 2 Aa : 1 aa.

Фенотип:

- $\frac{3}{4}$ рослини з жовтим насінням (75 %);
- $\frac{1}{4}$ рослини із зеленим насінням (25 %).

Отже, насіння у F_2 має два фенотипи: жовте (75 %) і зелене (25 %). Ми також можемо обчислити його приблизну кількість відповідно до теоретичних очікувань, оскільки нам відомо, що всього було отримано 3248 насінин.

$$\frac{3248 \cdot 75 \%}{100 \%} = 2436 \text{ жовтих насінин};$$

$$\frac{3252 \cdot 25 \%}{100 \%} = 812 \text{ зелених насінин}.$$

Гомозиготні з них ті, що мають генотипи AA та Aa. Це $\frac{1}{2}$ від усієї кількості насіння — відповідно до співвідношення генотипів. Обчислюємо кількість гомозиготного насіння:

$$3248 \cdot \frac{1}{2} = 1624 \text{ насінини}.$$

Відповідь: гомозиготне насіння у F_1 відсутнє; насіння у F_1 має один генотип — Aa; насіння F_2 має два фенотипи — зелене й жовте; у F_2 гомозиготними можуть бути 50 % насіння, це становить 1624 насінини; зеленого насіння у F_2 25 %, або 812 насінин.

Розділ 3. ЗАДАЧІ НА ЗВОРОТНЕ Й АНАЛІЗУЮЧЕ СХРЕЩУВАННЯ

Для генетичного аналізу застосовують також зворотне й аналізуюче схрещування.

Зворотне схрещування (або беккрос) — це схрещування гібриду з гомозиготною (домінантною або рецесивною) батьківською особиною: $Aa \times AA$ або $Aa \times aa$. Ці схрещування не є рівнозначними. Результатом зворотного схрещування з особиною, що є домінантною гомозиготою AA , будуть одноманітні за зовнішнім видом нащадки, хоча за генотипом відбудеться розщеплення $1 AA : 1 Aa$:

♀ \ ♂	A	A
A	AA	AA
a	Aa	Aa

Тому також застосовують аналізуюче схрещування — схрещування особин із домінантною ознакою, але невідомим генотипом ($A_$), з рецесивною гомозиготою, генотип якої завжди aa . У цьому випадку розщеплення за фенотипом буде відповідати розщепленню за генотипом:

♀ \ ♂	a	a
A	Aa	Aa
a	aa	aa

За результатом схрещування визначають генотип особини з домінантною ознакою.

Задача 3–1. Руде забарвлення шерсті у лисиці — домінантна ознака, а чорно-бура — рецесивна. На звірофермі «Пухнасті хвости» спеціалісти з розведення тварин провели аналізуюче схрещування двох рудих лисиць. У першій народилося 6 рудих лисенят. У другої — 7 лисенят: 4 чорно-бурі та 3 руді.

Визначте генотипи батьків.

Розв'язання

Вводимо позначення:

R — руді лисиці;

r — чорно-бурі лисиці.

В обох випадках схрещування проводили з чорно-бурими особинами з генотипами rr . У першому схрещуванні всі лисенята були рудими. Це можливо лише за умови, що самка була домінантною гомозиготою RR . Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	r	r
R	Rr руді	Rr руді
R	Rr руді	Rr руді

Генотипи: всі Rr . Фенотип: 100 % руді лисенята.

У другому схрещуванні співвідношення нащадків 4 чорно-бурі та 3 рудих лисеняти близьке до співвідношення 1:1. Це можливо, якщо самка була гетерозиготною з генотипом Rr .

♀ \ ♂	r	r
R	Rr руді	Rr руді
r	rr чорно-бурі	rr чорно-бурі

Генотипи: 1 Rr : 1 rr .

Фенотипи:

- $\frac{1}{2}$ руді лисенята;
- $\frac{1}{2}$ чорно-бурі лисенята.

Відповідь: генотипи лисиць-батьків RR та Rr .

Задача 3–2. У собак чорний колір шерсті домінує над коричневим, а коротка шерсть — над довгою. Для виявлення генотипу нової тварини в кінологічному клубі «Чотири лапи» провели генетичне дослідження. За аналізуючого схрещування у чорної собаки з короткою шерстю народилося 4 цуценята: 2 чорного кольору з короткою шерстю та 2 коричневого кольору з короткою шерстю.

Яким є генотип самки?

Розв'язання

Вводимо позначення:

C — чорна шерсть;

c — коричнева шерсть;

H — коротка шерсть;

h — довга шерсть.

Всі цуценята мають коротку шерсть. Це можливо, тільки якщо самка є домінантною гомозиготою за цією ознакою й має генотип: *HH*. За забарвленням відбулося розщеплення ознаки у співвідношенні 1 : 1 (50 % чорних цуценят, 50 % коричневих). Це можливо, якщо самка була гетерозиготною за ознакою кольору шерсті й мала генотип *Cc*.

Таким чином, генотип самки є *CcHH*, гамети, що вона утворює: *CH* та *cH*. Генотип самця за аналізуючого схрещування: *cchh*, гамети: *ch*.

Складаємо схему схрещування, перевіряючи припущення:

♀ \ ♂	<i>ch</i>
<i>CH</i>	<i>CcHh</i> чорні з короткою шерстю
<i>cH</i>	<i>ccHh</i> коричневі цуценята з короткою шерстю

Генотипи цуценят: *CcHh* та *ccHh*.

Фенотипи:

- $\frac{1}{2}$ чорні цуценята з короткою шерстю (50 %);
- $\frac{1}{2}$ коричневі цуценята з короткою шерстю (50 %).

Відповідь: генотип самки *CcHH*.

Задача 3–3. Студенти біологічного факультету під час практикуму з генетики проводили експериментальні схрещування лабораторних дрізофіл. У дрізофіли сіре забарвлення тіла домінує над чорним. Під час схрещування сірої мухи з чорною всі нащадки мали сіре забарвлення тіла.

Яких нащадків слід очікувати студентам від зворотного схрещування сірої самки з F_1 ?

Розв'язання

Вводимо позначення:

B — сіре тіло;

b — чорне тіло.

Чорна муха є рецесивною гомозиготою з генотипом bb . У схрещуванні із сірою мухою всі нащадки були одноманітними — сірими. Розщеплення ознак не відбулося. Робимо висновок: сіра муха є домінантною гомозиготою з генотипом BB .

Схема схрещування:

♀ \ ♂	B	B
b	Bb сіре тіло	Bb сіре тіло
b	Bb сіре тіло	Bb сіре тіло

Генотип: усі Bb .

Фенотип: сіре тіло (100 %).

Складаємо схему зворотного схрещування сірої гібридної самки з чорним самцем.

♀ \ ♂	b	b
B	Bb сіре тіло	Bb сіре тіло
b	bb чорне тіло	bb чорне тіло

Генотип: 1 Bb : 1 bb .

Фенотип:

- $\frac{1}{2}$ дрозодфілі із сірим тілом (50 %);
- $\frac{1}{2}$ дрозодфілі з чорним тілом (50 %).

Відповідь: слід очікувати мух у співвідношенні 50 % — із сірим тілом, 50 % — із чорним тілом.

Задача 3–4. Пан Тарас захоплюється генетикою та вирощуванням овочів, зокрема томатів. У томатів ген, що зумовлює нормальну висоту стебла, домінує над геном карликовості.

Якої висоти будуть рослини F_1 від схрещування гомозиготних високих рослин з карликовими? Яких нащадків панові Тарасу слід очікувати у F_2 ?

Які рослини може отримати пан Тарас у результаті зворотного схрещування гібридів F_1 з батьківською карликовою формою?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

 H — нормальна висота стебла; h — карликове стебло.

Складаємо схему схрещування гомозиготної високої рослини та карликової $HH \times hh$ для F_1 :

♀ \ ♂	H	
	h	
	H	Hh нормальна висота стебла
	h	

Генотип: усі Hh .

Фенотип: 100 % рослин з нормальною висотою стебла.

Складаємо схему схрещування $Hh \times Hh$ для F_2 :

♀ \ ♂	H	h
	H	h
H	HH нормальна висота стебла	Hh нормальна висота стебла
h	Hh нормальна висота стебла	hh карликове стебло

Генотип: 1 HH : 2 Hh : 1 hh .

Фенотип:

- $\frac{3}{4}$ рослини з нормальною висотою стебла (75 %);
- $\frac{1}{4}$ карликові рослини (25 %).

Складаємо схему схрещування гібриду F_1 з батьківською карликовою формою $Hh \times hh$:

♀ \ ♂	H	h
	h	h
H	Hh нормальна висота стебла	hh карликове стебло
h	Hh нормальна висота стебла	hh карликове стебло

Генотип: 1 Hh : 1 hh .

Фенотип:

- $\frac{1}{2}$ рослини з нормальною висотою стебла (50 %);
- $\frac{1}{2}$ карликові рослини (50 %).

Задача 3–5. У живий куточок діти принесли двох чорних декоративних кроленят, вважаючи їх чистопородними. Проте в наступному поколінні серед їхніх нащадків з'явилися білі кроленята.

Визначте генотипи цих кроликів, якщо відомо, що чорне забарвлення домінує над білим.

Розв'язання

Оскільки серед нащадків кроленят відбулося розщеплення ознак, робимо висновок: кролики були гетерозиготними. Чорне забарвлення шерсті є домінантною ознакою, коричневе — рецесивною.

Вводимо позначення:

C — чорні;

c — білі.

Складаємо схему схрещування двох чорних гетерозиготних кроликів $Cc \times Cc$:

♀ \ ♂	C	c
C	CC чорні	Cc чорні
c	Cc чорні	cc білі

Генотип: $1 CC : 2 Cc : 1 cc$.

Фенотип:

- $\frac{3}{4}$ чорні кролики;
- $\frac{1}{4}$ білі кролики.

Відповідь: генотипи кроликів, яких діти принесли до живого куточка: Cc та Cc .

Розділ 4. ЗАДАЧІ НА НЕПОВНЕ ДОМІНУВАННЯ (ПРОМІЖНЕ УСПАДКОВУВАННЯ) МОНОГІБРИДНОГО СХРЕЩУВАННЯ

Неповне домінування — це взаємодія алельних генів, за якої в гетерозиготного організму домінантний алель не виявляє повністю своєї домінантності, а рецесивний алель того самого гена — своєї рецесивності. За неповного домінування фенотип гетерозиготи Aa є проміжним між фенотипом домінантної AA і рецесивної aa гомозигот.

Так, у схрещуванні нічної красуні з червоними квітками AA і нічної красуні з білими квітками aa всі гібриди Aa першого покоління F_1 мають рожеве забарвлення квіток. У схрещуванні гібридів першого покоління F_1 між собою $Aa \times Aa$ у другому поколінні F_2 відбувається розщеплення за фенотипом у співвідношенні 1:2:1, яке співпадає зі співвідношенням розщеплення за генотипом 1 AA : 2 Aa : 1 aa , але відхиляється від розщеплення за фенотипом за повного домінування 3 : 1.

Задача 4–1. На пришкільній ділянці члени біологічного гуртка «Дослідники природи» ставлять біологічні експерименти, зокрема з успадкування ознак у рослин. Рослини полуниці з червоними плодами під час схрещування між собою дають нащадків із червоними ягодами, а рослини полуниці з білими плодами — з плодами білого кольору. Внаслідок схрещування обох сортів між собою утворюються рослини з рожевими плодами.

Які нащадки утворюються, якщо школярі проведуть схрещування між собою полуниць із рожевими плодами?

Які нащадки утворюються, якщо юні дослідники запилять червоноплідні полуниці пилком полуниці з рожевими плодами?

Розв'язання-відповідь

Позначаємо ознаки:

A — червоні плоди;

a — білі плоди.

Плоди рожевого кольору — у гетерозиготних рослин з генотипом Aa .

Складаємо схему схрещування червоноплідних рослин з білоплідними:

♀ \ ♂	A	A
a	Aa рожеві плоди	Aa рожеві плоди
a	Aa рожеві плоди	Aa рожеві плоди

Всі рослин у F_1 мають генотип Aa . За фенотипом усі рослини — з плодами рожевого кольору (100 %). Вони утворюватимуть гамети двох типів: A (50 %) та a (50 %).

Складаємо схему схрещування полуниць із плодами рожевого кольору між собою:

♀ \ ♂	A	a
A	AA червоні плоди	Aa рожеві плоди
a	Aa рожеві плоди	aa білі плоди

Співвідношення генотипів у F_2 : $1 AA : 2 Aa : 1 aa$.

За фенотипом:

- $\frac{1}{4}$ рослин з червоними плодами (25 %);
- $\frac{1}{2}$ рослин з плодами рожевого кольору (50 %);
- $\frac{1}{4}$ рослин з білими плодами (25 %).

Складаємо схему схрещування червоноплідних полуниць та полуниць із плодами рожевого кольору:

♀ \ ♂	A	A
A	AA червоні плоди	AA червоні плоди
a	Aa рожеві плоди	Aa рожеві плоди

Співвідношення генотипів у F_1 : 1 AA : 1 Aa .

За фенотипом:

- $\frac{1}{2}$ рослин матимуть червоні плоди (50 %);
- $\frac{1}{2}$ рослин — плоди рожевого кольору (50 %).

Задача 4–2. На подвір'ї бабусі Андрія мешкають білі кури, а на подвір'ї бабусі Тетянки — чорні. Під час схрещування між собою чистопорідних білих курей усі нащадки є білими, а під час схрещування чорних — чорними. Нащадки від схрещування білих та чорних особин, яке іноді відбувається, є «блакитними» (строкатими).

Яке оперення матимуть нащадки білого півня та строкатої курки?

Як будуть забарвлені нащадки двох строкатих особин?

Розв'язання-відповідь

Позначаємо ознаки:

B — чорне пір'я;

b — біле пір'я.

Складаємо схему схрещування білого півня та строкатої курки:

♀ \ ♂	b	b
B	Bb строкаті	Bb строкаті
b	bb білі	bb білі

Співвідношення генотипів у F_1 : 1 Bb : 1 bb .

За фенотипом:

- $\frac{1}{2}$ птахів будуть строкатими (50 %);
- $\frac{1}{2}$ птахів — білими (50 %).

Складаємо схему схрещування двох строкатих особин:

♀ \ ♂	B	b
B	BB чорні	Bb строкаті
b	Bb строкаті	bb білі

Співвідношення генотипів у F_1 : $1 BB : 2 Bb : 1 bb$.

За фенотипом:

- $\frac{1}{4}$ птахів із чорним пір'ям (25 %);
- $\frac{1}{2}$ строкатих птахів (50 %);
- $\frac{1}{4}$ білих птахів (25 %).

Задача 4–3. У разі захворювання серповидноклітинною анемією еритроцити мають не круглу форму, а серпоподібну. Внаслідок цього транспортується менше кисню. Ця хвороба успадковується як домінантна ознака за типом неповного домінування. Гомозиготний стан гена спричиняє загибель організму в дитинстві.

У родині Нечипоренків батько й мати мають ознаки анемії. Яка вірогідність народження в цієї родині здорової дитини?

Розв'язання

Вводимо позначення:

S — норма;

s — серповидноклітинна анемія.

Батьки мають ознаки захворювання, отже, вони є гетерозиготними за цією ознакою й мають генотип: Ss .

Складаємо схему схрещування:

$\begin{array}{c} \text{♀} \backslash \text{♂} \\ S \end{array}$	S	s
S	SS загибель у дитинстві	Ss життя з ознаками захворювання
s	Ss життя з ознаками захворювання	ss здорові

Генотип: $1 SS : 2 Ss : 1 ss$.

Фенотипи:

- $\frac{1}{4}$ загинуть у дитинстві (25 %);
- $\frac{1}{2}$ житимуть з ознаками анемії (50 %);
- $\frac{1}{4}$ здорові нащадки (25 %).

Відповідь: вірогідність народження здорової дитини становить 25 %.

Задача 4–4. У господарстві «Зелені луки» вирощують м'ясних та молочних корів. У великої рогатої худоби червона масть непомовно домінує над білою. Гетерозиготи — чалі (мають змішане забарвлення шерсті). У череді бик — чалий, а корови — всіх трьох мастей.

Фермер хоче отримати якомога більше чалих телят. Яка вірогідність отримання чалого теляти в кожному з цих схрещувань?

Розв'язання-відповідь

Генотип бика: Rr . Генотипи корів: червона RR , чала Rr , біла rr . Складаємо схеми схрещувань.

Чалий бик і червона корова:

♀ \ ♂	R	r
R	RR червоні	Rr чалі
R	RR червоні	Rr чалі

Генотипи нащадків: $1 RR : 1 Rr$.

Фенотип:

- 50 % червоні;
- 50 % чалі.

Вірогідність народження чалого теляти 50 %, або $\frac{1}{2}$.

Чалий бик і чала корова:

♀ \ ♂	R	r
R	RR червоні	Rr чалі
r	Rr чалі	rr білі

Генотипи нащадків: $1 RR : 2 Rr : 1 rr$.

Фенотипи:

- 25 % червоні;
- 50 % чалі;
- 25 % білі.

Вірогідність отримання чалого теляти 50 %, або $\frac{1}{2}$.

Чалий бик і біла корова:

♀ \ ♂	R	r
r	Rr чалі	rr білі
r	Rr чалі	rr білі

Генотипи нащадків: $1 Rr : 1 rr$.

Фенотипи:

- 50 % чалі;
- 50 % білі.

Вірогідність отримання чалого теляти 50 %, або $\frac{1}{2}$.

Відповідь: вірогідність народження чалих телят у кожному з цих схрещувань є однаковою.

Задача 4–5. На звірофермі «Техас» містер Коул вирощує норок різного забарвлення. Але найбільш коштовними є кохінурові. Кохінурові норки мають світле забарвлення з чорним хрестом на спині. Їх отримують шляхом схрещування між собою білих норок з темними. Під час схрещування між собою білих норок отримують білих нащадків. Під час схрещування темних норок між собою — темних.

Які нащадки утворюються, якщо містер Коул буде схрещувати кохінурових норок з білими? Від схрещування кохінурових норок між собою робітники ферми отримали 25 білих, 26 чорних і 52 кохінурові тварини. Скільки особин будуть гетерозиготними?

Розв'язання

Оскільки в разі внутрішнього розведення білих та темних норок не відбувається розщеплення, робимо висновок, що вони є гомозиготними. А кохінурове забарвлення з'явиться внаслідок неповного домінування.

Вводимо позначення:

C — темні;

c — білі.

Генотип темної норки — CC , білої — cc , кохінурової — Cc .

Складаємо схему схрещування кохінурової норки з білою $Cc \times cc$:

♀ \ ♂	c	c
C	Cc кохінурові	Cc кохінурові
c	cc білі	cc білі

Генотип: 1 Cc : 1 cc.

Фенотип:

- $\frac{1}{2}$ кохінурові (50 %);
- $\frac{1}{2}$ білі (50 %).

Складаємо схему схрещування двох кохінурових норок:

♀ \ ♂	C	c
C	CC темні	Cc кохінурові
c	Cc кохінурові	cc білі

Генотип: 1 CC : 1 Cc : 1 cc.

Фенотип:

- $\frac{1}{4}$ темні (25 %);
- $\frac{1}{2}$ кохінурові (50 %);
- $\frac{1}{4}$ білі (25 %).

Співвідношення 25 : 52 : 26 відповідає співвідношенню 1 : 2 : 1. Гетерозиготними є лише кохінурові норки. Отже, кількість гетерозиготних особин становить 52.

Відповідь: 52 гетерозиготні норки.

Розділ 5. ЗАДАЧІ НА ДИГІБРИДНЕ ТА ПОЛІГІБРИДНЕ СХРЕЩУВАННЯ



Під час розв'язування задач на дигібридне схрещування слід пам'ятати:

1. Відповідно до третього закону Менделя, успадкування ознак під час дигібридного схрещування відбувається незалежно.
2. Під час написання генотипів символи, що позначають аельні гени, пишуть разом і в алфавітному порядку.
3. Гени, що визначають розвиток ознак, містяться в різних парах гомологічних хромосом, тому кожна гамета містить по одному гену з кожної аельної пари.
4. Гомозиготні за обома ознаками особини завжди утворюють один тип гамет.
5. Комбінація генів у хромосомах є випадковою та відбувається з однаковою вірогідністю. Тому організм, що є гетерозиготним за однією ознакою, утворює два типи гамет, а дигетерозиготний — чотири. Кількість типів гамет, що утворює організм, визначається за формулою $2n$, де n — число генів, що перебувають у гетерозиготному стані.
6. За схрещування гомозигот дотримується перший закон Менделя — закон одноманітності гібридів першого покоління.
7. За схрещування дигетерозигот серед нащадків відбувається розщеплення за фенотипом у співвідношенні $9:3:3:1$, за генотипом — $1:2:1:2:4:2:1:2:1$. Таким чином, утворюються 4 класи фенотипу та 9 класів генотипу. Тому особини, що мають різні генотипи, можуть мати однаковий фенотип.
8. За аналізуючого схрещування дигетерозигот утворюється чотири класи генотипу у співвідношенні $1:1:1:1$ і два класи фенотипу у співвідношенні $1:1$.
9. Розщеплення нащадків у F_2 за кожної з окремих ознак незалежно одна від одної відбувається згідно з другим законом Менделя. За кожною ознакою окремо відбувається розщеплення фенотипів у співвідношенні $3:1$. Таким чином можна розв'язувати задачу за кожною ознакою окремо.

За моногібридного схрещування за умови повного домінування серед нащадків можливі лише два фенотипи: вихідні батьківські. У разі ди- та полігібридного схрещування у нащадків можливі різні комбінації генів, яких не було в батьківських особин. При цьому відбувається розщеплення за кожною парою ознак незалежно, якщо гени кожної з пар ознак, що вивчаються, містяться в різних хромосомах.

Задачі на дигібридне схрещування

Задача 5–1. Яка кількість гамет і які саме утворюються в організмі, якщо його генотип:

- $aabb$;
- $AaBB$;
- $AaBb$?

Розв'язання-відповідь

Визначаємо загальну кількість гамет за формулою 2^n , де n — число гетерозигот.

Для генотипу $aabb$ кількість гамет дорівнює $2^0 = 1$. Для генотипу $AaBB$ — $2^1 = 2$. Для генотипу $AaBb$ — $2^2 = 4$.

Визначаємо типи гамет, беручи до уваги, що кожна гамета отримує лише один із двох алельних генів.

Будуть утворюватися гамети:

- для генотипу $aabb$: ab (100 %);
- для генотипу $AaBB$: AB (50 %), Ab (50 %);
- для генотипу $AaBb$: AB (25 %), Ab (25 %), aB (25 %), ab (25 %).

Задача 5–2. За результатами генетичних досліджень, у людини ознака вільна мочка вуха домінує над прирослою, а підборіддя з ямкою — над гладеньким підборіддям.

У подружжі в чоловіка Руслана — приросла мочка вуха й підборіддя з ямкою, а в жінки Людмили — вільна мочка вуха і гладеньке підборіддя. У них народився син із прирослою мочкою вуха і гладеньким підборіддям.

Діти з якими ознаками можуть іще народитися в цій родині?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

- E — вільна мочка вуха;
- e — приросла мочка вуха;
- C — підборіддя з ямкою;
- c — гладеньке підборіддя.

Генотип чоловіка: $eeC_$. Генотип жінки: E_cc . У сина виявляються рецесивні ознаки, генотип дитини: $eecc$. Отже, остаточні генотипи батьків: ♂ $eeCc$ (гамети eC та ec) та ♀ $Eecc$ (гамети Ec та ec). Складемо схему схрещування:

♂ \ ♀	cE	ce
Ce	$CcEe$ вільна мочка вуха, підборіддя з ямкою	$Csee$ приросла мочка вуха, підборіддя з ямкою
ce	$ccEe$ вільна мочка вуха, гладеньке підборіддя	$csee$ приросла мочка вуха, гладеньке підборіддя

Генотипи: 1 $EeCc$: 1 $Eecc$: 1 $eeCc$: 1 $eecc$.

Фенотипи:

- $\frac{1}{4}$ вільна мочка вуха, підборіддя з ямкою (25 %);
- $\frac{1}{4}$ приросла мочка вуха, підборіддя з ямкою (25 %);
- $\frac{1}{4}$ вільна мочка вуха, гладеньке підборіддя (25 %);
- $\frac{1}{4}$ приросла мочка вуха, підборіддя з ямкою (25 %).

Задача 5–3. Герой детективів Агати Крісті, детектив Еркюль Пуаро у вільний від розслідувань час обожнював вирощувати гарбузи, у тому числі й фігурні. У фігурного гарбуза біле забарвлення плодів (W) домінує над жовтим (w), а дископодібна форма плодів (D) — над кулеподібною (d).

Еркюль Пуаро схрестив гарбуз із білими дископодібними плодами з гарбузом, плоди якого білі кулеподібні. Серед нащадків виявили $\frac{3}{8}$ білих дископодібних, $\frac{3}{8}$ білих кулеподібних, $\frac{1}{8}$ жовтих дископодібних, $\frac{1}{8}$ жовтих кулеподібних рослин. Допоможіть відомому детективу визначити генотипи батьківських рослин.

Розв'язання

Співвідношення за фенотипом дорівнює 3:3:1:1. Розглянемо розщеплення за кожною ознакою окремо.

Співвідношення за формою плодів становить 1:1, а співвідношення за кольором — 3:1. Це можливо, якщо одна з рослин

була рецесивно гомозиготною за формою плодів, інша — гетерозиготна за цією ознакою:

♀ \ ♂	d	d
D	Dd дископодібні	Dd дископодібні
d	dd кулеподібні	dd кулеподібні

Розподіл нащадків за генотипом: $1Dd : 1dd$.

Розподіл за фенотипом:

- 50 % дископодібні;
- 50 % кулеподібні.

А за кольором плодів обидві рослини мають бути гетерозиготними:

♀ \ ♂	W	w
W	WW білі	Ww білі
w	Ww білі	ww жовті

Генотипи нащадків: $1 WW : 2 Ww : 1 ww$.

Фенотипи:

- 75 % — з білими плодами;
- 25 % — із жовтими.

Відповідь: генотипи батьківських рослин становлять: $WwDd$ та $Wwdd$.

Задача 5–4. Томас Морган, один з авторів хромосомної теорії спадковості, проводив дослідження з успадкування ознак на дрозофілах як піддослідних об'єктах. У дрозофіли нормальні крила й нормальні очі є домінантними ознаками, а зменшені очі та зменшені крила — рецесивними.

В одному з експериментів Т. Морганом у F_1 було отримано 467 нащадків, серед яких:

- $\frac{3}{8}$ були з нормальними ознаками;
- $\frac{1}{8}$ — з нормальними крилами, але зменшеними очима;

- $\frac{3}{8}$ — з нормальними очима, але зменшеними крилами;
- $\frac{1}{8}$ — зі зменшеними і крилами, і очима.

Допоможіть досліднику визначити, скільки серед них дигетерозигот і гомозигот.

Розв'язання

Обидві рецесивні ознаки виявляються лише у $\frac{1}{8}$ нащадків, отже, кількість гомозигот дорівнює $\frac{1}{8} \cdot 100 \% = 12,5 \%$. Це становить $\frac{467}{8} \approx 58$ особин.

Дигетерозиготами є дрозифіли з нормальними ознаками. Їх кількість становить: $\frac{3}{8} \cdot 100 \% = 37,5 \%$. Це $\frac{3 \cdot 467}{8} \approx 175$ особин.

Відповідь: 58 гомозиготних дрозифіл, 175 дигетерозиготних особин.

Задача 5–5. Окрім звичної круглої форми і смугастості плоди кавуна можуть бути видовженими й суцільно зеленими (без смуг). Саме такі рослини вирішили вирощувати студенти-першокурсники для вивчення успадкування ознак.

Під час схрещування кавуна, у якого були видовжені смугасті плоди, з рослинами, що мали круглі зелені плоди, серед нащадків з'явилися рослини з довгими зеленими і круглими зеленими плодами. Під час схрещування першої рослини кавуна з рослиною, що мала круглі смугасті плоди, дослідницька група отримала кавуни з круглими смугастими плодами.

Студенти мають визначити генотипи всіх батьківських форм кавуна.

Розв'язання

У F_2 утворювалися рослини лише з круглими плодами. Робимо висновок: кругла форма плода домінує над видовженою. Третя рослина має бути гетерозиготною за формою плода.

Вводимо позначення:

A — плоди круглої форми;

a — плоди видовженої форми.

За результатами схрещування, зелене забарвлення домінує над смугастим. Друга рослина за цією ознакою є гомозиготною.

Вводимо позначення:

C — зелені плоди;

c — смугасті плоди.

Друга рослина за забарвленням плодів є гетерозиготною.

Складаємо схему схрещування кавуна з видовженими смугастими плодами з кавуном, що має круглі зелені плоди $aacc$ (гамети: ac) $\times$ $AaCC$ (гамети: AC та aC):

♀ \ ♂	AC	aC
ac	$AaCc$ круглі зелені плоди	$aaCC$ видовжені зелені плоди

Генотипи: 1 $AaCc$: 1 $aaCC$.

Фенотип:

- $\frac{1}{2}$ рослини з круглими зеленими плодами (50 %);
- $\frac{1}{2}$ рослини з видовженими зеленими плодами (50 %).

Складаємо схему схрещування кавуна з видовженими смугастими плодами з кавуном, що має круглі смугасті плоди $aacc$ (гамети: ac) $\times$ $AaCc$ (гамети: Ac та ac):

♀ \ ♂	Ac
ac	$AaCc$ круглі смугасті плоди

Генотипи: всі $AaCc$.

Фенотип: 100 % рослини з круглими смугастими плодами (50 %).

Відповідь: генотип першої рослини з видовженими смугастими плодами — $aacc$; генотип другої рослини з круглими зеленими плодами — $AaCC$; генотип третьої рослини з круглими смугастими плодами — $AaCc$.

Задача 5–6. Школярі, які захоплюються біологією, вирішили провести дослідження з успадкування ознак рослинами гороху, продовживши дослід Грегора Менделя. Для дослідів ними були обрані рослини, що відрізняються за ознаками стебла та забарвленням пелюсток квіток.

Від схрещування гороху зі стеблом, що стелиться і має забарвлені квітки, і гороху з куцистим стеблом і білими квітками у F_1 усі рослини мали стебла, що стеляться, та забарвлені квітки.

Школярі мають визначити генотипи батьків і генотипи нащадків у F_2 .

Розв'язання-відповідь

За результатами першого схрещування робимо висновок, що стебла, які стеляться, і забарвлені квітки є домінантними ознаками. Вводимо позначення:

A — стебло, що стелиться; a — куцисте стебло; C — забарвлені квітки; c — білі квітки.

У першому схрещуванні одна рослина є домінантною гомозиготою за обома ознакам. Її генотип — $AACC$, гамети — AC . А інша є рецесивною гомозиготою за обома ознаками. Її генотип — $aacc$, гамети — ac .

Складаємо схему схрещування F_1 :

$\begin{matrix} \nearrow \text{♂} \\ \text{♀} \end{matrix}$	AC
ac	$AaCc$

Рослини, що отримали у F_1 , утворюватимуть гамети: AC, ac, Ac, aC .

Складаємо схему схрещування для F_1 :

$\begin{matrix} \nearrow \text{♂} \\ \text{♀} \end{matrix}$	AC	Ac	aC	ac
AC	$AACC$ стебло, що стелиться, забарвлені квітки	$AACc$ стебло, що стелиться, забарвлені квітки	$AaCC$ стебло, що стелиться, забарвлені квітки	$AaCc$ стебло, що стелиться, забарвлені квітки
Ac	$AACc$ стебло, що стелиться, забарвлені квітки	$AAcc$ стебло, що стелиться, білі квітки	$AaCc$ стебло, що стелиться, забарвлені квітки	$Aacc$ стебло, що стелиться, білі квітки
aC	$AaCC$ стебло, що стелиться, забарвлені квітки	$AaCc$ стебло, що стелиться, забарвлені квітки	$aaCC$ куцисте стебло, забарвлені квітки	$aaCc$ куцисте стебло, забарвлені квітки
ac	$AaCc$ стебло, що стелиться, забарвлені квітки	$Aacc$ стебло, що стелиться, білі квітки	$aaCc$ куцисте стебло, забарвлені квітки	$Aacc$ куцисте стебло, білі квітки

Співвідношення генотипів: 1 $aacc$: 2 $Aacc$: 1 $AAcc$: 2 $aaCc$: 4 $AaCc$: 2 $AACc$: 1 $aaCC$: 2 $AaCC$: 1 $AACC$.

Фенотипи:

- $\frac{9}{16}$ зі стеблом, що стелиться, та забарвленими квітами (56,25 %);
- $\frac{3}{16}$ зі стеблом, що стелиться, і білими квітами (18,75 %);
- $\frac{3}{16}$ з кущистим стеблом та забарвленими квітами (18,75 %);
- $\frac{1}{16}$ з кущистим стеблом та білими квітами (6,25 %).

Задача 5–7. У людини ген карих очей домінує над блакитними, а вміння володіти правою рукою — над ліворукістю. При цьому гени обох ознак перебувають у різних хромосомах.

У родині А батьки є дигетерозиготними. У родині Б батько — лівша, але є гетерозиготним за кольором очей, а мати блакитноока, але гетерозиготна за вмінням володіти руками. Якими можуть бути діти в кожному подружжі?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

B — карі очі;

b — блакитні очі;

H — вміння володіти правою рукою;

h — вміння володіти лівою рукою.

Генотипи дигетерозиготних батьків з родини А: *BbHh*. Гамети, що вони утворюють: *BH*, *Bh*, *bH*, *bh*.

Складаємо схему схрещування:

$\begin{smallmatrix} \text{♂} \\ \text{♀} \end{smallmatrix}$	<i>BH</i>	<i>Bh</i>	<i>bH</i>	<i>bh</i>
<i>BH</i>	<i>BBHH</i> карі очі, володіння правою рукою	<i>BBHh</i> карі очі, володіння правою рукою	<i>BbHH</i> карі очі, володіння правою рукою	<i>BbHh</i> карі очі, володіння правою рукою
<i>Bh</i>	<i>BBHh</i> карі очі, володіння правою рукою	<i>BBhh</i> карі очі, володіння лівою рукою	<i>BbHh</i> карі очі, володіння правою рукою	<i>Bbhh</i> карі очі, володіння лівою рукою
<i>bH</i>	<i>BbHH</i> карі очі, володіння правою рукою	<i>BbHh</i> карі очі, володіння правою рукою	<i>bbHH</i> блакитні очі, володіння правою рукою	<i>bbHh</i> блакитні очі, володіння правою рукою
<i>bh</i>	<i>BbHh</i> карі очі, володіння правою рукою	<i>Bbhh</i> карі очі, володіння лівою рукою	<i>bbHh</i> блакитні очі, володіння правою рукою	<i>bbhh</i> блакитні очі, володіння лівою рукою

Генотипи нащадків з родини А: 1 *bbhh* : 2 *bbHh* : 1 *bbHH* : 2 *Bbhh* : 4 *BbHh* : 2 *BbHH* : 1 *BBhh* : 2 *BBHh* : 1 *BBHH*.

Фенотипи:

- $\frac{9}{16}$ карі очі, володіння правою рукою (56,25 %);
- $\frac{3}{16}$ блакитні очі, володіння правою рукою (18,75 %);
- $\frac{3}{16}$ карі очі, володіння лівою рукою (18,75 %);
- $\frac{1}{16}$ блакитні очі, володіння лівою рукою (6,25 %).

З'ясуємо генотипи дітей, які можуть з'явитися в родині Б. Якщо батько — лівша, але є гетерозиготним за кольором очей, його генотип *Bbhh*. Гамети, що він утворює: *Bh*, *bh*. Якщо мати — блакитноока, але гетерозиготна за вмінням володіти руками, її генотип *bbHh*. Гамети, що вона утворює: *bH*, *bh*.

Складаємо схему схрещування для родини Б:

♀ \ ♂	<i>Bh</i>	<i>bh</i>
<i>bH</i>	<i>BbHh</i> карі очі, володіння правою рукою	<i>bbHh</i> блакитні очі, володіння правою рукою
<i>bh</i>	<i>Bbhh</i> карі очі, володіння лівою рукою	<i>bbhh</i> блакитні очі, володіння лівою рукою

Генотипи нащадків: 1 *BbHh* : 1 *Bbhh* : 1 *bbHh* : 1 *bbhh*.

Фенотипи:

- $\frac{1}{4}$ карі очі, володіння правою рукою (25 %);
- $\frac{1}{4}$ карі очі, володіння лівою рукою (25 %);
- $\frac{1}{4}$ блакитні очі, володіння правою рукою (25 %);
- $\frac{1}{4}$ блакитні очі, володіння лівою рукою (25 %).

Задача 5–8. Садівник меєє Бенар з'ясував, що від схрещування двох сортів полуниці — один з вусами та червоними плодами, інший — без вусів та з білими плодами — у F_1 усі рослини мали вуса й рожеві плоди.

Чи може месье Бенар отримати безвусі рослини з рожевими плодами, якщо проведе зворотне схрещування?

Розв'язання

Вводимо позначення:

M — вуса;

m — без вусів;

R — червоні плоди;

r — білі плоди.

Вочевидь рослини з рожевими плодами є гетерозиготними за геном забарвлення плодів Rr , а сама ознака успадковується за неповного домінування. Оскільки всі рослини у F_1 мали вуса, то ця ознака є домінантною й успадковується за повного домінування, а батьківські рослини буди гомозиготними з генотипами MM та mm .

Складаємо схему схрещування червоноплідних рослин з вусами (генотип: $MMRR$; гамети: MR) і білоплідних рослин без вусів (генотип: $mmrr$; гамети mr):

♀	♂	
		mr
MR		$MmRr$ вуса, рожеві плоди

Генотип: усі $MmRr$. Фенотип: 100 % рослин з вусами та рожевими плодами.

Складаємо схему зворотного схрещування з тією батьківською особиною, що мала вуса та червоні плоди $MmRr$ (гамети: MR , Mr , mR , mr) $\times$ $MMRR$ (гамети: MR):

♀ \ ♂	<i>MR</i>	<i>Mr</i>	<i>mR</i>	<i>mr</i>
<i>MR</i>	<i>MMRR</i> вуса, червоні плоди	<i>MMRr</i> вуса, рожеві плоди	<i>MmRR</i> вуса, червоні плоди	<i>MmRr</i> вуса, рожеві плоди

Генотипи: 1 $MMRR$: 1 $MMRr$: 1 $MmRR$: 1 $MmRr$.

Фенотипи:

- $\frac{1}{2}$ рослини з вусами та червоними плодами (50 %);
- $\frac{1}{2}$ рослини з вусами та рожевими плодами (50 %).

За цього схрещування неможливо отримати рослини без вусів і з білими плодами.

Складаємо схему зворотного схрещування з тією батьківською особиною, що мала білі плоди й не мала вусів $MmRr$ (гамети: MR , Mr , mR , mr) $\times$ $mmrr$ (гамети: mr):

$\begin{matrix} \nearrow \text{♂} \\ \text{♀} \end{matrix}$	MR	Mr	mR	mr
mr	$MmRr$ вуса, рожеві плоди	$Mmrr$ вуса, білі плоди	$mmRr$ без вусів, рожеві плоди	$mmrr$ без вусів, білі плоди

Генотипи: 1 $MmRr$: 1 $Mmrr$: 1 $mmRr$: 1 $mmrr$.

Фенотипи:

- $\frac{1}{4}$ рослини з вусами та рожевими плодами (25 %);
- $\frac{1}{4}$ рослини з вусами та білими плодами (25 %);
- $\frac{1}{4}$ рослини без вусів та з рожевими плодами (25 %);
- $\frac{1}{4}$ рослини без вусів та з білими плодами (25 %).

За цього схрещування можна отримати 25 % рослин без вусів та з білими плодами.

Відповідь: безвусі рослини з білими плодами можна отримати від зворотного схрещування гібрида першого покоління з батьківською особиною, що має білі плоди й не має вусів.

Задача 5–9. Господиня схрестила півня з трояндоподібним гребнем і опереними ногами з двома курками, які мали трояндоподібний гребінь і оперені ноги.

Від першої курки вона отримала курчат з опереними ногами. Одна частина з них мала трояндоподібний гребінь, а інша частина — простий.

Курчата від другої курки мали трояндоподібний гребінь. Частина з них була з опереними ногами, частина — з неопереними.

Допоможіть визначити генотипи півня та обох курок.

Розв'язання

Обидві батьківські особини мають однакові фенотипи, а серед нащадків відбулося розщеплення за кожною з ознак. Розщеплення може відбуватися серед нащадків лише гетерозиготних особин.

Вводимо позначення:

A — трояндоподібний гребінь;

a — простий гребінь;

B — оперені ноги;
 b — неоперені ноги.

Генотип півня: $AaBb$ (гамети: AB , Ab , aB , ab). Генотип першої курки: $AaBB$ (гамети: AB , aB). Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	$AABB$ трояндоподібний гребінь, оперені ноги	$AABb$ трояндоподібний гребінь, оперені ноги	$AaBB$ трояндоподібний гребінь, оперені ноги	$AaBb$ трояндоподібний гребінь, оперені ноги
aB	$AaBB$ трояндоподібний гребінь, оперені ноги	$AaBb$ трояндоподібний гребінь, оперені ноги	$aaBB$ простий гребінь, оперені ноги	$aaBb$ простий гребінь, оперені ноги

Генотипи: $1 AABB : 1 AABb : 2 AaBB : 2 AaBb : 1 aaBB : 1 aaBb$.

Фенотипи:

- $\frac{3}{4}$ мають трояндоподібний гребінь та оперені ноги (75 %);
- $\frac{1}{4}$ мають простий гребінь та оперені ноги (25 %).

Генотип другої курки: $AABb$ (гамети: AB та Ab). Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	$AABB$	$AABb$	$AaBB$	$AaBb$
Ab	$AABb$	$AAbb$	$AaBb$	$Aabb$

Генотипи: $1 Aabb : 1 AAbb : 2 AaBb : 2 AABb : 1 AaBB : 1 AABb$.

Фенотипи:

- $\frac{3}{4}$ мають трояндоподібний гребінь та оперені ноги (75 %);
- $\frac{1}{4}$ мають простий гребінь та оперені ноги (25 %).

Відповідь: генотип півня: $AaBb$; генотип першої курки: $AaBB$; генотип другої курки: $AABb$.

Задача 5–10. На фермі «Молочні річки» чорні безрогі корови схрещуються з чорним безрогим биком. У F_1 фермер отримав 96 телят, з них — 55 чорних безрогих та 17 червоних безрогих телят.

Скільки рогатих телят народилося на фермі та яка їх частина була червоного кольору, якщо безрогість та чорний колір — домінантні ознаки?

Розв'язання

Вводимо позначення: H — безрогість, h — рогатість, C — чорний колір, c — червоний колір. Батьківські тварини виявляють домінантні ознаки, але мають певну кількість нащадків, що виявляють рецесивні ознаки. Робимо висновок, що батьківські тварини є дигетерозиготними й мають генотипи: $CcHh$. Гамети, що вони утворюють: CH , cH , Ch , ch . Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	CH	Ch	cH	ch
CH	$CCHH$ чорні безрогі	$CCHh$ чорні безрогі	$CcHH$ чорні безрогі	$CcHh$ чорні безрогі
Ch	$CcHh$ чорні безрогі	$CChh$ чорні рогаті	$CcHh$ чорні безрогі	$Cchh$ чорні рогаті
cH	$CcHH$ чорні безрогі	$CcHh$ чорні безрогі	$ccHH$ червоні безрогі	$ccHh$ червоні безрогі
ch	$CcHh$ чорні безрогі	$Cchh$ чорні рогаті	$ccHh$ червоні безрогі	$cchh$ червоні рогаті

Генотипи нащадків з родини А: $1 cchh : 2 ccHh : 1 ccHH : 2 Cchh : 4 CcHh : 2 CcHH : 1 CChh : 2 CCHh : 1 CCHH$.

Фенотипи нащадків:

- 56,25 % чорні безрогі;
- 18,75 % чорні рогаті;
- 18,75 % червоні безрогі;
- 6,25 % червоні рогаті.

Співвідношення за кожною з ознак окремо є таким:

3 безрогі : 1 рогаті;

3 чорні : 1 червоні.

Загальна кількість безрогих особин, за умовою задачі, дорівнює: $55 + 17 = 72$. Визначаємо кількість рогатих телят:

72 телят — 3 частини, x телят — 1 частина;

$$\frac{72}{3} = \frac{x}{1}; x = \frac{72 \cdot 1}{3} = 24 \text{ теляти.}$$

Загальна кількість телят: $72 + 24 = 96$.

Визначаємо кількість червоних рогатих телят:

96 телят — 100 %, у телят — 6,25 %.

$$\frac{96}{x} = \frac{100\%}{6,25\%}; x = \frac{96 \cdot 6,25\%}{100\%} = 6 \text{ червоних рогатих телят.}$$

Відповідь: на фермі народилося 24 рогатих теляти, з них 6 телят були червоними.

Задачі на полігібридне схрещування

Задача 5–11. Визначте, скільки типів гамет і які саме утворюють організми з генотипами:

- $AAbbCC$;
- $AaBBCc$;
- $AaBbCc$;
- $AaBBCcDD$.

Розв'язання-відповідь

Визначаємо загальну кількість гамет за формулою: 2^n , де n — число гетерозигот.

Для генотипу $AAbbCC$ кількість гамет становить $2^0 = 1$.

Для генотипу $AaBBCc$: $2^2 = 4$.

Для генотипу $AaBbCc$: $2^3 = 8$.

Для генотипу $AaBBCcDD$: $2^2 = 4$.

Визначаємо типи гамет, беручи до уваги, що кожна гамета отримує лише один із двох алельних генів.

Будуть утворюватися гамети:

- для генотипу $AAbbCC$: AbC (100 %);
- для генотипу $AaBBCc$: aBc (25 %), ABc (25 %), aBC (25 %), ABC (25 %);
- для генотипу $AaBbCc$: abc (12,5 %), Abc (12,5 %), aBc (12,5 %), ABc (12,5 %), abC (12,5 %), AbC (12,5 %), aBC (12,5 %), ABC (12,5 %);
- для генотипу $AaBBCcDD$: $ABCD$ (25 %), $aBCD$ (25 %), $aBcD$ (25 %), $ABcD$ (25 %).

Задача 5–12. За результатами генетичних досліджень відомо, що у томатів кулясті плоди (A) домінують над грушоподібними (a), червоне забарвлення плодів (B) — над жовтим (b), гладенька шкірка плодів (C) — над опушеною (c). Домінування є повним.

Який фенотип будуть мати рослини з генотипами:

- $aabbcc$;
- $aaBbcc$;
- $AabbCc$;
- $AaBbCC$;
- $aabbCc$;
- $AABbCC$;

Розв'язання-відповідь

Генотип	Фенотип
<i>aabbcc</i>	рослини з грушоподібними жовтими опушеними плодами
<i>aaBbcc</i>	рослини з грушоподібними червоними опушеними плодами
<i>AabbCc</i>	рослини з кулястими жовтими плодами, вкритими гладенькою шкіркою
<i>AaBbCC</i>	рослини з кулястими червоними плодами, вкритими гладенькою шкіркою
<i>aabbCc</i>	рослини з грушоподібними жовтими плодами, вкритими гладенькою шкіркою
<i>AABbCC</i>	рослини з кулястими червоними плодами, вкритими гладенькою шкіркою

Задача 5–13. У гороху червоне забарвлення пелюсток квіток (*A*), жовте забарвлення (*B*) і гладенька поверхня (*C*) насіння — домінантні ознаки. Біле забарвлення пелюсток квітки (*a*), зелене забарвлення (*b*) і зморшківата поверхня (*c*) насіння — рецесивні ознаки.

Які генотипи матимуть рослини з такими фенотипами:

- 1) рослина з гладеньким жовтим насінням та червоними квітками, гетерозиготна за всіма трьома ознаками;
- 2) дигетерозиготна рослина з гладеньким жовтим насінням і білими квітками;
- 3) гетерозиготна рослина з гладеньким зеленим насінням і білими квітками;
- 4) гомозиготна рослина з гладеньким зеленим насінням і червоними квітами;
- 5) гетерозиготна рослина зі зморшківатим зеленим насінням і червоними квітами?

Розв'язання-відповідь

- 1) *AaBbCc*;
- 2) *aaBbCc*;
- 3) *aabbCc*;
- 4) *AAbbCC*;
- 5) *Aabbcc*.

Задача 5–14. Дослідники в лабораторії проводять схрещування організмів з генотипами *AaBBccDDEe* та *AaBbCcDcEe*.

Яка вірогідність утворення організму з генотипом *AABBCcDDEE*?

Розв'язання

З'ясуємо, як відбуватиметься розщеплення за кожною парою алелей.

Складаємо схему схрещування для $Aa \times Aa$:

♀ \ ♂	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Генотипи: $\frac{1}{4} AA : \frac{1}{2} Aa : \frac{1}{4} aa$.

Складаємо схему схрещування для $BB \times Bb$:

♀ \ ♂	B	b
B	BB	Bb

Генотипи: $\frac{1}{2} BB : \frac{1}{2} Bb$.

Складаємо схему схрещування для $Cc \times cc$:

♂ \ ♀	C	c
c	Cc	cc

Генотипи: $\frac{1}{2} Cc : \frac{1}{2} cc$.

Складаємо схему схрещування для $DD \times Dd$:

♀ \ ♂	D	d
D	DD	Dd

Генотипи: $\frac{1}{2} DD : \frac{1}{2} Dd$.

Складаємо схему схрещування для $Ee \times Ee$:

♀ \ ♂	E	e
E	EE	Ee
e	Ee	ee

Генотипи: $\frac{1}{4} EE : \frac{1}{2} Ee : \frac{1}{4} ee$.

Тепер обчислимо вірогідність утворення генотипу *AABBCcDDEE*, перемноживши вірогідності утворення певних алелів за кожною парою:

$$\frac{1}{4} AA \cdot \frac{1}{2} BB \cdot \frac{1}{2} Cc \cdot \frac{1}{2} DD \cdot \frac{1}{2} EE = \frac{1}{128}, \text{ або } 0,78 \ \%.$$

Відповідь: вірогідність утворення організму в результаті схрещування з генотипом *AABBCcDDEE* становить 0,78 %.

Задача 5–15. У морських свинок розеткова шерсть (*R*) домінує над гладенькою (*r*), чорне забарвлення (*C*) — над білою (*c*), а довга шерсть (*L*) — над короткою (*l*).

Яке потомство можливо отримати від схрещування: ♀ *CcLLrr* × ♂ *ccLlrr*?

Розв'язання-відповідь

Визначаємо типи гамет: тварина з генотипом *CcLLrr* утворюватиме гамети *cLr* та *CLr*; тварина з генотипом *ccLlrr* утворюватиме гамети *clr* та *cLr*.

Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	<i>cLr</i>	<i>CLr</i>
<i>clr</i>	<i>ccLlrr</i>	<i>CcLlrr</i>
<i>cLr</i>	<i>ccLLrr</i>	<i>CcLLrr</i>

Генотипи: 1 *ccLlrr* : 1 *ccLLrr* : 1 *CcLlrr* : 1 *CcLLrr*.

Фенотипи:

- $\frac{1}{2}$ з білою гладенькою довгою шерстю (50 %);
- $\frac{1}{2}$ з чорною гладенькою довгою шерстю (50 %).

Розділ 6. ЗАДАЧІ НА ВЗАЄМОДІЮ НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ

В організмі одночасно виявляють свою дію гени з різних алелів. Багато з них можуть впливати на дію один одного, навіть якщо містяться в різних парах хромосом. При цьому може відбуватися відхилення від закону незалежного успадкування ознак.

Існує 3 форми взаємодії неалельних генів: епістаз, комплементарність та полімерія.

Задачі на епістаз

Епістаз — це пригнічення дії генів одного алеля генами іншої. Ген, який пригнічується, не виявляє своєї дії. Існує домінантний і рецесивний епістаз.

За схрещування дигібридів під час домінантного епістазу розщеплення за фенотипом у F_2 може становити:

- 13:3;
- 12:3:1;
- 7:6:3.

Приклад домінантного епістазу: у гарбуза домінантний ген Y спричиняє жовте забарвлення плодів, а рецесивний y — зелене. Крім того, є домінантний ген W , що пригнічує прояв будь-якого забарвлення, в той час як рецесивний w не заважає прояву забарвлення. Тому рослини, які мають у своєму генотипі хоча б один домінантний ген W , утворюватимуть білі плоди незалежно від того, які алелі гена Y будуть наявні в їхніх генотипах. Наприклад, у рослини з генотипами $YYWW$, $YyWw$, $yyWw$ плоди будуть білими.

За схрещування дигібридів під час рецесивного епістазу розщеплення за фенотипом у F_2 може становити:

- 9:3:4;
- 9:7;
- 13:3.

Приклад рецесивного епістазу: успадкування забарвлення шерсті у хатньої миші. Забарвлення агуті (рудувато-сіре) визначається домінантним геном A , його рецесивний алель у гомозиготному стані визначає чорне забарвлення. Домінантний ген іншої

пари *C* визначає розвиток пігменту, а гомозиготи за його рецесивним алелем *c* є альбіносами. Особини, що є домінантними гомозиготами за геном *C* або гетерозиготними за цим геном, матимуть забарвлення шерсті відповідно до свого генотипу за геном *A*. Так, тварини з генотипами *AACC* та *AACc* будуть рудувато-сірі, а *aaCC* та *aaCc* — чорні. Але всі особини, гомозиготні за рецесивним геном *c*, — *AAcc*, *Aacc* та *aacc* — будуть альбіносами.

Задача 6–1. У господарстві «Братик Кролик» з розведення кроликів вирощують тварин різного забарвлення: чорного, сірого та білого. Забарвлення шерсті визначається таким чином: у кроликів рецесивний ген відсутності пігменту пригнічує дію домінантного гена наявності пігменту. Інша пара алельних генів впливає на розподіл пігменту, якщо він є: домінантний алель визначає сіре забарвлення (оскільки спричиняє нерівномірний розподіл пігменту по довжині волосини: пігмент накопичується біля її основи, а кінчик волосини залишається позбавленим пігменту), рецесивний — чорну (тому що він не впливає на розподіл пігменту).

Робітники господарства провели схрещування двох тварин, що є гетерозиготами. Які можуть бути нащадки цього схрещування за генотипом і фенотипом?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

B_C_ — сіре забарвлення;

B_cc — чорне забарвлення;

bbC_ — біле забарвлення;

bbcc — біле забарвлення.

Складаємо схему схрещування *BbCc* × *BbCc*:

♀ \ ♂	<i>BC</i>	<i>Bc</i>	<i>bC</i>	<i>bc</i>
<i>BC</i>	<i>BBCc</i> сірі	<i>BBCc</i> сірі	<i>BbCC</i> сірі	<i>BbCc</i> сірі
<i>Bc</i>	<i>BBCc</i> сірі	<i>BBcc</i> чорні	<i>BbCc</i> сірі	<i>Bbcc</i> чорні
<i>bC</i>	<i>BbCC</i> сірі	<i>BbCc</i> сірі	<i>bbCC</i> білі	<i>bbCc</i> білі
<i>bc</i>	<i>BbCc</i> сірі	<i>Bbcc</i> чорні	<i>bbCc</i> білі	<i>bbcc</i> білі

Генотипи нащадків з родини А: 1 *bbcc* : 2 *bbCc* : 1 *bbCC* : 2 *Bbcc* : 4 *BbCc* : 2 *BbCC* : 1 *BBcc* : 2 *BBCc* : 1 *BBCC*.

Фенотипи:

- $\frac{9}{16}$ сірих (56,25 %);
- $\frac{3}{16}$ чорних (18,75 %);
- $\frac{1}{4}$ білих (25 %).

Задача 6–2. Андрій розводить голубів білого та темного кольору. Забарвлення птахів визначається таким чином:

- ген A визначає наявність темного забарвлення пір'я у голубів, a — білого забарвлення;
- ген B пригнічує дію гена A і також зумовлює біле забарвлення пір'я.

Хлопчик підібрав для розмноження пару домінантних і рецесивних гомозигот. З'ясуйте, чи відбуватиметься розщеплення у F_2 під час схрещування білих птахів: $AABB \times aabb$.

Визначте генотипи та фенотипи гібридів у F_1 та F_2 . Яким чином відбувається успадкування ознаки?

Розв'язання-відповідь

Складаємо схему схрещування для F_1 :

♀ \ ♂	♂	AB
	ab	$AaBb$ білі

Генотип: усі $AaBb$.

Фенотип: усі білі внаслідок пригнічення дії гена A геном B .

Складаємо схему схрещування для F_2 :

♀ \ ♂	♂	AB	Ab	aB	ab
	AB	$AABB$ білі	$AABb$ білі	$AABB$ білі	$AABb$ білі
	Ab	$AABb$ білі	$Aabb$ темні	$AaBb$ білі	$Aabb$ темні
	aB	$AaBB$ білі	$AaBb$ білі	$aaBB$ білі	$aaBb$ білі
	ab	$AaBb$ білі	$Aabb$ темні	$aaBb$ білі	$aabb$ білі

Співвідношення генотипів: 1 *aabb* : 2 *Aabb* : 1 *Aabb* : 2 *aaBb* : 4 *AaBb* : 2 *AABb* : 1 *aaBB* : 2 *AaBB* : 1 *AABB*.

Фенотипи:

- $\frac{13}{16}$ білі голуби (81,25 %);
- $\frac{3}{16}$ темні голуби (18,75 %).

Відбувається розщеплення ознак 3:13. Це випадок домінантного епістазу.

Задача 6–3. Господиня вирощує чорних і білих курей. За схрещування чорної курки з білим півнем усі курчата виявилися чорними. За аналізуючого схрещування отримали 28 білих та 10 чорних курчат.

Як успадковується ознака?

Розв'язання-відповідь

У випадку успадкування ознаки за однією парою генів за аналізуючого схрещування має відбутися розщеплення 1:1. Однак, за умовою, розщеплення дорівнює приблизно 3:1. Робимо висновок: це випадок дигібридного схрещування.

Оскільки у F_1 усі гібриди були одноманітними, робимо висновок: батьківські особини були гомозиготними: *BB* та *CC*.

Складаємо схему схрещування чорної курки ♀ *BBCC* та білого півня ♂ *bbcc* для F_1 :

♀	♂	<i>bc</i>
	<i>BC</i>	<i>BbCc</i> чорні

Генотип: усі *BbCc*.

Фенотип: 100 % чорні.

Складаємо схему схрещування *BbCc* × *bbcc* для F_2 :

♀	♂	<i>BC</i>	<i>Bc</i>	<i>bC</i>	<i>bc</i>
	<i>bc</i>	<i>BbCc</i> чорні	<i>Bbcc</i> білі	<i>bbCc</i> білі	<i>bbcc</i> білі

Співвідношення генотипів нащадків: 1 *BbCc* : 1 *Bbcc* : 1 *bbCc* : 1 *bbcc*.

Фенотипи:

- $\frac{3}{4}$ білі (75 %);
- $\frac{1}{4}$ чорні (25 %).

Це співвідношення може утворитися під час взаємодії генів за принципом подвійного рецесивного епістазу.

Задачі на комплементарність

Комплементарність — це явище, коли дія двох неалельних генів утворює нову ознаку, не схожу на ті, що утворюються без їхньої взаємодії. Розщеплення за фенотипом у F_2 може становити:

- ♦ 9:6:1;
- ♦ 9:3:4;
- ♦ 9:7;
- ♦ іноді 9:3:3:1.

Приклад: успадкування форми плодів гарбуза. За наявності в генотипі домінантних генів A або B виникає сферична форма плодів, а рецесивних — видовжена. За наявності в генотипі одночасно домінантних генів A та B форма плодів — дископодібна. За схрещування чистих ліній із сортами, що мають сферичну форму плодів, у першому гібридному поколінні F_1 усі плоди матимуть дископодібну форму, а в поколінні F_2 відбудеться розщеплення за фенотипом: $\frac{9}{16}$ рослин матимуть дископодібні плоди, $\frac{6}{16}$ — сферичні, $\frac{1}{16}$ — видовжені.

Задача 6–4. За результатами досліджень, форма гребня у курей визначається взаємодією двох пар неалельних генів:

- ♦ горіхоподібний гребінь визначається взаємодією домінантних алелів цих генів;
- ♦ комбінація одного гена в домінантному, а іншого — в рецесивному стані визначає розвиток або трояндоподібного, або горохоподібного гребня;
- ♦ особини з простим гребнем є рецесивними за обох алелів.

Дослідники схрестили двох дигетерозиготних птахів. Якими за формою гребня можуть бути їхні нащадки?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

$A_B_$ — горіхоподібний;

A_bb — трояндоподібний;

$aaB_$ — горохоподібний;

$aabb$ — простий

Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	$AABB$ горохоподібний	$AABb$ горохоподібний	$AaBB$ горохоподібний	$AaBb$ горохоподібний
Ab	$AABb$ горохоподібний	$AAbb$ трояндоподібний	$AaBb$ горохоподібний	$Aabb$ трояндоподібний
aB	$AaBB$ горохоподібний	$AaBb$ горохоподібний	$aaBB$ горохоподібний	$aaBb$ горохоподібний
ab	$AaBb$ горохоподібний	$Aabb$ трояндоподібний	$aaBb$ горохоподібний	$aabb$ простий

Співвідношення генотипів: 1 $aabb$: 2 $Aabb$: 1 $Aabb$: 2 $aaBb$: 4 $AaBb$: 2 $AABb$: 1 $aaBB$: 2 $AaBB$: 1 $AABB$.

Фенотипи:

- $\frac{9}{16}$ з горохоподібним гребнем (56,25 %);
- $\frac{3}{16}$ з трояндоподібним гребнем (18,75 %);
- $\frac{3}{16}$ з горохоподібним гребнем (18,75 %);
- $\frac{1}{16}$ з простим гребнем (6,25 %).

Задача 6–5. На дослідній ділянці інституту овочівництва вирощують гарбузи з плодами різної форми: сферичної, дископодібної та видовженої. Науковці схрестили гарбузи двох сортів, що мали сферичну форму плодів, але різні генотипи: $AAdd$ та $aaDD$.

Всі рослини у F_1 мали дископодібні плоди, а у F_2 плоди були трьох різних форм: сферичні, дископодібні й видовжені.

Поясніть причини такого успадкування ознак.

В якому співвідношенні відбулося розщеплення ознак у F_2 ?

Розв'язання-відповідь

Відбувається взаємодія неалельних генів за типом комплементарності. Поява дископодібної форми спричинена комбінацією дії двох домінантних генів: A та D . Видовженої — дії двох рецесивних генів у гомозиготному стані: aa та dd .

Складаємо схему схрещування для F_1 :

♀ \ ♂	AD
ad	$AaDd$ дископодібні

Генотип: усі $AaDd$.

Фенотип: усі рослини мають дископодібні плоди.

Складаємо схему схрещування для F_2 :

♀ \ ♂	AD	Ad	aD	ad
AD	$AADD$ дископодібні	$AADd$ дископодібні	$AaDD$ дископодібні	$AaDd$ дископодібні
Ad	$AADd$ дископодібні	$AAdd$ сферичні	$AaDd$ дископодібні	$Aadd$ сферичні
aD	$AaDD$ дископодібні	$AaDd$ дископодібні	$aaDD$ сферичні	$aaDd$ сферичні
ad	$AaDd$ дископодібні	$Aadd$ сферичні	$aaDd$ сферичні	$aadd$ видовжені

Співвідношення генотипів: $1 aadd : 2 Aadd : 1 AAdd : 2 aaDd : 4 AaDd : 2 AADd : 1 aaDD : 2 AaDD : 1 AADD$.

Фенотипи:

- $\frac{9}{16}$ з дископодібним плодами (56,25 %);
- $\frac{6}{16}$ зі сферичними плодами (37,5 %);
- $\frac{1}{16}$ з видовженими плодами (6,25 %).

Задача 6–6. Студенти-генетики хрестили між собою два сорти рослини, один з яких має лійкоподібну форму квітки, другий — бокалоподібну. Ці ознаки визначаються дією різних домінантних генів. Рецесивні гомозиготи мають циліндричну форму квітки.

Всі гібриди у F_1 мали особливу форму квітки, не схожу на попередні.

Визначте фенотипи рослин у F_2 . Поясніть утворення нової форми квіток у гібридів F_1 та F_2 .

Розв'язання-відповідь

Нові форми квітки зумовлені комплементарною дією двох генів. Вводимо позначення:

- L — лійкоподібні квіти;
- l — циліндричні квіти;
- B — бокалоподібні квіти;
- b — циліндричні квіти.

Визначаємо генотипи батьківських форм. Оскільки у F_1 не відбулося розщеплення, обидві батьківські рослини були гомозиготними. Отже, їхні генотипи: $bbLL$ та $Bbll$. Складаємо схему схрещування для F_1 :

♀ \ ♂	♂	bL
	♀	$BbLl$ нова форма квітки

Генотип: усі $BbLl$.
Фенотип: усі рослини матимуть нову форму квітки.
Складаємо схему схрещування для F_2 :

♀ \ ♂	BL	Bl	bL	bl
BL	$BBLL$ нова форма	$BBLl$ нова форма	$BbLL$ нова форма	$BbLl$ нова форма
Bl	$BBLl$ нова форма	$BBll$ бокалоподібні	$BbLl$ нова форма	$Bbll$ бокалоподібні
bL	$BbLL$ нова форма	$BbLl$ нова форма	$bbLL$ лійкоподібні	$bbLl$ лійкоподібні
bl	$BbLl$ нова форма	$Bbll$ бокалоподібні	$bbLl$ лійкоподібні	$bbll$ циліндричні

Співвідношення генотипів: $1\ bbll : 2\ Bbll : 1\ BBll : 2\ bbLl : 4\ BbLl : 2\ BBLl : 1\ bbLL : 2\ BbLL : 1\ BBLL$.

Фенотипи:

- $\frac{9}{16}$ з нової формою квіток (56,25 %);
- $\frac{3}{16}$ з бокалоподібними квітками (18,75 %);
- $\frac{3}{16}$ з лійкоподібними квітками (18,75 %);
- $\frac{1}{16}$ з циліндричними квітками (6,25 %).

Задачі на полімерію

Полімерія — явище, за якого одна й та сама ознака визначається кількома алелями. При цьому, чим більше в генотипі міститься домінантних генів, що визначають цю ознаку, тим яскравіше ця ознака виявляється.

Найчастіше полімерні гени контролюють кількісні ознаки: висоту рослин, масу тварин, яйцєносність курей, довжину волокон у льону, вміст цукру в коренеплодах цукрового буряка та ін.

Приклад: у людини колір шкіри (кількість пігменту меланіну в шкірі) визначається трьома неалельними генами: A_1 , A_2 , A_3 . Найбільша кількість меланіну утворюється в тому випадку, коли в генотипі всі три алелі перебувають у гомозиготному домінантному стані $A_1A_1A_2A_2A_3A_3$. У цьому випадку утворюється темно-коричневий колір шкіри, притаманний негроїдній расі. Найсвітлішому кольору шкіри, що наявний у представників європеїдної раси, відповідає генотип, за якого всі три алелі перебувають у гомозиготному рецесивному стані $a_1a_1a_2a_2a_3a_3$. Проміжні варіанти визначатимуть різну інтенсивність пігментації, за якої чим більше домінантних генів опиниться в генотипі, тим більш темною буде шкіра.

За кумулятивної полімерії дія домінантних алелів підсумовується, а ступінь виявлення ознаки залежить від числа домінантних алелів цього гена.

За некумулятивної полімерії для максимального виявлення ознаки достатньо хоча б одного домінантного алеля в парі (або групі) генів, що взаємодіють.

Задача 6–7. Жовте забарвлення пелюсток квітки рослини визначається двома парами генів. Кожний домінантний ген цих алелів визначає жовте забарвлення. Рецесивні гомозиготні рослини мають білі квітки.

Визначте, яке розщеплення за фенотипом відбудеться під час схрещування дигетерозиготної рослини з рецесивною гомозиготою.

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

$Y_1Y_1Y_2Y_2$ — темно-жовті квіти;

$Y_1Y_1Y_2Y_2$, $Y_1y_1Y_2Y_2$ — яскраво-жовті квіти;

$y_1y_1Y_2Y_2$, $Y_1Y_1y_2y_2$, $Y_1y_1Y_2y_2$ — жовті квіти;

$y_1y_1Y_2y_2$, $Y_1y_1y_2y_2$ — блідо-жовті квіти;

$y_1y_1y_2y_2$ — білі квіти.

Складаємо схему схрещування $Y_1y_1Y_2y_2$ (жовті квітки) $\times$ $y_1y_1y_2y_2$ (білі квітки):

♀ \ ♂	Y_1Y_2	Y_1y_2	y_1Y_2	y_1y_2
y_1y_2	$Y_1y_1Y_2y_2$ жовті	$Y_1y_1y_2y_2$ блідо-жовті	$y_1y_1Y_2y_2$ блідо-жовті	$y_1y_1y_2y_2$ білі

Генотипи: $1 Y_1y_1Y_2y_2 : 1 Y_1y_1y_2y_2 : 1 y_1y_1Y_2y_2 : 1 y_1y_1y_2y_2$.

Фенотипи:

- $\frac{1}{4}$ рослини з жовтими квітками (25 %);
- $\frac{1}{2}$ рослини з блідо-жовтими квітами (50 %);
- $\frac{1}{4}$ рослини з білими квітками (25 %).

Задача 6–8. Колір шкіри людини визначається дією генів за типом полімерії: чим більше домінуючих генів, тим він темніше. За 4-х домінуючих генів — шкіра чорна, за 3-х — темна, за 2-х — смаглява, за 1-го — світла. Якщо всі гени в рецесивному стані — шкіра біла.

Майкл, який має чорну шкіру, одружився з білошкірою жінкою на ім'я Мері. Якими можуть бути їхні онуки, якщо їхній син одружиться з мулаткою (дигетерозиготна особина)?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

$A_1A_1A_2A_2$ — чорна шкіра;

$A_1A_1A_2a_2$, $A_1a_1A_2A_2$ — темна шкіра;

$A_1a_1A_2a_2$, $A_1A_1a_2a_2$, $a_1a_1A_2A_2$ — смаглява шкіра;

$a_1a_1a_2A_2$, $A_1a_1a_2a_2$ — світла шкіра;

$a_1a_1a_2a_2$ — біла шкіра.

Визначаємо генотип сина Майкла й Мері за схемою схрещування $\text{♀ } a_1a_1a_2a_2 \times \text{♂ } A_1A_1A_2A_2$:

♀ \ ♂	A_1A_2
a_1a_2	$A_1a_1A_2a_2$ смаглява шкіра

Складаємо схему схрещування $\text{♀ } A_1a_1A_2a_2 \times \text{♂ } A_1a_1A_2a_2$ для визначення можливих генотипів онуків:

♀ \ ♂	A_1A_2	A_1a_2	a_1A_2	a_1a_2
A_1A_2	$A_1A_1A_2A_2$ чорна шкіра	$A_1A_1A_2a_2$ темна шкіра	$A_1a_1A_2A_2$ темна шкіра	$A_1a_1A_2a_2$ смаглява шкіра
A_1a_2	$A_1A_1A_2a_2$ темна шкіра	$A_1a_1a_2a_2$ смаглява шкіра	$A_1a_1A_2a_2$ смаглява шкіра	$A_1a_1a_2a_2$ світла шкіра
a_1A_2	$A_1a_1A_2A_2$ темна шкіра	$A_1a_1A_2a_2$ смаглява шкіра	$a_1a_1A_2A_2$ смаглява шкіра	$a_1a_1A_2a_2$ світла шкіра
a_1a_2	$A_1a_1A_2a_2$ смаглява шкіра	$A_1a_1a_2a_2$ світла шкіра	$a_1a_1A_2a_2$ світла шкіра	$a_1a_1a_2a_2$ біла шкіра

Співвідношення генотипів:

$$\begin{aligned}
 &1 a_1a_1a_2a_2 : 2 A_1a_1a_2a_2 : 1 A_1A_1a_2a_2 : \\
 &: 1 A_1A_1a_2a_2 : 2 a_1a_1A_2a_2 : 4 A_1a_1A_2a_2 : 2 A_1A_1A_2a_2 : \\
 &: 1 a_1a_1A_2A_2 : 2 A_1a_1A_2A_2 : 1 A_1A_1A_2A_2.
 \end{aligned}$$

Фенотипи:

- $\frac{1}{16}$ чорних (6,25 %);
- $\frac{1}{4}$ з темною шкірою (25 %);
- $\frac{6}{16}$ зі смаглявою шкірою (37,5 %);
- $\frac{1}{4}$ зі світлою шкірою (25 %);
- $\frac{1}{16}$ з білою шкірою (6,25 %).

Задача 6–9. Ботаніки з'ясували, що в рослини грицики звичайні плід стручечок може бути трикутної або кулястої форми. Генетичні дослідження виявили, що за схрещування будь-якої гетерозиготної форми з трикутним стручечком із рослиною, що має кулясті стручечки, у гібридів F_1 завжди утворюються трикутні стручечки.

На дослідній ділянці був поставлений експеримент для визначення типу успадкування ознаки. Визначте генотипи рослин, якщо схрещування дає такі результати розщеплення: 3 частини рослин — з трикутними стручечками : 1 частина рослин — з кулястими. Як успадковується ознака?

Розв'язання-відповідь

Це випадок некумулятивної полімерії. Два різних гени C_1 та C_2 визначають трикутну форму плодів, а рецесивні гени c_1 та c_2 — кулясту.

Складаємо схему схрещування двох гомозиготних рослин — домінантної та рецесивної $C_1C_1C_2C_2 \times c_1c_1c_2c_2$:

♀ \ ♂	c_1c_2
C_1C_2	$C_1c_1C_2c_2$ трикутні плоди

Генотип: усі $C_1c_1C_2c_2$.

Фенотип: усі рослини з трикутними плодами.

Проводимо аналізуюче схрещування $C_1c_1C_2c_2 \times c_1c_1c_2c_2$:

♀ \ ♂	C_1C_2	C_1c_2	c_1C_2	c_1c_2
c_1c_2	$C_1c_1C_2c_2$ трикутні плоди	$C_1c_1c_2c_2$ трикутні плоди	$c_1c_1C_2c_2$ трикутні плоди	$c_1c_1c_2c_2$ кулясті плоди

Генотип: $1 C_1c_1C_2c_2 : 1 C_1c_1c_2c_2 : 1 c_1c_1C_2c_2 : 1 c_1c_1c_2c_2$.

Фенотип:

- $\frac{3}{4}$ рослини з трикутними плодами (75 %);
- $\frac{1}{4}$ рослини з кулястими плодами (25 %).

Розділ 7. ЗАДАЧІ НА МНОЖИННИЙ АЛЕЛІЗМ

Множинний алелізм — це різноманітність алелів одного гена (алелів має бути більше ніж два). Це явище має місце, коли в популяції певний ген представлений як мінімум трьома алелями. При цьому в генотипі кожного організму присутні лише два гени з алеля.

Задача 7–1. Ген представлений трьома алелями: a_1, a_2, a_3 .

Визначте:

- скільки різних генотипів можуть утворювати комбінації цих алелів;
- скільки фенотипів може утворитися за повного домінування ($a_1 > a_2 > a_3$);
- скільки фенотипів може утворитися за неповного домінування;
- скільки фенотипів може утворитися за кодомінування.

Розв'язання-відповідь

Три алелі можуть утворити 3 гомозиготних і 3 гетерозиготних генотипи. Гомозиготні: a_1a_1, a_2a_2, a_3a_3 . Гетерозиготні: a_1a_2, a_1a_3, a_2a_3 .

За повного домінування утворюватимуться 3 фенотипи:

- фенотип 1 (a_1a_1, a_2a_2, a_1a_3);
- фенотип 2 (a_2a_2, a_2a_3);
- фенотип 3 (a_3a_3).

За неповного домінування кількість фенотипів дорівнюватиме кількості генотипів, оскільки в цьому випадку гетерозиготи мають особливі фенотипи, що відрізняються від генотипів гомозигот:

- фенотип 1 (a_1a_1);
- фенотип 2 (a_1a_2);
- фенотип 3 (a_1a_3);
- фенотип 4 (a_2a_2);
- фенотип 5 (a_2a_3);
- фенотип 6 (a_3a_3).

За повного домінування алелів a_1 та a_2 над алелем a_3 і кодомінування між собою утворюватимуться 4 фенотипи:

- фенотип 1 (a_1a_1 та a_1a_3 — повне домінування);
- фенотип 2 (a_2a_2 та a_2a_3 — повне домінування);
- фенотип 3 (a_2a_3 — рецесивна гомозигота);
- фенотип 4 (a_1a_2 — кодомінування);

Відповідь:

- за комбінації цих алелів утворюватимуться 6 генотипів;
- за повного домінування утворюватимуться 3 фенотипи;
- за неповного домінування утворюватимуться 6 фенотипів;
- за кодомінування утвориться 4 фенотипи.

Задача 7–2. За результатами досліджень виявлено, що овес має серію множинних алелів, які визначають стійкість рослин до різних рас паразита іржі. Це має велике значення для господарського вирощування вівса. Дослідники схрестили рослини з двох чистих ліній, що мають імунітет до різних рас іржі, у результаті якого всі нащадки виявилися стійкими до обох форм іржі й мали більшу життєздатність. У F_2 відбулося розщеплення:

- 76 рослин, стійких до 1-ї раси іржі;
- 181 рослина, стійка до обох рас;
- 73 рослини, стійкі до 2-ї раси іржі.

Як можна пояснити отримані результати?

Розв'язання

Вводимо позначення:

C_1 — ген, що визначає стійкість до 1-ї раси іржі;

C_2 — ген, що визначає стійкість до 2-ї раси іржі;

C_1C_1 — генотип рослини, що є стійкою до 1-ї раси іржі;

C_2C_2 — генотип рослини, що має імунітет до 2-ї раси іржі.

Складаємо схему схрещування для F_1 :

♀ \ ♂	C_1	C_1
C_2	C_1C_2 стійкість до обох рас іржі	C_1C_2 стійкість до обох рас іржі
C_2	C_1C_2 стійкість до обох рас іржі	C_1C_2 стійкість до обох рас іржі

Генотип: усі C_1C_2 .

Фенотип: усі рослини є стійкими до обох рас іржі.

Складаємо схему схрещування для F_2 :

♀ \ ♂	C_1	C_2
C_1	C_1C_1 стійкість до 1-ї раси іржі	C_1C_2 стійкість до обох рас іржі
C_2	C_1C_2 стійкість до обох рас іржі	C_2C_2 стійкість до 2-ї раси іржі

Генотиби: $1 C_1C_1 : 2 C_1C_2 : 1 C_2C_2$.

Фенотиби:

- $\frac{1}{4}$ стійкі до 1-ї раси іржі (25 %);
- $\frac{1}{2}$ стійкі до обох рас іржі (50 %);
- $\frac{1}{2}$ стійкі до 2-ї раси іржі (50 %).

Розподіл фенотипів у F_2 відповідає розщепленню 1:2:1. Висновок: ознака визначається одним геном. Оскільки гетерозиготна особина має стійкість до обох рас іржі, робимо висновок про кодомінування.

Відповідь: моногенне успадкування ознаки за типом кодомінування.

Задача 7–3. Кролики можуть мати кілька типів забарвлення:

- дикий тип;
- гімалайське (червоні очі й біла шерсть, однак усі крайні точки — ноги, хвіст, вуха і хвіст — мають чорне або темно-коричнє забарвлення);
- альбіноси (червоні очі та суцільне біле забарвлення шерсті).

Ген дикого забарвлення шерсті C , гімалайської c та альбінізму c^a складають серію множинних алелів, які домінують у такому порядку: $C \rightarrow c \rightarrow c^a$.

Дослідники провели схрещування кролика дикого забарвлення з гімалайським кроликом. Яким буде забарвлення кроленят?

Які схрещування мають провести дослідники, щоб визначити генотип кролика з диким забарвленням?

Розв'язання-відповідь

Кролики з диким забарвленням можуть мати три генотиби: CC , Cc та Cc^a . Гімалайський може мати два генотиби: cc та cc^a .

Складаємо схему схрещування $CC \times cc$:

♀ \ ♂	C
c	Cc

Генотип: усі Cc .

Фенотип: 100 % кроленят матимуть дике забарвлення. Такі саме результати будуть і в разі схрещування $CC \times cc^a$.

Складаємо схему схрещування $Cc \times cc$:

♀ \ ♂	C	c
c	Cc	cc

Генотип: 1 Cc : 1 cc .

Фенотип:

- $\frac{1}{2}$ дикий тип (50 %);
- $\frac{1}{2}$ гімалайські (50 %).

Такі саме результати будуть і в разі схрещування $Cc \times cc^a$.

Складаємо схему схрещування $Cca \times cc$:

♀ \ ♂	C	c^a
c	Cc	cc^a

Генотип: 1 Cc : 1 cc^a .

Фенотип:

- $\frac{1}{2}$ дикий тип (50 %);
- $\frac{1}{2}$ гімалайські (50 %).

Складаємо схему схрещування $Cc^a \times cc^a$:

♀ \ ♂	C	c^a
c	Cc	cc^a
c^a	Cc^a	$c^a c^a$

Генотип: 1 Cc : 1 Cc^a : 1 cc^a : 1 $c^a c^a$.

Фенотип:

- $\frac{1}{2}$ дикий тип (50 %);
- $\frac{1}{4}$ гімалайські (25 %);
- $\frac{1}{4}$ альбіноси (25 %).

Для того щоб визначити генотип кролика дикого типу, слід схрестити його з альбіносом.

Задача 7–4. В одному дворі мешкають кішки різного забарвлення. Забарвлення шерсті у кішок визначає серія множинних алелів за геном B :

- B — дикий тип;
- B_c — сіамські;
- B_a — альбіноси.

Кожен з алелів повно домінує в такому порядку: $B > B_c > B_a$.

Від схрещування хатньої сіамської кішки на ім'я Кітті з котом дикого типу на прізвисько Барсик народилося два кошенята: сіамський та альбінос. Які ще кошенята могли б народитися від цього схрещування?

Розв'язання

Визначаємо генотипи кошенят. Сіамський: $B_c B_c$ або $B_c B_a$. Альбінос: $B_a B_a$. Визначаємо можливі генотипи батьків. Кіт: BB , BB_c або BB_a . Кішка: $B_c B_c$ або $B_c B_a$.

Оскільки один із нащадків є альбіносом, кожен із батьків має нести ген B_a і бути гетерозиготою. Отже, остаточні генотипи батьків є такими: кіт — BB_a , кішка — $B_c B_a$.

Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	B	B_a
B_c	BB_c дикий тип	$B_c B_a$ дикий тип
B_a	BB_a сіамський	$B_a B_a$ альбінос

Генотипи: $1 BB_c : 1 BB_a : 1 B_c B_a : 1 B_a B_a$.

Фенотипи:

- $\frac{1}{2}$ дикий тип (50 %);
- $\frac{1}{4}$ сіамські (25 %);
- $\frac{1}{4}$ альбіноси (25 %).

Відповідь: від цього схрещування також можна очікувати кошенят дикого типу з вірогідністю $\frac{1}{2}$ (або 50 %).

Задача 7–5. У морських свинок забарвлення шерсті визначається п'ятьма алельними генами: C_1, C_2, C_3, C_4, C_a . Ген C_1 повністю домінує над усіма іншими. Як у гомозиготному, так і в гетерозиготному стані він визначає 100 % уміст пігменту меланіну й надає темного забарвлення шерсті. Ген C_a у гомозиготному стані зумовлює відсутність пігменту й надає білого кольору шерсті.

Визначте вміст меланіну в шерсті свинок, що отримані в результаті схрещувань:

- $C_1C_2 \times C_1C_3$;
- $C_1C_2 \times C_3C_a$;
- $C_2C_a \times C_4C_a$.

Для визначення результатів скористайтеся таблицею:

Генотип	Вміст меланіну (%)	Генотип	Вміст меланіну (%)	Генотип	Вміст меланіну (%)
C_2C_2	88	C_3C_3	31	C_4C_4	12
C_2C_3	65	C_3C_4	19	C_4C_a	3
C_2C_4	54	C_3C_a	14	C_aC_a	0
C_2C_a	36				

Розв'язання-відповідь

Складаємо схему схрещування $C_2C_2 \times C_1C_3$:

$\begin{matrix} \nearrow \\ \searrow \end{matrix}$ ♀ ♂	C_1	C_2
C_1	C_1C_1 100 % забарвлення	C_1C_2 100 % забарвлення
C_3	C_1C_3 100 % забарвлення	C_2C_3 65 % забарвлення

Генотипи: $1 C_1C_1 : 1 C_1C_2 : 1 C_1C_3 : 1 C_2C_3$.

Фенотипи:

- $\frac{3}{4}$ 100 % забарвлення (50 %);
- $\frac{1}{4}$ 65 % забарвлення (25 %).

Складаємо схему схрещування $C_1C_2 \times C_3C_a$:

♀ \ ♂	C_1	C_2
C_3	C_1C_3 100 % забарвлення	C_2C_3 65 % забарвлення
C_a	C_1C_a 100 % забарвлення	C_2C_a 36 % забарвлення

Генотипи: $1 C_1C_3 : 1 C_2C_3 : 1 C_1C_a : 1 C_2C_a$.

Фенотипи:

- $\frac{1}{2}$ 100 % забарвлення (50 %);
- $\frac{1}{4}$ 65 % забарвлення (25 %);
- $\frac{1}{4}$ 36 % забарвлення (25 %).

Складаємо схему схрещування $C_2C_a \times C_4C_a$:

♀ \ ♂	C_2	C_a
C_4	C_2C_4 54 % забарвлення	C_4C_a 3 % забарвлення
C_a	C_2C_a 36 % забарвлення	C_aC_a альбіноси

Генотипи: $1 C_2C_4 : 1 C_4C_a : 1 C_2C_a : 1 C_aC_a$.

Фенотипи:

- $\frac{1}{4}$ 54 % забарвлення (25 %);
- $\frac{1}{4}$ 36 % забарвлення (25 %);
- $\frac{1}{4}$ 3 % забарвлення (25 %);
- $\frac{1}{4}$ 0 % забарвлення, альбіноси (25 %).

Розділ 8. ЗАДАЧІ НА ВИЗНАЧЕННЯ ГРУП КРОВІ ЛЮДИНИ

У людини за системою АВ0 розрізняють чотири групи крові:

I група містить агглютиніни α і β , але не має агглютиногенів; її інша назва — нульова;

II група містить агглютиноген А та агглютинін β ; її інша назва — група А;

III група містить агглютиноген В та агглютинін α ; її інша назва — група В;

IV група не містить агглютинінів; група АВ.

Група крові — спадкова ознака, визначається геном I , який має три алельних стани:

Генотип	Група крові
I^{00}	I (00)
I^{AA}, I^{A0}	II (A_, AA, A0)
I^{BB}, I^{B0}	III (B_, BB, B0)
I^{AB}	IV (AB)

Алелі А та В повністю домінують над алелем 0, але один одного не пригнічують. Це приклад кодомінування.

		Група крові батька					
		I (0)	II (A)	III (B)	IV (AB)		
Групи крові матері	I (0)	I (0)	I (0) II (A)	I (0) III (B)	II (A) III (B)	I (0)	Групи крові дитини
	II (A)	I (0) II (A)	I (0) II (A)	I (0) II (A) III (A) IV (AB)	II (A) III (A) IV (AB)	II (A)	
	III (B)	I (0) III (B)	I (0) II (A) III (A) IV (AB)	I (0) III (B)	II (A) III (A) IV (AB)	III (B)	
	IV (AB)	II (A) III (B)	II (A) III (A) IV (AB)	II (A) III (A) IV (AB)	II (A) III (A) IV (AB)	IV (AB)	

Для переливання крові, у судовій медицині, під час встановлення батьківства необхідні знання груп крові. Для перевірки розв'язання задач на визначення груп крові можна використовувати таблицю генотипів за різних груп крові (наведена вище) та таблицю можливих комбінацій генотипів і груп крові дітей за різних генотипів батьків (наведена на попередній сторінці).

Задача 8–1. Які групи крові можуть бути в дітей, якщо в подружжі містера й місіс Сміт у матері I група крові, а у батька — IV?

Розв'язання

Генотип матері: ♀ 00; гамети, що вона утворює: тільки 0. Генотип батька: ♂ AB; гамети, що він утворює: A та B.

Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	A	B
0	A0 — II група	B0 — III група

Генотипи: 1 A0 : 1 B0.

Фенотипи:

- $\frac{1}{2}$ II група (50 %);
- $\frac{1}{2}$ III група (50 %).

Відповідь: II та III групи крові.

Задача 8–2. У пологовому будинку одного міста переплутали двох малюків. За цих сумних обставин, однак, було відомо, що батьки одного малюка мають I і II групи крові, а батьки іншого — II і IV. За даними аналізу крові, малюки мають: один — I, а другий — II групу крові.

Чи можливо допомогти батьками й визначити де їхня дитина?

Розв'язання-відповідь

Батьки першої пари мають групи крові I та II. Визначаємо їхні генотипи: 00 та AA (або A0) відповідно. Складаємо схеми схрещувань. У випадку, коли II група крові одного з батьків визначається як AA:

♀ \ ♂	0
A	A0

Всі діти будуть із II групою крові.

Складаємо схему схрещування для випадку, коли II група крові одного з батьків визначається як A0:

♀ \ ♂	0
A	A0 — II група
0	00 — I група

Фенотипи дітей: 50 % вірогідність народження дитини з I групою крові, 50 % — з II групою.

Батьки другої пари мають групи крові II і IV. Їхні генотипи: відповідно A0 (або AA) і AB. Складаємо схему схрещування для випадку, коли II група одного з батьків визначається як A0:

♀ \ ♂	A	0
A	AA — II група	A0 — II група
B	AB — IV група	B0 — III група

Фенотипи дітей: 50 % матимуть II групу крові, 25 % — III групу і 25 % — IV групу.

Складаємо схему схрещування для випадку, коли II група одного з батьків визначається як AA:

♀ \ ♂	A
A	AA — II група
B	AB — IV група

Фенотипи дітей: 50 % — матимуть II групу, 50 % — IV групу.

За результатами розрахунків, батьки другої пари не можуть мати дитину з I групою. Таким чином, дитина з I групою крові належить першій парі батьків (з групами крові I та II), а дитина з II групою — другій парі (з групами крові II та IV).

Задача 8–3. У доктора Уотсона — I група крові, а у його дружини — III. Чи можуть діти в цій родині успадкувати групу крові свого батька?

Розв'язання-відповідь

Генотип батька: 00, гамети — 0. Генотип матері: BB (або B0). Гамети: тільки B (або B та 0). Складаємо схему схрещування для випадку, коли генотип матері BB:

♀ \ ♂	0
B	B0 — III група

Всі діти матимуть III групу крові. Складаємо схему схрещування для випадку, коли генотип матері B0:

♀ \ ♂	0
B	B0 — II група
0	00 — I група

Фенотипи дітей: 50 % матимуть II групу крові, 50 % — I групу.

Таким чином, діти можуть успадкувати I групу крові батька тільки в тому випадку, коли генотип матері B0.

Задача 8–4. У родині герра та фрау Свантесон у матері II група крові, у батька — III група. Яка вірогідність того, що діти — Малюк, Боссе і Бетан — успадкують групи крові своїх батьків?

Розв'язання-відповідь

II група крові може визначатися генотипами AA та A0, III група — генотипами BB та B0. Розглянемо всі можливі комбінації.

Припустимо, що батьки мають генотипи ♀AA та ♂BB. Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	B
A	AB — IV група

У цьому випадку діти не можуть успадкувати групи крові своїх батьків.

Припустимо, що батьки мають генотипи ♀AA та ♂B0. Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	B	0
A	AB — IV група	A0 — II група

У цьому випадку 50 % дітей матимуть таку саму групу, як у матері.

Припустимо, що батьки мають генотипи ♀A0 та ♂BB. Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	В
А	AB — IV група
0	B0 — III група

У цьому випадку 50 % дітей матимуть таку саму групу, як у батька.

Припустимо, що батьки мають генотипи ♀ A0 та ♂ B0. Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	В	0
А	AB — IV група	A0 — II група
0	B0 — III група	00 — I група

У цьому випадку 25 % дітей матимуть таку саму групу, як у матері, і 25 % — як у батька.

Задача 8–5. Які групи крові можуть бути в дітей у сім'ї Браунів з повісті «Ведмедик на ім'я Паддінгтон», якщо й у батька, і в матері — IV група крові.

Розв'язання

Генотипи батьків: АВ. Гамети, що вони утворюють: А та В. Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	А	В
А	AA — II група	AB — IV група
В	AB — IV група	BB — III група

Генотипи дітей: 1 AA : 2 AB : 1 BB.

Фенотипи:

- $\frac{1}{4}$ з II групою крові (25 %);
- $\frac{1}{2}$ з IV групою крові (50 %)
- $\frac{1}{4}$ з III групою крові (25 %).

Відповідь: II, III та IV групи крові.

Задача 8–6. У Майкла I група крові, а у його сестри Джейн — IV. Якими є групи крові їхніх батьків — містера й місіс Бенкс?

Розв'язання

Генотип Майкла: 00, генотип Джейн: АВ. Оскільки нащадки отримують 50 % спадкового матеріалу від матері й 50 % — від батька, кожен із батьків надав гени, що визначають алель 0; один із батьків надав алель А, інший — алель В.

Для перевірки припущення складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	А	0
В	АВ — IV група	В0 — III група
0	А0 — II група	00 — I група

За таких генотипів батьків $\frac{1}{4}$ дітей матимуть I групу крові, $\frac{1}{4}$ — IV групу.

Отже, генотипи містера й місіс Бенкс становлять А0 та В0.

Відповідь: у батьків II та III групи крові.

Задача 8–7. Роні з повісті «Роні, дочка розбійника» має групу крові АВ, а її батько — А0. Яка група крові в її матері?

Розв'язання

Алель А дівчинка отримала від батька, а алель В — від матері. Таким чином, мати може мати однаковою мірою II групу (генотипи ВВ або В0) чи IV (генотип АВ).

Відповідь: у матері могла бути II або IV група крові.

Задача 8–8. Члени однієї родини мають такі генотипи за групами крові: батько — А0, мати — АВ, сини: 00, А0 та В0. Чи всі діти в цій родині є рідними?

Розв'язання

Складаємо схему схрещування: ♀ АВ × ♂ А0.

♀ \ ♂	А	0
А	АА — II група	А0 — II група
В	АВ — IV група	В0 — III група

Генотипи: 1 АА : 1 А0 : 1 АВ : 1 В0. Отже, син із генотипом 00 не є рідним.

Відповідь: нерідним є син із I (00) групою крові.

Задача 8–9. У юнака II група крові, а у дівчини — III група. З якою вірогідністю в них може народитися дитина з I групою крові?

Розв'язання-відповідь

Можливі генотипи дівчини: BB або BO. Можливі генотипи юнака: AA або AO. Складаємо схеми схрещувань для кожного з варіантів.

Припустимо, що генотип дівчини BB, а юнака AA. Складаємо схему схрещування: ♀ BB × ♂ AA:

♀ \ ♂	A
B	AB — IV група

Генотип: усі AB. Фенотип: 100 % — IV група.

Припустимо, що генотип дівчини BO, а юнака AA. Складаємо схему схрещування: ♀ BO × ♂ AA:

♀ \ ♂	A
B	AB — IV група
O	AO — II група

Генотип: 1 AB : 1 AO.

Фенотип:

- $\frac{1}{2}$ II група (50 %);
- $\frac{1}{2}$ IV група (50 %).

Припустимо, що генотип дівчини BB, а юнака AO. Складаємо схему схрещування: ♀ BO × ♂ AA:

♀ \ ♂	A	O
B	AB — IV група	BO — III група

Генотип: 1 AB : 1 BO.

Фенотип:

- $\frac{1}{2}$ III група (50 %);
- $\frac{1}{2}$ IV група (50 %).

Припустимо, що генотип дівчини $B0$, а юнака $A0$. Складаємо схему схрещування: $\text{♀ } B0 \times \text{♂ } A0$:

$\text{♀} \backslash \text{♂}$	A	0
B	AB — IV група	$B0$ — III група
0	$A0$ — II група	00 — I група

Генотип: $1 AB : 1 A0 : 1 B0 : 1 00$.

Фенотип:

- $\frac{1}{4}$ I група (25 %);
- $\frac{1}{4}$ II група (25 %);
- $\frac{1}{4}$ III група (25 %);
- $\frac{1}{4}$ IV група (25 %).

Задача 8–10. Які групи крові може мати учень Андрій, якщо в його батька IV група, резус-позитивна, а у його матері — I група, резус-негативна?

Розв'язання-відповідь

Визначаємо генотип батьків. Чоловік: $\text{♂ } ABRhRh$ (гамети ARh , BRh) або $ABRh rh$ (гамети: ARh , BRh , Arh , Brh). Жінка: $\text{♀ } 00rhrh$ (гамети: $0rh$).

Складаємо схему схрещування для випадку, коли генотип чоловіка $ABRhRh$.

$\text{♀} \backslash \text{♂}$	ARh	BRh
0rh	$A0Rh rh$ II група, резус-позитивна	$B0Rh rh$ III група, резус-позитивна

Фенотипи дітей:

- $\frac{1}{2}$ з II групою крові, позитивний резус-фактор (50 %);
- $\frac{1}{2}$ з III групою крові, позитивний резус-фактор (50 %).

Складаємо схему схрещування для випадку, коли генотип чоловіка $ABRh rh$.

$\begin{array}{c} \nearrow \\ \text{♀} \end{array}$ $\begin{array}{c} \nwarrow \\ \text{♂} \end{array}$	ARh	BRh	Arh	Brh
Orh	A0Rhrh II група, резус- позитивна	B0Rhrh III група, резус- позитивна	A0rhrh II група, резус- негативна	B0rhrh III група, резус- негативна

Фенотипи дітей:

- $\frac{1}{4}$ з II групою крові, позитивний резус-фактор (25 %);
- $\frac{1}{4}$ з III групою крові, позитивний резус-фактор (25 %);
- $\frac{1}{4}$ з II групою крові, негативний резус-фактор (25 %);
- $\frac{1}{4}$ з III групою крові, негативний резус-фактор (25 %).

Розділ 9. ЗАДАЧІ НА ПЛЕЙОТРОПІЮ

Плейотропія — це явище дії одного гена на кілька фенотипічних ознак. Приклади:

- ген рудого волосся визначає більш світле забарвлення шкіри людини й появу ластовиння;
- арахнодактилія, що спричинена домінантною мутацією, виявляється одночасно у змінах пальців рук та ніг, вивихах кришталика ока і вроджених вад серця;
- білі коти з блакитними очима мають схильність до глухоти;
- у вівса забарвлення лусок і довжина ості насіння визначаються одним геном;
- у гомозиготному стані ген, що визначає платинове забарвлення лисиць, визначає загибель організмів.

Оскільки одним з ефектів плейотропної дії генуа може бути загибель організмів, це є однією з причин відхилень у очікуваних результатах схрещувань. Так, під час схрещування двох гетерозиготних дзеркальних коропів (Aa) отримують серед нащадків: 2 частини дзеркальних (Aa) коропів і 1 частину звичайних (aa). Це пов'язано з тим, що гомозиготні особини за домінантною ознакою (AA) гинуть на ембріональній стадії розвитку:

♀ \ ♂	A	a
A	AA гинуть	Aa дзеркальні
a	Aa дзеркальні	aa звичайні

Гени, що викликають порушення у розвитку організмів і спричиняють загибель, називають летальним. Загибель організму зазвичай відбувається на ранніх стадіях індивідуального розвитку. Сублетальні або напівлетальні гени знижують життєдіяльність особин. При цьому вони дуже часто гинуть до того, як досягнуть статевої зрілості.

Летальні й сублетальні можуть бути і домінантними, і рецесивними. Гетерозиготні особини зазвичай є життєздатними.

Задача 9–1. На звірофермі «Пухнасті хвости» під час схрещування платинових лисиць серед їхніх нащадків завжди є розщеплення у співвідношенні 2 платинові : 1 сріблясто-чорна. Іноді з'являються білі лисенята, які дуже швидко гинуть.

Допоможіть спеціалістам визначити як успадковується забарвлення лисиць.

Якими є генотипи лисиць різного забарвлення?

Розв'язання-відповідь

За розщеплення у F_1 робимо висновок про те, що вихідні лисиці були гетерозиготними. За результатами розщеплення, схрещення було моногібридним і у F_1 не вистачає $\frac{1}{4}$ нащадків. Ймовірно, це особини, що є гомозиготними за геном білого забарвлення і що є нежиттєздатними.

Робимо висновки:

- забарвлення лисиць визначається однією парою генів;
- платинове забарвлення притаманне гетерозиготним особинам;
- особини зі сріблястим та білим забарвленням шерсті є гомозиготними за різними алелями;
- особини, що є гомозиготними за геном білого забарвлення, є нежиттєздатними.

Отже, успадкування ознак відбувається однією парою генів за неповного домінування; сріблясто-чорні лисиці мають генотип AA , платинові — Aa , білі — aa ; особини з генотипом aa є нежиттєздатними.

Задача 9–2. У генетичній лабораторії проводять дослідження з успадкування забарвлення у тварин. Було з'ясовано, що в разі схрещування між собою чорних мишей усі їхні нащадки є чорними, а в разі схрещування жовтих — відбувається розщеплення у співвідношенні 2 жовті : 1 чорні.

Допоможіть дослідникам визначити як успадковуються ознаки.

Розв'язання-відповідь

Під час схрещування чорних мишей не відбувається розщеплення, отже, вони є гомозиготними з генотипами AA чи aa . Під час схрещування жовтих мишей відбувається розщеплення, отже, вони є гетерозиготними. Оскільки є відхилення від розщеплення у вигляді 2:1, робимо висновок, що домінантні або рецесивні гомозиготи є летальними.

Якщо домінування є повним, то за співвідношення 2:1 чорні миші не можуть мати домінантний генотип, отже, вони є рецесивними гомозиготами. А летальними є домінантні гомозиготи AA , які повинні були б мати жовте забарвлення:

AA — нежиттєздатні

Aa — жовті

aa — чорні

Якщо домінування є неповним, то з однаковою вірогідністю нежиттєздатними можуть бути гомозигота AA чи aa , а інша — визначати чорне забарвлення.

Задача 9–3. За результатами досліджень, у генетичній лабораторії миші генотипу yy мають сіре забарвлення, Yy — жовте, а ті, що мають генотип YY , — нежиттєздатні й гинуть на ембріональній стадії розвитку.

Спеціалісти провели експерименти зі схрещування мишей різного забарвлення. Якими будуть нащадки таких батьків: ♂ жовтий $\times$ ♀ сіра, ♂ жовтий $\times$ ♀ жовта?

За якого схрещування чисельність нащадків буде найбільшою?

Розв'язання-відповідь

Складаємо схему схрещування ♂ жовтий (Yy) $\times$ ♀ сіра (yy):

♀ \ ♂	Y	y
y	Yy	yy
y	Yy	yy

Генотипи: 1 Yy : 1 yy .

Фенотипи:

- $\frac{1}{2}$ жовті (50 %);
- $\frac{1}{2}$ сірі (50 %)

Складаємо схему схрещування ♂ жовтий (Yy) $\times$ ♀ жовта (Yy):

♀ \ ♂	Y	y
Y	YY	Yy
y	Yy	yy

Генотипи: 1 YY (нежиттєздатні) : 2 Yy : 1 yy .

Фенотипи:

- $\frac{2}{3}$ жовті (66,7 %);
- $\frac{1}{3}$ сірі (33,3 %).

Кількість нащадків буде більшою під час схрещування ♂ жовтий (Yy) $\times$ ♀ сіра (yy), а також ♂ сірий (yy) $\times$ ♀ сіра (yy) — тому що не утворюються летальні комбінації YY .

Задача 9–4. Студенти-генетики проводили дослідження щодо успадкування ознак за дигібридного схрещування. Для досліджень були обрані об'єкти — миші, й ознаки — забарвлення шерсті та довжина хвоста.

За результатами попередніх досліджень, чорне забарвлення тіла у піддослідних об'єктів домінує над коричневим. Довжина хвоста контролюється геном, який у домінантному гомозиготному стані визначає розвиток хвоста нормальної довжини, а в гомозиготному рецесивному стані — викликає загибель на ембріональній стадії розвитку. У гетерозиготному стані цей ген визначає вкорочені хвости.

Яке потомство і в якому співвідношенні слід очікувати дослідникам від схрещування чорної гомозиготної миші з укороченим хвостом із чорною гетерозиготною мишею з укороченим хвостом?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

C — чорні миші;

c — коричневі миші;

T — хвіст нормальної довжини;

t — короткий хвіст.

Визначаємо генотипи батьківських особин: $CCTt$ (гамети: CT та Ct) та $CcTt$ (гамети: CT , Ct , cT та ct). Складаємо схему схрещування:

♂ \ ♀	CT	Ct	cT	ct
CT	$CCTT$ чорні миші з нормальним хвостом	$CCTt$ чорні миші з укороченим хвостом	$CcTT$ чорні миші з нормальним хвостом	$CcTt$ чорні миші з укороченим хвостом
Ct	$CCTt$ чорні миші з укороченим хвостом	$CCtt$ загибель чорних мишей	$CcTt$ чорні миші з укороченим хвостом	$Cc tt$ загибель чорних мишей

Генотипи: $2 CCTt : 2 CcTt : 1 CCTT : 1 CcTT : 1 CCtt : 1 Cc tt$.

Фенотипи:

- $\frac{1}{3}$ чорні миші з нормальним хвостом (33,3 %);
- $\frac{2}{3}$ чорні миші з укороченим хвостом (66,7 %).

Задача 9–5. Господиня розводить качок різного типу: звичайних та чубатих. Чубаті качки є гетерозиготними за геном D , який у гомозиготному стані викликає загибель ембріонів. Рецесивний алель цього гена викликає нормальний розвиток ознаки. Від схрещування чубатих качок та селезнів отримали 27 каченят.

Визначте:

- скільки типів гамет може утворити чубата качка;
- скільки каченят у господині не вилупилися з яєць;
- скільки каченят, що отримали в цьому схрещуванні, могли бути чубатими;
- скільки всього яєць мала б знести качка, щоб господиня отримала 27 каченят.

Розв'язання-відповідь

Визначаємо генотипи батьків: Dd та Dd . Гамети: D та d . Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	D	d
D	DD чубаті, загибель	Dd чубаті
d	Dd чубаті	dd звичайні

Генотип: $1 DD : 2 Dd : 1 dd$.

Фенотип:

- $\frac{2}{3}$ чубаті, що становить $\frac{2}{3} \cdot 27 = 18$ каченят (66,7 %).
- $\frac{1}{3}$ звичайні, що становить $\frac{1}{3} \cdot 27 = 9$ каченят (33,3 %).

За розрахунками за решіткою Пенета, на ембріональній стадії загинули 25 % каченят від теоретично можливих. Їхня кількість була б така сама, як і звичайних — 9 каченят. Загальна кількість чубатих каченят могла б становити $18 + 9 = 27$ каченят.

Таким чином, щоб отримати 27 каченят, качка мала б відкласти $27 + 9 = 36$ яєць.

Задача 9–6. За результатами досліджень, під час схрещування сріблястих норок з коричневими завжди народжуються сріблясті й коричневі. Під час схрещування коричневих норок між собою сріблясті не народжуються ніколи.

Містер Адамсон, який збирається відкрити звіроферму, вважає, що від схрещування сріблястих норок між собою будуть

народжуватися лише сріблясті норки. А його сусід містер Честертон вважає, що частина норок матиме інше забарвлення. Хто з них правий? Які нащадки і в якому співвідношенні народяться від схрещування сріблястих норок?

Розв'язання

Коричневі норки в разі внутрішнього розведення не дають розщеплення ознаки. Але розщеплення відбувається під час схрещування коричневих норок зі сріблястими. Робимо висновок: коричневе забарвлення є рецесивною ознакою, а коричневе — домінантною.

Вводимо позначення:

F — сріблясте хутро;

f — коричневе хутро.

Оскільки під час схрещування коричневих та сріблястих норок розщеплення відбувається завжди, робимо висновок, що сріблясті норки є гетерозиготними особинами з генотипом Ff . Сріблясті норки не трапляються в гомозиготному стані, ймовірно, через загибель на ембріональній стадії. Складаємо схему схрещування двох гетерозиготних сріблястих норок:

♀ \ ♂	F	f
F	FF сріблясті, загибель	Ff сріблясті
f	Ff сріблясті	ff коричневі

Генотип: $1 FF$ (загибель) : $2 Ff$: $1 ff$.

Фенотип:

- $\frac{2}{3}$ сріблясті норки (66,7 %);
- $\frac{1}{3}$ коричневі норки (33,3 %).

Відповідь: правий містер Честертон — третина від дитинчат норок будуть коричневими, всі інші — сріблястими.

Задача 9–7. Які пари лисиць слід схрещувати спеціалістам на звірофермі «Пухнасті хвости» для отримання максимальної кількості платинових нащадків, хутро яких є більш цінним, якщо платинове забарвлення — домінантна ознака й домінує над сріблястим, але в гомозиготному стані цей ген спричиняє загибель зародка?

Розв'язання

Вводимо позначення:

P — платинове забарвлення;

p — сріблясте забарвлення.

Складаємо схему схрещування платинової лисиці Pp зі сріблястим лисом pp :

♀ \ ♂	p	p
P	Pp платинові	Pp платинові
p	pp сріблясті	pp сріблясті

Частка платинових лисенят становитиме $\frac{1}{2}$ від загальної кількості, або 50 %.

Складаємо схему схрещування платинової лисиці Pp із платиновим лисом Pp :

♀ \ ♂	P	p
P	PP платинові, загинуть	Pp платинові
p	Pp платинові	pp сріблясті

Частка платинових лисенят становитиме $\frac{2}{3}$ від загальної кількості, або 66,7 %.

Відповідь: вигідніше проводити схрещування між платиновими лисицями.

Розділ 10. ЗАДАЧІ НА УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗЧЕПЛЕНИХ ЗІ СТАТТЮ

Зчепленими зі статтю є ознаки, гени яких розташовані не в аутосомах, а в статевих хромосомах: X та Y.

У людини жінки мають дві однакові статеві хромосоми: XX (гомогаметна стать). Чоловіки — різні: XY (гетерогаметна стать). Жіночі гамети несуть по одній X-хромосомі. Чоловічі: 50 % — хромосому X, 50 % — хромосому Y. За злиття гамет під час запліднення визначається стать майбутнього організму.

Y-хромосома зазвичай менша за X-хромосому. У X- та Y-хромосомах є гомологічні ділянки, що містять алельні гени. Але в X- та Y-хромосомах є й негомологічні ділянки. У цих ділянках X-хромосоми містять гени, яким немає алельних у Y-хромосомі (наприклад, гени дальтонізму, гемофілії). І навпаки, в негомологічній ділянці Y-хромосоми містяться гени, у яких немає алелів у X-хромосомі (ген гіпертрихозу).

Якщо ген зчеплений з Y-хромосомою, він успадковується тільки чоловіками. Якщо ген локалізований у X-хромосомі, він може передаватися від батька — тільки донькам, а від матері — як синові, так і донькам з однаковою вірогідністю.

Якщо ген зчеплений з X-хромосомою і є рецесивним, то у жінок він виявляється лише в гомозиготному стані. Оскільки у чоловіків X-хромосома лише одна, ця ознака виявляється завжди (і в домінантному, і в рецесивному стані).

Задача 10–1. За результатами досліджень, у кішок гени чорного та рудого кольору шерсті є алельними й містяться у X-хромосомі, а в разі їх поєднання утворюються триколірні (черепахові) особини.

На одному подвір'ї живе триколірна кішка Марта. До неї залицяються два сусідських коти — чорний Пірат та Апелесин рудого забарвлення. Яких нащадків слід очікувати від схрещування триколірної кішки з кожним із цих котів?

В якому випадку можна за забарвленням визначити стать цих тварин і чому? Чи можуть бути винятки?



Для розв'язання задач із цього розділу треба знати:

- закономірності хромосомного визначення статі;
- типи визначення статі у різних організмів;
- особливості успадкування зчеплених зі статтю ознак.

У багатьох групах організмів гомогаметною статтю є жіноча, а гетерогаметною — чоловіча (мухи, клопи, жуки, ссавці, більшість видів риб, деякі земноводні та дводомні рослини тощо), а в інших — навпаки (метелики, плазуни, птахи, деякі риби й земноводні).

Реципрокні схрещування — це пари взаємозворотних схрещувань, за яких вихідні форми протилежно відрізняються за досліджуваними ознаками та статтю. *Крис-крос* успадкування (хрест-нахрест) — випадок успадкування генів, зчеплених зі статтю, за якого ознаки батька передаються донці, а ознаки матері — синові.

Під час розв'язування задач на зчеплене зі статтю успадкування генотипи у схемах схрещування слід записувати у хромосомному виразі (приклади: X^bX^b , X^BY , Z^pZ^p , Z^pW), вказуючи, в якій хромосомі локалізований досліджуваний ген.

Отже, під час розв'язування задач пам'ятайте:

1. Одна стать є гомогаметною, а інша — гетерогаметною.
2. Часто ознаки, що зчеплені зі статтю, контролюються генами, які локалізовані лише в Х-хромосомі.
3. Існує чотири типи хромосомного визначення статі, тому варто звертати увагу на те, яка стать є гетерогаметною, а яка — гомогаметною.
4. Гомогаметна стать утворює один тип гамет, а гетерогаметна — два.
5. Якщо гомогаметною статтю є жіноча, то сини завжди отримують Х-хромосому від матері, а Y-хромосому — від батька, доньки отримують по одній Х-хромосомі від батька та матері.
6. Гени, що локалізовані в Y-хромосомі, завжди передаються тільки від батька до сина.
7. Якщо гени локалізовані в гомологічних ділянках Х- і Y-хромосом, їх успадкування визначається законами Менделя.
8. Під час запису генотипів особин, що схрещуються, спочатку пишуть аутосомні гени, а потім — гени, що локалізовані у статевих хромосомах (приклади: AaX^bX^b , CcX^BY).

Розв'язання-відповідь

Чорні коти мають лише один ген, що визначає колір шерсті — чорний — і він локалізований у Х-хромосомі. Саме цей ген буде передаватися від батька до кошенят жіночої статі. Руді коти так само мають лише один ген забарвлення шерсті — рудий — і так само будуть передавати його лише кошеняткам жіночої статі.

Кішка ж буде утворювати яйцеклітини, 50 % з яких будуть містити гени чорного забарвлення шерсті, 50 % — рудого.

Складемо схему схрещування триколірної кішки з чорним котом:

♀ \ ♂	$X^{\text{чорн.}}$	Y
$X^{\text{чорн.}}$	$X^{\text{чорн.}} \cdot X^{\text{чорн.}}$ чорні кішки	$X^{\text{чорн.}} \cdot Y$ чорні коти
$X^{\text{руд.}}$	$X^{\text{чорн.}} \cdot X^{\text{руд.}}$ черепахові кішки	$X^{\text{руд.}} \cdot Y$ руді коти

Серед нащадків 25 % будуть чорними кішками, 25 % — триколірними кішками, 25 % — чорними котами, 25 % — рудими котами.

Складемо схему схрещування триколірної кішки з рудим котом:

♀ \ ♂	$X^{\text{руд.}}$	Y
$X^{\text{чорн.}}$	$X^{\text{чорн.}} \cdot X^{\text{руд.}}$ черепахові кішки	$X^{\text{чорн.}} \cdot Y$ чорні коти
$X^{\text{руд.}}$	$X^{\text{руд.}} \cdot X^{\text{руд.}}$ руді кішки	$X^{\text{руд.}} \cdot Y$ руді коти

Серед нащадків 25 % будуть рудими кішками, 25 % — триколірними кішками, 25 % — чорними котами, 25 % — рудими котами.

Триколірними за норми можуть бути лише кішки, адже тільки жіночі особини одночасно мають дві Х-хромосоми, що містять гени забарвлення. При цьому одна Х-хромосома має нести ген чорного забарвлення, а інша Х-хромосома — рудого. Винятком можуть бути лише коти з аномальним генотипом: $X^{\text{руд.}} \cdot X^{\text{чорн.}} \cdot Y$.

Задача 10–2. Дрозофіла має пару алельних генів, що зчеплені зі статтю. Один з них визначає розвиток білих очей, а інших — червоних.

Студенти-генетики під час практичних занять схрестили самок, що мають червоні очі, із самцями, що мають білі очі. Всі нащадки у F_1 виявилися з червоними очима. А у F_2 з'явилися самці як з білими, так і з червоними очима.

Студенти мають скласти схему схрещування, допоможіть їм. Визначте: який із двох алелів є рецесивним, а який — домінантним?

Яка частина самців матимуть білі очі у F_1 ?

Розв'язання-відповідь

Оскільки у F_1 усі особини мають червоні очі, алель червоних очей домінує над алелем білих очей.

Вводимо позначення:

B — червоні очі;

b — білі очі.

Визначаємо генотипи батьківських особин: самці X^bY , самки X^BX^B .

Складаємо схему схрещування для F_1 :

♀ \ ♂	X^b	Y
X^B	X^BX^b червоні очі, самки	X^BY червоні очі, самці
X^B	X^BX^b червоні очі, самки	X^BY червоні очі, самці

Складаємо схему схрещування для F_2 :

♀ \ ♂	X^B	Y
X^B	X^BX^B червоні очі, самки	X^BY червоні очі, самці
X^b	X^BX^b червоні очі, самки	X^bY білі очі, самці

Генотипи: $1 X^BX^b : 1 X^bX^b : 1 X^BY : 1 X^bY$.

Фенотипи:

- самки з червоними очима (50 %);
- самці з червоними очима (25 %);
- самці з білими очима (25 %).

Вірогідність утворення самців з білими становить $\frac{1}{4}$ від загальної кількості особин.

Задача 10–3. Дрозофіла має дві пари альтернативних ознак: нормальне сіре та жовте забарвлення тіла, нормальна та зачаткова форма крил.

Науковці схрестили гомозиготну самку з жовтим тілом і нормальними крилами з гомозиготним самцем, що має сіре тіло та зачаткові крила. У F_1 усі самки виявилися нормальними за двома ознаками, а всі самці мали жовте тіло й нормальні крила.

Допоможіть науковцям визначитися: Яка ознака зчеплена зі статтю, а яка — ні? Які ознаки є домінантними, а які — рецесивними?

Розв'язання-відповідь

Оскільки у F_1 усі особини мають нормальні крила, то ця ознака є домінантною, а зачаткові крила — рецесивною. Жовте тіло мають тільки самці. Припускаємо, що ця ознака є рецесивною й ген міститься у X-хромосомі (тобто ознака зчеплена зі статтю).

Перевіримо припущення. Вводимо позначення:

W — нормальні крила;

w — зачаткові крила;

B — сіре тіло;

b — жовте тіло.

Генотипи вихідних особин: ♀ WWX^BX^b (гамети: WX^b), ♂ wwX^BY (гамети: wX^B та wY).

Складаємо схему схрещування для F_1 :

♀ \ ♂	wX^B	wY
WX^b	WwX^BX^b самки, нормальні крила, сіре тіло	WWX^bY самці, нормальні крила, жовте тіло

Всі самки мають нормальні крила та сіре забарвлення тіла, генотип: WwX^BX^b . Усі самці — нормальні крила та жовте тіло, генотип: WWX^bY . Припущення є правильним.

Задача 10–4. Дальтонізм — форма кольорової сліпоти, що успадковується як рецесивна ознака. Ген дальтонізму міститься у X-хромосомі й виявляється, як правило, у чоловіків.

Тимофій, який є сином дальтоніка, взяв шлюб з донькою дальтоніка Мар'яною. Обидва нормально розрізняють кольори.

Вкажіть генотипи подружжя. Визначте генотипи та фенотипи їхніх нащадків у F_1 .

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

 D — нормальний зір; d — дальтонізм.

Визначаємо генотипи подружжя. Мар'яна розрізняє кольори нормально, але є донькою дальтоніка, від якого успадкувала одну з X -хромосом. Відповідно, вона має ген дальтонізму і є гетерозиготною, її генотип $X^D X^d$.

Тимофій визначає кольори нормально, хоча його батько — дальтонік, оскільки батько передає сину Y -хромосому, що не містить генів дальтонізму. Генотип чоловіка: $X^D Y$.

Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	X^D	Y
X^D	$X^D X^D$ дівчинка з нормальним зором	$X^D Y$ хлопчик з нормальним зором
X^d	$X^D X^d$ дівчинка з нормальним зором	$X^d Y$ хлопчик-дальтонік

Генотипи дітей: $1 X^D X^D : 1 X^D X^d : 1 X^D Y : 1 X^d Y$.

Фенотипи:

- $\frac{1}{2}$ дівчата з нормальним зором (50 %);
- $\frac{1}{4}$ хлопчики з нормальним зором (25 %);
- $\frac{1}{4}$ хлопчики-дальтоніки (25 %).

Всі доньки будуть розрізняти кольори нормально, 50 % синів будуть дальтоніками.

Задача 10–5. Ярослав, як і його батько, є дальтоніком, а його мати розрізняє кольори нормально.

Чи можна стверджувати, що син успадкував цю ознаку від батька?

Чи можуть у цій сім'ї народитися доньки, що не розрізняють кольори?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

 D — нормальний зір; d — дальтонізм.

Визначаємо генотип сина. Y-хромосому, що не містить ген дальтонізму, Ярослав успадкував від батька, а X-хромосому з геном, що визначає нездатність розрізняти кольори, — від матері. Отже, генотип сина: X^dY .

Твердження, що син успадкував дальтонізм від батька, є хибним.

Складаємо схему схрещування:

$\begin{array}{c} \text{♀} \\ \text{♂} \end{array}$	X^D	Y
X^D	$X^D X^D$ дівчинка з нормальним зором	$X^D Y$ хлопчик з нормальним зором
X^d	$X^d X^d$ дівчинка-дальтонік	$X^d Y$ хлопчик-дальтонік

За розрахунками, фенотипи дітей:

- дівчата з нормальним зором (25 %);
- дівчата-дальтоніки (25 %);
- хлопчики з нормальним зором (2 %);
- хлопчики-дальтоніки (25 %).

Вірогідність народження в цій сім'ї доньки-дальтоніка становить $\frac{1}{4}$.

Задача 10–6. Месьє Бретон, дальтонік, узяв шлюб з мадемуазель Софі, яка нормально розрізняє кольори. У цьому шлюбі народилося двоє дітей: син-дальтонік і донька з нормальним зором.

Яким є генотип мадам Бретон?

Розв'язання

Вводимо позначення:

D — нормальний зір;

d — дальтонізм.

Визначаємо генотип батька: X^dY . Свою X-хромосому, що містить ген, відповідальний за дальтонізм, «надав» доньці, а Y-хромосому, що не містить такого гена, — синові. За умовою задачі відомо, що син є дальтоніком. Отже, свою X-хромосому, що визначає цю ознаку, він отримав від матері. Генотип сина: X^dY . Донька має нормальний зір, її генотипами можуть бути: $X^D X^d$ або $X^D X^D$. Визначаємо генотип матері: $X^D X^d$.

Відповідь: генотип мадам Софі Бретон $X^D X^d$.

Задача 10–7. Чи можуть у Алекса, який є гемофіліком, і здорової жінки Джулії, батько якої був гемофіліком, народитися здорові діти?

Розв'язання

Вводимо позначення:

H — нормальне зсідання крові;

h — гемофілія.

Визначаємо генотип чоловіка. Гемофілія є захворюванням, ген якого міститься у Х-хромосомі. Отже, генотип хворого чоловіка X^hY .

Визначаємо генотип жінки. Вона є здоровою, але її батько мав ген, що відповідає за розвиток захворювання у Х-хромосомі, яку він і передав донці. Отже, генотип жінки X^HX^h .

Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	X^h	Y
X^H	X^HX^h здорова дівчинка	X^HY здоровий хлопчик
X^h	X^hX^h дівчинка-гемофілик	X^hY хлопчик-гемофілик

Генотипи: $1 X^HX^h : 1 X^hX^h : 1 X^HY : 1 X^hH$.

Фенотипи:

- здорові дівчата (25 %);
- дівчата, хворі на гемофілію (25 %);
- здорові хлопчики (25 %);
- хлопчики, хворі на гемофілію (25%).

Відповідь: так, половина дівчат і половина хлопців будуть нормально розрізняти кольори.

Задача 10–8. Чи може у здорових батьків народитися син-гемофілік? Якими мають бути генотипи сина та батьків?

Розв'язання

Вводимо позначення:

H — нормальне зсідання крові;

h — гемофілія.

Ген, що викликає гемофілію, локалізований у Х-хромосомі. Визначаємо генотип хворого сина: X^hY . Від батька він отримує Y-хромосому, що не містить гена гемофілії. У батька нормальне зсідання крові, отже, його генотип: XHY .

X-хромосому, що викликає гемофілію, син отримав від здорової матері. Отже, матір є гетерозиготною за цією ознакою й має генотип: $X^H Y$.

Для перевірки припущення складаємо схему схрещування:

$\begin{matrix} \text{♀} \backslash \text{♂} \\ \end{matrix}$	X^H	Y
X^H	$X^H X^H$ здорова дівчинка	$X^H Y$ здоровий хлопчик
X^h	$X^H X^h$ здорова дівчинка	$X^h Y$ хлопчик-гемофілік

Відповідь: так, за умови, що генотип батька буде $X^H Y$, а матері $X^H X^h$, генотип сина в цьому випадку $X^h Y$.

Задача 10–9. Яким може бути зір у дітей від батька та матері, що нормально розрізняють кольори, якщо відомо, що обидва діду-сі були дальтоніками?

Розв'язання

Вводимо позначення:

D — нормальний зір;

d — дальтонізм.

Визначаємо генотипи батьків. Ген, що відповідає за нездатність нормально розрізняти кольори, розташований у X-хромосомі. Отже, чоловік не може успадкувати цю хворобу від свого батька (успадкоковується хромосома Y). Генотип чоловіка становить: $X^D Y$.

Жінка нормально розрізняє кольори, але передає синові хромосому X, що містить ген дальтонізму. Отже, вона є гетерозиготною за цією ознакою. Цю X-хромосому вона отримала від свого хворого батька. Генотип матері: $X^D X^d$

Складаємо схему схрещування:

$\begin{matrix} \text{♀} \backslash \text{♂} \\ \end{matrix}$	X^D	Y
X^D	$X^D X^D$ здорова дівчинка	$X^D Y$ здоровий хлопчик
X^d	$X^D X^d$ здорова дівчинка	$X^d Y$ хлопчик-гемофілік

Генотипи: $1 X^D X^D : 1 X^D X^d : 1 X^D Y : 1 X^d Y$.

Фенотипи:

- всі дівчата з нормальним зором;
- половина хлопчиків — з нормальним зором, половина будуть дальтоніками.

Відповідь: у всіх доньок цього подружжя буде нормальний зір, 50 % хлопчиків матимуть нормальний зір, а інші 50 % — будуть дальтоніками.

Задача 10–10. Павло, який має сірі очі й нормальний зір, одружився з Тетяною — жінкою з карими очима та нормальним зором (у всіх її родичів були карі очі, а її брат був дальтоніком).

Якими можуть бути діти від цього шлюбу?

Розв’язання-відповідь

Вводимо позначення:

A — карі очі;

a — сірі очі;

D — нормальний зір;

d — дальтонізм.

Визначаємо генотип чоловіка: aaX^DY . Жінка може мати два варіанти генотипу: AAX^DX^d (є носієм гена, що визначає дальтонізм, але сама не хворіє) або AAX^DX^D (повністю здорова).

Складемо схрещування для варіанта, коли жінка є носієм гена дальтонізму, але сама не хворіє на нього.

$\begin{matrix} \text{♀} & \text{♂} \end{matrix}$	aX^D	aY
AX^D	AaX^DX^D карі очі, нормальний зір, дівчинка	AaX^DY карі очі, нормальний зір, хлопчик
AX^d	AaX^DX^d карі очі, нормальний зір, дівчинка	AaX^dY карі очі, хлопчик-дальтонік

Генотипи: $1 AaX^DX^D : 1 AaX^DX^d : 1 AaX^DY : 1 AaX^dY$.

Фенотипи:

- всі діти матимуть карі очі;
- всі дівчата матимуть нормальний зір;
- 50 % хлопчиків матимуть нормальний зір;
- 50 % хлопчиків будуть дальтоніками.

За випадку, коли жінка не є носієм гена дальтонізму, діти також будуть кароокими, але всі матимуть нормальний зір.

Задача 10–11. Остап — дальтонік, хворий на глухоту, взяв шлюб з Марічкою, яка мала нормальний зір та слух. У них народилися глухий син-дальтонік і дочка-дальтонік з нормальним слухом.

Чи можливе народження в цій родині дочки з обома захворюваннями, якщо глухота є рецесивною ознакою, що не зчеплена зі статтю?

Розв'язання

Вводимо позначення:

D — нормальний зір;

d — дальтонізм;

H — нормальний слух;

h — глухота.

Визначаємо генотип чоловіка-дальтоніка, хворого на глухоту: hhX^dY (гамети hX^d та hY). Жінка мала нормальний зір і слух, але в неї народилися хворі діти. Отже, вона була гетерозиготною за обома ознаками, її генотип: HhX^DX^d (гамети: HX^D , HX^d , hX^D , hX^d). Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	hX^d	hY
HX^D	HhX^DX^d здорова дівчинка	HhX^DY здоровий хлопчик
HX^d	HhX^DX^d дівчинка-дальтонік, нормальний слух	HhX^dY хлопчик-дальтонік з нормальним слухом
hX^D	hhX^DX^d глуха дівчинка з нормальним зором	hhX^DY глухий хлопчик з нормальним зором
hX^d	hhX^dX^d глуха дівчинка-дальтонік	hhX^dY глухий хлопчик-дальтонік

Генотипи: $1 HhX^DX^d : 1 HhX^DY : 1 HhX^dX^d : 1 HhX^dY : 1 hhX^DX^d : 1 hhX^DY : 1 hhX^dX^d : 1 hhX^dY$.

Фенотипи:

- $\frac{1}{8}$ дівчата з нормальним слухом та зором (12,5 %);
- $\frac{1}{8}$ дівчата-дальтоніки з нормальним слухом (25 %);
- $\frac{1}{8}$ глухі дівчата з нормальним зором (12,5 %);

- $\frac{1}{8}$ глухі дівчата-дальтоніки (25 %);
- $\frac{1}{8}$ хлопчики з нормальним слухом та зором (12,5 %);
- $\frac{1}{8}$ хлопчики-дальтоніки з нормальним слухом (12,5 %);
- $\frac{1}{8}$ глухі хлопчики з нормальним зором (12,5 %);
- $\frac{1}{8}$ глухі хлопчики-дальтоніки (12,5 %).

Відповідь: вірогідність народження дівчинки з обома захворюваннями становить $\frac{1}{8}$ від усієї кількості дітей (12,5 %) та $\frac{1}{4}$ від загальної кількості дівчат (25 %).

Задача 10–12. Здоровий чоловік Михайло бере шлюб зі здоровою жінкою Євгенією. У них народжується п'ятеро синів. Двоє з них є дальтоніками, але їхня кров нормально зсідається. Двоє хворі на гемофілію, але нормально бачать. І один страждає на дальтонізм і гемофілію.

З'ясуйте, чому жінка має синів трьох типів, і визначте генотипи всіх осіб у родині. Які ще генотипи та фенотипи дітей можливі в цій родині?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

D — нормальний зір;

d — дальтонізм;

H — нормальне зсідання крові;

h — гемофілія.

Гени гемофілії та дальтонізму розташовані в X-хромосомі та зчеплені зі статтю. Сини отримують X-хромосому тільки від матері. Батько передає синам Y-хромосому. Євгенія за фенотипом є здоровою, тож робимо висновок, що вона є гетерозиготною за обома ознаками. У нащадків виявляються різні комбінації ознак хвороби, отже, під час формування гамет у жінки відбувається кросинговер, унаслідок якого утворюються чотири типи гамет.

Визначаємо генотип здорового батька: $X_H^D Y$ (гамети: X_H^D та Y). Фенотип здорової за фенотипом жінки, яка є носієм генів дальтонізму й гемофілії: $X_H^D X_h^d$ (кросоверні гамети: X_H^D та X_h^d ; некросоверні гамети: X_h^D та X_H^d).

Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	X_H^D	Y
X_h^D	$X_H^D X_h^D$ здорові дівчата	$X_h^D Y$ хлопчик з нормальним зором, хворий на гемофілію
X_H^D	$X_H^D X_H^D$ здорові дівчата	$X_H^D Y$ здоровий хлопчик
X_h^d	$X_H^D X_h^d$ здорові дівчата	$X_h^d Y$ хлопчик-дальтонік, хворий на гемофілію
X_H^d	$X_H^D X_H^d$ здорові дівчата	$X_H^d Y$ хлопчик-дальтонік з нормальним зсіданням крові

Фенотипи дітей:

- всі дівчата здорові;
- $\frac{1}{4}$ хлопчиків будуть здоровими $\left(\frac{1}{8}\right.$ від загальної кількості дітей);
- $\frac{1}{4}$ хлопчиків будуть нормально бачити, але хворіти на гемофілію $\left(\frac{1}{8}\right.$ від загальної кількості дітей);
- $\frac{1}{4}$ хлопчиків-дальтоніків матимуть нормальне зсідання крові $\left(\frac{1}{8}\right.$ від загальної кількості дітей);
- $\frac{1}{4}$ хлопчиків-дальтоніків, хворих на гемофілію $\left(\frac{1}{8}\right.$ від загальної кількості дітей).

Задача 10–13. У молодих курчат немає помітних зовнішніх ознак статі. Розрізнення статі курчат у цьому віці має практичне значення: курочки, яких вирощують для отримання яєць, мають отримувати певне харчування. Півників, яких вирощують на м'ясо, утримують в інших умовах.

Чи можливо на птахохермі «Золоте курча» для розрізнення статі використати ту обставину, що ген, який визначає чорне або рябе забарвлення, міститься в Z-хромосомі, а рябе забарвлення — це домінантна ознака? Різниця в забарвленні курчат виявляється одразу.

Розв'язання

Вводимо позначення:

P — рябе забарвлення;

p — чорне забарвлення.

У птахів гетерогаметною є жіноча стать. Для схрещування слід обрати самок, що виявляють домінантні ознаки; генотип: $Z^P W$ (рябі); і самців, що виявляють рецесивні; генотип: $Z^p Z^p$ (чорні).
Схема схрещування:

♀ \ ♂	Z^p	Z^p
Z^P	$Z^P Z^p$ рябі	$Z^P Z^p$ рябі
W	$Z^p W$ чорні	$Z^p W$ чорні

Фенотип: у F_1 усі самки будуть чорними, а всі самці — рябими.
Виявляється крис-крос успадкування.

Складемо схему реципрокного схрещування (самки — чорні, самці — рябі) $\text{♀ } Z^p W \times \text{♂ } Z^P Z^p$:

♀ \ ♂	Z^p	Z^p
Z^P	$Z^P Z^p$ рябі	$Z^P Z^p$ рябі
W	$Z^p W$ рябі	$Z^p W$ рябі

У цьому випадку всі курчата будуть рябими.

Відповідь: для раннього визначення статі у курчат слід схрещувати чорних півнів та рябих курок.

Задача 10–14. У матері два сини — Богдан та Олексій. У Богдана дружина, хвора на дальтонізм і здорова дитина. У Олексія — донька-дальтонік та син з нормальним зором.

Визначте генотип матері.

Розв'язання

Вводимо позначення:

D — нормальний зір;

d — дальтонізм.

Визначаємо генотип першого сина. За умовою, у нього хвора дружина, отже, її генотип $X^d X^d$. Здорова дитина — це може бути

лише донька з генотипом $X^D X^d$. Рецесивний ген, що визначає розвиток дальтонізму, вона отримала від матері, а домінантний, що визначає нормальний зір, — від батька. Отже, генотип батька — $X^D Y$.

Визначаємо генотип другого сина. Його донька хвора, її генотипом має бути $X^d X^d$. Одну з X-хромосом вона отримала від матері, іншу — від батька. Тому його генотип має бути $X^d Y$.

Визначаємо генотип матері за генотипами її синів, один з яких хворий на дальтонізм, а інший — ні. Він має бути: $X^D X^d$.

Відповідь: генотип матері $X^D X^d$.

Задача 10–15. У здорових батьків (з нормальним зсіданням крові) є діти:

- син-гемофілік, що має здорову доньку;
- здорова донька, що має двох синів: один із них хворий на гемофілію, інший — здоровий;
- здорова донька, що має трьох здорових синів.

Визначте генотипи чоловіка та жінки.

Розв'язання

Вводимо позначення:

H — нормальне зсідання крові;

h — гемофілія.

Син-гемофілік має нести рецесивний алель у хромосомі X, яку він отримав від матері. Його генотип: $X^d Y$.

Здорова донька, яка має сина-гемофілика, гетерозиготна за цією ознакою. Її генотип: $X^H X^h$.

Здорова донька, яка має трьох здорових синів, не містить у генотипі рецесивного алелю цієї ознаки. Її генотип: $X^H X^H$.

Визначаємо генотип вихідного подружжя. Батько з нормальним зсідання крові має генотип: $X^H Y$. Мати є гетерозиготною: одна X-хромосома несе ген гемофілії, інша — нормального зсідання крові. Її генотип: $X^H X^h$.

Відповідь: генотип чоловіка, генотип жінки $X^H X^h$.

Розділ 11. ЗАДАЧІ НА ЗЧЕПЛЕНЕ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК І КРОСИНГОВЕР

Зчеплені ознаки — це ознаки, гени яких розташовані в одній хромосомі. Вони передаються разом у випадку повного зчеплення. Однак під час кон'югації гомологічні хромосоми можуть обмінюватися гомологічними ділянками (це випадок неповного зчеплення). При цьому гени однієї хромосоми переходять в іншу (гомологічну). Вони опиняються в різних гаметах.

Чим ближче гени розташовані в хромосомі, тим рідше відбувається їх розходження під час кросинговеру. Чим далі один від одного — тим частіше порушується зчеплення. Частота розходження ознак під час кросинговеру прямо пропорційна відстані між генами, що їх визначають.

За повного зчеплення утворюються два типи гамет в однаковій кількості. За неповного зчеплення може утворитися 4 типи гамет:

- 2 типи зі зчепленими генами;
- 2 типи з хромосомами, що обмінялися гомологічними ділянками (такі гамети називають кросоверними).

Гени перевіряють на зчеплення під час проведення аналізуючих схрещувань. При цьому можливі три основні варіанти розщеплення серед нащадків:

а) Вільне й незалежне успадкування ознак:

$$P: \frac{A}{a} \cdot \frac{B}{b} \times \frac{a}{a} \cdot \frac{b}{b}.$$

За аналізуючого схрещування F_2 : 1 $AaBb$: 1 $Aabb$: 1 $aaBb$: 1 $aabb$ (по 25 % кожного типу).

Незалежне успадкування може відбуватися у двох випадках:

- коли досліджувані гени містяться у негомологічних хромосомах;
- якщо гени містяться в одній хромосомі, але на відстані рівній або більшій 50 М*.

б) Повне зчеплення:

$$P: \frac{AB}{ab} \times \frac{ab}{ab}.$$

F_2 : 1 $AaBb$ (50 %) : 1 $aabb$ (50 %)

* М (морганіда) — одиниця вимірювання, що відповідає відстані на генетичній карті між двома ділянками, рекомбінація між якими відбувається з частотою 1 %.

в) Неповне зчеплення:

$$P: \frac{AB}{ab} \times \frac{ab}{ab}.$$

Fa: $AaBb, aabb$ (нерекомбінантні) > $Aabb, aaBb$ (рекомбінантні)



Під час розв'язування задач на успадкування зчеплених ознак пам'ятайте:

1. Генотипи особин, що схрещуються, слід записувати у хромосомній формі.
2. Під час запису генотипів урахуйте розташування генів у хромосомах гомологічної пари (цис- або транс-). За цис-положення домінантні алелі генів містяться в одній хромосомі, а рецесивні — в іншій: $\frac{AB}{ab}$. За транс-положення в хромосомі містяться домінантний алель одного гена й рецесивний — іншого: $\frac{Ab}{aB}$. Якщо в задачі окремо не дано розміщення генів, вважають, що вони перебувають у цис-положенні.
3. За повного зчеплення особина, яка є гетерозиготною за всіма досліджуваними ознаками, утворює два типи гамет.
4. За неповного зчеплення відбувається утворення кросоверних та некросоверних гамет. При цьому:
 - кількість некросоверних гамет завжди більша, ніж кросоверних;
 - організм завжди утворює однакову кількість різних типів як кросоверних, так і некросоверних гамет;
 - частка (відсоткове співвідношення) кросоверних та некросоверних гамет залежить від відстані між генами;
 - якщо відома відстань між генами (у % кросинговеру або морганідах), то кількість кросоверних гамет певного типу можна обчислити за формулою:

$$n = \frac{\% \text{ кросинговеру}}{2},$$

де n — кількість кросоверних гамет певного типу;

- якщо відома кількість кросоверних особин, то % кросинговеру між генами розраховують за формулою:

$$\frac{N_1}{N_2} \cdot 100 \% = \% \text{ кросинговеру},$$

де N_1 — сумарна кількість кросоверних особин,

N_2 — загальна кількість особин у F;

- відрізок хромосоми, на якому здійснюється 1 % кросинговеру, дорівнює одній морганіді (умовна міра відстані між генами);
 - якщо досліджують ознаки, гени яких входять до різних груп зчеплення, то вірогідність об'єднання генів різних груп зчеплення дорівнює добутку вірогідностей кожного гена, що утворює цю гамету.
5. Для того щоб визначити вірогідність появи різних типів зигот, треба перемножити частоти гамет, що утворюють одну зиготу.

Також майте на увазі, що для аналізуючого схрещування у дрізофіл можна брати лише гетерозиготних самок з F_1 , оскільки у самців кросинговер не відбувається.

Задача 11–1. Які типи гамет утворюють організми з генотипами у випадках а), б) та в), якщо кросинговер відбувається, і у випадках г) та д), якщо кросинговер не відбувається:

а) $\frac{AB}{ab}$;

б) $\frac{Ab}{aB}$;

в) $\frac{aB}{Ab}$;

г) $\frac{AbC}{aBc}$;

д) $\frac{ABcDE}{abCde}$.

Розв'язання-відповідь

Хромосоми, що містяться в одній хромосомі, успадковуватимуться разом (зчеплено):

а) кросоверні: Ab та aB ; некросоверні: AB та ab ;

б) кросоверні: AB та ab ; некросоверні: Ab та aB ;

в) кросоверні: ab та AB ; некросоверні: aB та Ab ;

г) AbC та aBc ;

д) $ABcDE$ та $abCde$.

Задача 11–2. Визначте частку (% співвідношення) і типи гамет у дигетерозиготної особини, якщо відомо, що гени C та D зчеплені між собою й відстань між ними 18 морганід.

Розв'язання

Кросоверні гамети матимуть вигляд Cd та cD , некросоверні — CD та cd . Розраховуємо частку кросоверних гамет кожного типу:

$$\frac{18\%}{2} = 9\%.$$

Визначаємо частку некросоверних гамет кожного

типу: $\frac{100 - 18\%}{2} = 41\%.$

Відповідь: по 9 % кросоверних гамет Cd та cD , по 41 % некро-
соверних гамет CD та cd .

Задача 11–3. Які типи гамет і в якому співвідношенні утво-
рюються у тварин, що мають генотипи:

а) $\frac{N}{n} \cdot \frac{O}{o}$;

б) $\frac{NO}{no}$?

Розв'язання-відповідь

- А. Гени містяться в різних хромосомах і успадковуються незалеж-
но. Дигетерозигота $\frac{N}{n} \cdot \frac{O}{o}$ утворюватиме 4 типи гамет в однако-
вих співвідношеннях: 1 NO : 1 No : 1 nO : 1 no (всі — по 25 %).
Б. Гени успадковуються зчеплено. За повного зчеплення диге-
терозигота $\frac{NO}{no}$ утворюватиме тільки 2 типи гамет: NO та no
у співвідношенні 1:1 (кожного типу — по 50 %). За неповного
зчеплення ця особина через перехрест між генами утворюва-
тиме 4 типи гамет: некросоверні NO , no та кросоверні No , nO .
Кросоверних гамет буде значно менше, ніж некросоверних.

Задача 11–4. За результатами досліджень, гени A , B та C нале-
жать до однієї групи зчеплення. Між генами A та B кросинговер від-
бувається з частотою 5,5 %, а між генами B та C — з частотою 7,5 %.

Визначте розміщення генів A , B та C в хромосомі, якщо від-
стань між генами A та C становить 13 морганід.

Розв'язання-відповідь

Оскільки гени розташовані в хромосомі в лінійному порядку,
вони будуть розташовані таким чином:

A	5,5 морганід	B	7,5 морганід	C
13 морганід				

Задача 11–5. Захворювання на дальтонізм та гемофілію визна-
чаються рецесивними генами, що розташовані в X-хромосомі на
відстані 10 морганід.

Які типи яйцеклітин і в якій кількості будуть утворюватися
у жінки, якщо вона є дигетерозиготною за цими ознаками?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

D — нормальний зір;

d — дальтонізм;

H — нормальне зсідання крові;

h — гемофілія.

Визначаємо генотип жінки: $\frac{DH}{dh}$. Оскільки відстань між генами становить 10 морганід, 10 % статевих клітин утворюються в результаті кросинговеру, $100\% - 10\% = 90\%$ яйцеклітин є некросоверними. Кількість кросоверних яйцеклітин: 5 % Dh та 5 % dH . Кількість некросоверних яйцеклітин: 45 % DH та dh 45 %.

Задача 11–6. У людини гени A та F містяться в аутосомі на відстані 12 морганід.

Якою є вірогідність народження дитини з фенотипом її батька, якщо у чоловіка в подружжі генотип $\frac{Af}{aF}$, а у жінки $\frac{af}{af}$?

Розв'язання-відповідь

За відсутності кросинговеру організм батька утворює тільки два типи гамет: Af та aF . За умовою задачі, відстань між генами становить 12 морганід. Це означає, що вірогідність кросинговеру становить 12 %. Отже, 12 % сперматозоїдів будуть кросоверними, а $100\% - 12\% = 88\%$ некросоверними. Таким чином, за кросинговеру в батька утворюватимуться по 6 % кросоверних гамет типів AF та af , а також по 44 % некросоверних гамет типів Af та aF .

Мати є гомозиготною за обома ознаками. Тому незалежно від кросинговеру вона утворюватиме один тип яйцеклітин: 100 % af .

Складаємо схему схрещування:

$\begin{array}{c} \nearrow \\ \text{♀} \end{array} \quad \begin{array}{c} \searrow \\ \text{♂} \end{array}$	$AF (0,06)$	$Af (0,44)$	$aF (0,44)$	$af (0,06)$
af	$AaFf$	$Aaff$	$aaFf$	$aaff$

Нащадки:

- 6 % дітей $\frac{aF}{af}$;
- 44 % дітей $\frac{Af}{af}$;
- 44 % дітей $\frac{aF}{af}$;
- 6 % дітей $\frac{af}{af}$.

Відповідь: 6 % дітей матимуть такий саме фенотип, як у батька.

Задача 11–7. Гени успадковуються зчеплено. Кросинговер між ними становить 20 %.

Визначте, скільки форм з генотипом $ssqq$ утвориться внаслідок схрещування $\text{♀ } SsQq \times \text{♂ } SsQq$?

Розв'язання-відповідь

Генотип батьківських особин: $\frac{SQ}{sq}$. Визначаємо види кросовер-них гамет: Sq та sQ . Визначаємо частку кожного типу: $\frac{20\%}{2} = 10\%$ (або 0,1). Некросоверні гамети: SQ та sq . Частка кожного з їхніх типів: $\frac{100\% - 20\%}{2} = 40\%$ (або 0,4).

Складаємо схему схрещування, зазначивши частоти зустрічальності гамет:

$\text{♀} \backslash \text{♂}$	$SQ (0,4)$	$Sq (0,1)$	$sQ (0,1)$	$sq (0,4)$
$SQ (0,4)$	$SSQQ$	$SSQq$	$SsQQ$	$SsQq$
$Sq (0,1)$	$SSQq$	$SSqq$	$SsQq$	$Ssqq$
$sQ (0,1)$	$SsQQ$	$SsQq$	$ssQQ$	$ssQq$
$sq (0,4)$	$SsQq$	$Ssqq$	$ssQq$	$ssqq$

Визначаємо кількість форм $ssqq$, перемножуючи частоти гамет, що утворюють одну зиготу: $0,4 \cdot 0,4 = 0,16$ (або 16 %).

Відповідь: утвориться 16 % форм $ssqq$ від загальної кількості нащадків.

Задача 11–8. Генотип організму $AaBbdd$. Алелі A та b містяться в одній хромосомі, а та B — в іншій. Ген d успадковується незалежно від генів A та B .

Які типи гамет і з якою частотою утворює цей організм, якщо:

- гени A та B виявляють повне зчеплення;
- між генами A та B можливий кросинговер у 26 % випадків?

Розв'язання

- За повного зчеплення генів особини, які є гетерозиготними навіть за кількома зчепленими генами, утворюють лише по два типи гамет. Таким чином, наведена гетерозигота утворює тільки два типи гамет — з однаковою вірогідністю у 50 %.

Генотип: $\frac{Ab}{aB} \cdot \frac{d}{d}$.

Гамети: 50 % Abd , 50 % aBd .

- б) Відстань між зчепленими генами становить 26 %, отже, часто-та утворення кросоверних гамет також дорівнює 26 %.

Оскільки у батьківської особини в однієї з гомологічних хро-мосом містилися гени Ab , а в іншій — aB , то кросоверними є гамети ABd та abd , тому що в них утворюються нові комбі-нації генів — AB та ab . Обидва типи кросоверних гамет утво-рюються з однаковою вірогідністю — по $\frac{26\%}{2} = 13\%$. Кожен

із двох типів некросоверних гамет утворюється з вірогідністю $\frac{100 - 26\%}{2} = 37\%$.

Генотип: $\frac{Ab}{aB} \cdot \frac{d}{d}$.

Гамети: 37 % Abd , 37 % aBd , 13 % ABd , 13 % abd .

Відповідь: а) утворюватимуться гамети Abd з частотою 50 % і гамети aBd також із частотою 50 %; б) утворюватимуться гамети: Abd з частотою 37 %, aBd — 37 %, ABd — 13 %, abd — 13 %.

Задача 11–9. За результатами досліджень, у томатів високий зріст домінує над карликовим, куляста форма плодів — над гру-шоподібною. Гени, що визначають ці ознаки, є зчепленими й розта-шовані на відстані 6 морганід.

На шкільній дослідній ділянці учні 11 класу, які захоплюють-ся генетикою, схрестили дигетерозиготні рослини з карликовими, що мають грушоподібні плоди. Яких нащадків слід очікувати від цього схрещування?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

H — високий зріст;

h — карликовий зріст;

S — кулясті плоди;

s — грушоподібні плоди.

Визначаємо генотипи батьківських особин і гамети, що вони утворюють. Дигетерозиготна особина: $HhSs$ (кросоверні гамети HS , hs ; некросоверні гамети HS , hs). Карликова рослина з грушо-подібними плодами: $hhss$ (гамети: hs).

Розраховуємо частку кросоверних гамет кожного виду: $\frac{6\%}{2} = 3\%$.

Частка некросоверних гамет кожного виду: $\frac{100 - 6\%}{2} = 47\%$.

Складаємо схему схрещування ♀ $hhss \times \text{♂ } HhSs$:

$\begin{matrix} \nearrow \\ \text{♀} \end{matrix} \begin{matrix} \text{♂} \end{matrix}$	<i>HS</i>	<i>Hs</i>	<i>hS</i>	<i>hs</i>
<i>hs</i>	<i>HhSs</i> високі рослини, кулясті плоди (47 %)	<i>Hhss</i> високі рослини, грушоподібні плоди (3 %)	<i>hhSs</i> карликові рослини, кулясті плоди (3 %)	<i>hhss</i> карликові рослини, грушоподібні плоди (47 %)

Генотипи: 1 *HhSs* : 1 *Hhss* : 1 *hhSs* : 1 *hhss*.

Фенотипи:

- високі рослини з кулястими плодами (47 %);
- високі рослини з грушоподібними плодами (3 %);
- карликові рослини з кулястими плодами (3 %);
- карликові рослини з грушоподібними плодами (47 %).

Задача 11–10. За результатами генетичних досліджень, у дрозофілі ген забарвлення тіла й ген довжини крил містяться в одній хромосомі й успадковуються разом. Відстань між ними у самки дорівнює 18 морганід. У самців між генами повне зчеплення.

Студенти-генетики Олексій та Станіслав під час практичної роботи схрестили дигетерозиготних самця та самку. Яких нащадків за генотипом та фенотипом студенти можуть очікувати від цього схрещування?

Розв’язання-відповідь

Самець унаслідок повного зчеплення утворюватиме два типи гамет. Самка — чотири типи. Кросоверними з них будуть $\frac{18\%}{2} = 9\%$. Некросоверними $\frac{100 - 18\%}{2} = 41\%$.

Вводимо позначення:

B — домінантна ознака забарвлення тіла (сіре);

b — рецесивна ознака забарвлення тіла (чорне);

W — домінантна ознака крил (нормальні);

w — рецесивна ознака крил (зігнуті).

Генотипи батьківських особин: *BbWw*. Складаємо схему схрещування:

$\begin{matrix} \nearrow \\ \text{♀} \end{matrix} \begin{matrix} \text{♂} \end{matrix}$	<i>BW</i>	<i>bw</i>
<i>BW</i>	<i>BBWW</i> сіре тіло, нормальні крила (20,5 %)	<i>BbWw</i> сіре тіло, нормальні крила (20,5 %)

♀ \ ♂	<i>BW</i>	<i>bw</i>
<i>Bw</i>	<i>BBWw</i> сіре тіло, нормальні крила (4,5 %)	<i>Bbww</i> сіре тіло, зігнуті крила (4,5 %)
<i>bW</i>	<i>BbWW</i> сіре тіло, нормальні крила (4,5 %)	<i>bbWw</i> чорне тіло, нормальні крила (4,5 %)
<i>bw</i>	<i>BbWw</i> сіре тіло, нормальні крила (20,5 %)	<i>bbww</i> чорне тіло, зігнуті крила (20,5 %)

Генотипи: 1 *BBWW* : 1 *BBWw* : 1 *BbWW* : 2 *BbWw* : 1 *Bbww* : 1 *bbWw* : 1 *bbww*.

Фенотипи:

- сіре тіло, нормальні крила (70,5 %);
- сіре тіло, зігнуті крила (4,5 %);
- чорне тіло, нормальні крила (4,5 %);
- чорне тіло, зігнуті крила (20,5 %).

Задача 11–11. У яблуні високий зріст домінує над карликовим, а кулеподібна форма плоду — над грушоподібною. Гени висоти рослини зчеплені й перебувають на відстані один від одного у 20 морганід.

Садівник містер Гарднер схрестив дигетерозиготну рослину з карликовою, що має грушоподібні плоди. Яких нащадків слід очікувати містеру Гарднеру від цього схрещування?

Розв'язання

В умові наведена відстань між зчепленими генами, це свідчить про наявність кросинговеру й утворення кросоверних гамет, частка яких відповідає відстані між зчепленими генами. Тобто в цьому випадку має місце неповне зчеплення, й у дигетерозиготній особини можна припустити наявність 4-х типів гамет.

Вводимо позначення:

A — рослини нормального зросту;

a — карликові рослини;

C — кулясті плоди;

c — грушоподібні плоди.

Генотипи батьківських рослин: *AaCc* та *aacc*.

Визначаємо частоту утворення кросоверних гамет *Ac* та *aC*:

$$\frac{20\%}{2} = 10\% . \text{ Визначаємо частоту утворення некросоверних гамет}$$

$$AC \text{ та } ac: \frac{100 - 20\%}{2} = 40\% .$$

Складаємо схему схрещування:

♀ \ ♂	AC	Ac	aC	ac
ac	AaCc високі з ку- лястими пло- дами (40 %)	Aacc високі з гру- шоподібни- ми плодами (10 %)	aaCc карликові з кулясти- ми плодами (10 %)	aacc карликові з грушоподіб- ними плодами (40 %)

Відповідь: 40 % рослин будуть високими й мати кулясті плоди, 40 % — карликовими з грушоподібними плодами, 10 % — високими з грушоподібними плодами, 10 % — карликовими з кулястими плодами.

Задача 11–12. У Нью-Йоркському ботанічному саду дослідники провели схрещування між собою дигетерозиготних матіол з червоними квітками та вузькими листками (червоні квіти й вузькі листки — домінантні ознаки, білі квіти й широкі листки — рецесивні ознаки).

У цих рослин 45 % жіночих гамет утворилося в результаті перехрещування гомологічних хромосом, інші жіночі та чоловічі гамети — без перехрещування.

Яких нащадків за генотипом і фенотипом дослідники можуть очікувати у F_1 ?

Розв'язання-відповідь

Вводимо позначення:

R — червоні квіти;

r — білі квіти;

L — вузькі листки;

l — широкі листки.

За умовою задачі, 45 % кросоверних гамет утворюється лише у жіночих рослин. Визначаємо частоту утворення кожного типу

кросоверних гамет: $\frac{45\%}{2} = 22,5\%$. Визначаємо частоту утворення

некросоверних гамет: $\frac{100 - 45\%}{2} = 27,5\%$.

У чоловічих рослин між досліджуваними генами повне зчеплення — вони матимуть тільки два типи гамет, незважаючи на те що генотипи батьківських та материнських особин є однаковими.

Складаємо схему схрещування $\text{♀ } LlRr \times \text{♂ } LlRr$ з урахуванням утворення кросоверних гамет:

♀ \ ♂	<i>LR</i>	<i>lr</i>
<i>LR</i> (27,5 %)	<i>LLRR</i> червоні квітки, вузькі листки (13,75 %)	<i>LlRr</i> червоні квітки, вузькі листки (13,75 %)
<i>lR</i> (22,5 %)	<i>LlRR</i> червоні квітки, вузькі листки (11,25 %)	<i>llRr</i> червоні квітки, широкі листки (11,25 %)
<i>Lr</i> (22,5 %)	<i>LLRr</i> червоні квітки, вузькі листки (11,25 %)	<i>Llrr</i> білі квітки, вузькі листки (11,25 %)
<i>lr</i> (27,5 %)	<i>LlRr</i> червоні квітки, вузькі листки (13,75 %)	<i>llrr</i> білі квітки, широкі листки (13,75 %)

Генотипи: 1 *LLRR* : 1 *LLRR* : 1 *LLRr* : 2 *LlRr* : 1 *llRr* : 1 *Llrr* : 1 *llrr*.

Фенотипи:

- рослини з червоними квітками й вузькими листками (63,75 %);
- рослини з червоними квітками й широкими листками (11,25 %);
- рослини з білими квітками й вузькими листками (11,25 %);
- рослини з білими квітками й широкими листками (13,75 %);

Задача 11–13. Спеціалісти центру генетичних досліджень схрестили дві лінії мишей: в одній з них миші мають чорну шерсть нормальної довжини, а в іншій — довгу сіру. Всі гібридні особини у F_1 мають нормальну довжину шерсті сірого кольору.

За аналізуючого схрещування дослідники отримали розщеплення:

- 90 мишенят з нормальною сірою шерстю;
- 35 — з нормальною чорною;
- 36 — з довгою сірою;
- 89 — з довгою чорною.

Допоможіть дослідникам визначити як успадковуються ці дві пари ознак. Який відсоток серед нащадків становлять кросоверні мишенята?

Розв'язання

За одноманіттям гібридів у F_1 робимо висновок, що нормальна шерсть і її сірий колір є домінантними ознаками. Вводимо позначення:

- A* — нормальна довжина шерсті;
- a* — довга шерсть;
- C* — сірий колір;
- c* — чорний колір.

Неалельні гені містяться в одній хромосомі й успадковуються зчеплено. Оскільки за аналізуючого схрещування з'являються мишенята з рекомбінованими ознаками, припускаємо, що між досліджуваними генами зчеплення є неповним і у гібридів F_1 утворюються 4 типи гамет.

Генотип гібридних особин: $AaCc$. Кросоверні гамети: Ac , aC . Некросоверні гамети: AC , ac .

Загальна кількість мишенят становить: $90 + 35 + 36 + 89 = 250$. Відсотковий уміст кожного типу:

- мишенята з нормальною сірою шерстю $\frac{90}{250} \cdot 100 \% = 36 \%$;
- мишенята з нормальною чорною $\frac{35}{250} \cdot 100 \% = 14 \%$;
- мишенята з довгою сірою $\frac{36}{250} \cdot 100 \% = 14,4 \%$;
- мишенята з довгою чорною $\frac{89}{250} \cdot 100 \% = 35,6 \%$.

Приймаємо кількість гамет, що утворилась унаслідок кросинговеру, рівною $14,4 + 14 \approx 28 \%$.

Складаємо схему схрещування $AaCc \times aacc$:

♀ \ ♂	AC	Ac	aC	ac
aC	$AaCc$ нормальна шерсть сіро-го кольору (36 %)	$Aacc$ нормальна шерсть чорного кольору (14 %)	$aaCc$ довга сіра шерсть (14 %)	$aacc$ довга чорна шерсть (36 %)

Відповідь: колір і довжина шерсті є ознаками, що успадковуються зчеплено з неповним зчепленням, кількість кросоверних мишенят становить 28 % (по 14 % кожного типу).

Задача 11–14. У розпліднику хом'яків «Пухнастик Хом» були схрещені дві ліній тварин: в одній особини мають хвилясту шерсть нормальної довжини, а у другій — довгу і пряму. Всі гібридні особини у F_1 мали пряму шерсть нормальної довжини.

Після аналізуючого схрещування спеціалісти отримали:

- 5 хом'яків із прямою шерстю нормальної довжини;
- 45 із хвилястою шерстю нормальної довжини;
- 6 із довгою хвилястою;
- 44 з довгою прямою шерстю.

Як розташовані гени в хромосомі?

Розв'язання

Всі гібридні особини у F_1 мали пряму шерсть нормальної довжини. Робимо висновок, що ці ознаки є домінантними, а хвиляста та довга шерсть — рецесивними.

Вводимо позначення:

P — пряма шерсть;

p — хвиляста шерсть;

T — шерсть нормальної довжини;

t — довга шерсть.

Складаємо генотип гібридних особин з F_1 : $\frac{Pt}{pT}$.

Обчислюємо загальну кількість хом'ячків, що народилися в результаті аналізуючого схрещування F_2 : $5 + 45 + 6 + 44 = 100$. Визначаємо кількість кросоверних особин: $5 + 6 = 11$. А також їх частку: $\frac{11}{100} \cdot 100 \% = 11 \%$. Отже, відстань між генами становить 11 морганід.

Відповідь: розташування генів $\frac{Pt}{pT}$, відстань між ними — 11 морганід.

Задача 11–15. У Празькому зоопарку під час схрещування плямистих кроликів з нормальною шерстю із суцільно забарвленими ангорськими крільчихами всі гібридні особини народилися плямистими з нормальною шерстю. Спеціалісти зоопарку вирішили провести аналізуюче схрещування, в результаті чого було отримано:

- 16 плямистих ангорських;
- 101 суцільно забарвлених ангорських;
- 14 суцільно забарвлених з нормальною шерстю;
- 99 плямистих з нормальною довжиною шерсті.

Допоможіть спеціалістам пояснити отримані результати.

Розв'язання-відповідь

За результатами схрещування робимо висновок: шерсть нормальної довжини та плямисте забарвлення є домінантними ознаками. Гени забарвлення й довжини шерсті є зчепленими, оскільки за розщеплення в аналізуючому схрещуванні має місце нерівномірний розподіл фенотипів (на відміну від 9:3:3:1 для дигібридного схрещування).

Кросоверні організми менші за чисельністю від некросоверних. Це плямисті ангорські (16 кроленят) та суцільно забарвлені (14 кроленят). Загальна кількість кроленят становить $16 + 101 + 14 + 99 = 200$. Для визначення відносної відстані між генами забарвлення та довжини шерсті обчислюємо частку кросоверних кроленят ($y\%$) у потомстві від загальної кількості кроленят: $\frac{16+14}{200} \cdot 100 \% = 15 \%$.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Генетичний код

I ну- клеотид	II нуклеотид				III ну- клеотид
	У	Ц	А	Г	
У	УУУ Фен	УЦУ Сер	УАУ Тир	УГУ Цис	У
	УУЦ Фен	УЦЦ Сер	УАЦ Тир	УГЦ Цис	Ц
	УУА Лей	УЦА Сер	УАА —	УГА —	А
	УУГ Лей	УЦГ Сер	УАГ —	УГГ Трип	Г
Ц	ЦУУ Лей	ЦЦУ Про	ЦАУ Гіс	ЦГУ Арг	У
	ЦУЦ Лей	ЦЦЦ Про	ЦАЦ Гіс	ЦГЦ Арг	Ц
	ЦУА Лей	ЦЦА Про	ЦАА Глн	ЦГА Арг	А
	ЦУГ Лей	ЦЦГ Про	ЦАГ Глн	ЦГГ Арг	Г
А	АУУ Ілей	АЦУ Тре	ААУ Асн	АГУ Сер	У
	АУЦ Ілей	АЦЦ Тре	ААЦ Асн	АГЦ Сер	Ц
	АУА Ілей	АЦА Тре	ААА Ліз	АГА Арг	А
	АУГ Мет	АЦГ Тре	ААГ Ліз	АГГ Арг	Г
Г	ГУУ Вал	ГЦУ Ала	ГАУ Асп	ГГУ Глі	У
	ГУЦ Вал	ГЦЦ Ала	ГАЦ Асп	ГГЦ Глі	Ц
	ГУА Вал	ГЦА Ала	ГАА Глу	ГГА Глі	А
	ГУГ Вал	ГЦГ Ала	ГАГ Глу	ГГГ Глі	Г

Додаток 2

Назви і скорочення амінокислот

Назви амінокислот	Скорочення	
	Українською	Англійською
Гліцин	Глі	Gly
Аланін	Ала	Ala
Валин	Вал	Val
Лейцин	Лей	Leu
Ізолейцин	Ілей	Ile
Пролін	Про	Pro
Фенілаланін	Фен	Phe

Назви амінокислот	Скорочення	
	Українською	Англійською
Тирозин	Тир	Tyr
Триптофан	Трп	Trp
Серин	Сер	Ser
Треонін	Тре	Thr
Аспарагінова кислота	Асп	Asp
Глутамінова кислота	Глу	Glu
Аспарагін	Асн	Asn
Глутамін	Глн	Gln
Цистеїн	Цис	Cys
Метіонін	Мет	Met
Гістидін	Гіс	His
Лізін	Ліз	Lys
Аргінін	Арг	Arg

Додаток 3

Ознаки, які спадкуються за типом повного домінування

Домінантна ознака	Рецесивна ознака
<i>Рослини</i>	
<i>Горох посівний</i>	
Жовте забарвлення насіння	Зелене забарвлення насіння
Гладка поверхня насіння	Зморшкувата поверхня насіння
Червоне забарвлення квіток	Біле забарвлення квіток
Пазушні квітки	Верхівкові квітки
Пізнє цвітіння	Раннє цвітіння
Високий зріст	Карликовий зріст
Листки з вусиками	Листки без вусиків
Прямий біб	Зігнутий біб
<i>Томати</i>	
Круглі плоди	Грушоподібні плоди
Червоні плоди	Жовті плоди
Гладенька шкірочка плода	Опушена шкірочка плода
Нормальний зріст	Карликовий зріст
Пурпурне стебло	Зелене стебло
Звичайні листки	Картоплеподібні листки
Листки з розсіченими краями	Цілокраї листки
Зелені листки	Жовті листки
<i>Овес</i>	
Рання стиглість	Пізня стиглість

Домінантна ознака	Рецесивна ознака
<i>Овес</i>	
Нормальний зріст	Карликовий зріст
Стійкість проти корончастої та стеблової іржі	Ураження іржею
<i>Фігурні гарбузи</i>	
Біле забарвлення плодів	Жовте забарвлення плодів
Дископодібна форма плодів	Сферичні плоди
<i>Тварини</i>	
<i>Дрозофіла</i>	
Червоні очі	Білі, вишневі, кармінові, кіноварні, темно-червоні, коралові очі
Нормальний розвиток очей	Немає очей
Лопатеві очі	Круглі очі
Сіре тіло	Чорне, жовте, темне тіло
Нормальні крила	Зачаткові, закручені, загнуті крила
Вирізані крила	Цілі крила
Крила нормальної ширини	Вузькі, широкі крила
<i>Кури</i>	
Наявність гребня	Відсутність гребня
Трояндоподібний гребінь	Простий гребінь
Горохоподібний гребінь	Простий гребінь
Оперені ноги	Голі ноги
Короткі ноги	Ноги нормальної довжини
<i>Миші</i>	
Забарвлення дикого типу	Чорна, біла (альбінізм) шерсть
Чорна шерсть	Коричнева шерсть
Довгі вуха	Короткі вуха
Скручений хвіст	Прямий хвіст
<i>Морська свинка</i>	
Чорна шерсть	Біла шерсть
Чорна шерсть	Коричнева шерсть
Довга шерсть	Коротка шерсть
Розеткова шерсть	Гладенька шерсть
<i>Кролик</i>	
Сіре хутро	Чорне хутро
Чорне хутро	Біле хутро
Кудлате хутро	Гладеньке хутро
<i>Велика рогата худоба</i>	
Чорна шерсть	Червона шерсть
Безрогість	Рогатість

Додаток 4

Ознаки, які спадкуються за типом неповного домінування

Ознаки	Відмінності в організмів		
	Гомозиготних		Гетерозиготних
	AA	aa	Aa
Людина			
Форма еритроцитів	Нормальна	Серповидно-клітинна анемія	Частина еритроцитів серпоподібна
Волосся	Кучеряве	Пряме	Хвилясте
Велика рогата худоба			
Колір шерсті	Червоний	Білий	Чалий
Колір шерсті	Чорний	Білий	Сіро-блакитний
Вівці			
Довжина вух	Довгі	Відсутні (безвухість)	Короткі
Кури андалузські			
Колір пір'я	Чорний	Білий	Блакитний
Форма оперення	Кучерява	Гладенька	Слабокучерява
Норка			
Забарвлення шерсті	Темне	Біле	Кохінурове (світле із чорним хрестом)
Морська свинка			
Забарвлення шерсті	Темне	Біле	Напівтемне
Суниця			
Колір квітколожа	Червоний	Білий	Рожевий
Форма чашечки	Нормальна	Листоподібна	Проміжна
Забарвлення плодів	Червоні	Білі	Рожеві
Горошок запашний			
Забарвлення квітки	Червоне	Біле	Рожеве
Форма листка	Широка	Вузька	Середньої величини
Нічна красуня			
Забарвлення квітки	Червоне	Біле	Рожеве
Ротики			
Забарвлення квіток	Червоні	Білі	Рожеві
Ширина листків	Широкі	Вузькі	Середньої ширини

Додаток 5

Успадкування деяких ознак у людини

Ознаки	Домінантні	Рецесивні
Колір очей	Карі	Блакитні або сірі
Розмір очей	Великі	Малі
Розріз очей	Прямий	Косий
Тип очей	Монголоїдний	Європеоїдний
Гострота зору	Короткозорість	Нормальний зір
Гострота зору	Далекозорість	Нормальний зір
Внутрішньоочний тиск	Глаукома	Нормальний
Прозорість кришталика	Катаракта	Нормальний
Верхня повіка	Нависає (епікантус)	Нормальна
Довжина вій	Довгі	Короткі
Ямочки на щоках	Є	Немає
Вуха	Широкі	Вузькі
Вуха	Довгі	Короткі
Гостра верхівка вуха	Є	Немає
Ніс	«Римський» ніс	Прямий ніс
Ніс	Великий	Середньої величини або маленький
Ніс	Гострий, виступаючий уперед	Широкий
Ніс	Вузький	Широкий
Ніздрі	Широкі	Вузькі
Перенісся	Високе вузьке	Низьке широке
Губи	Товсті	Тонкі
Підборіддя	Пряме	Виступаюче назад
Підборіддя	Широке	Вузьке та гостре
Виступаючі зуби й щелепи	Наявні	Відсутні
Щілина між різцями	Є	Немає
Пігментація	Нормальна	Альбінізм
Волосся	З дрібними завитками	В'ються, хвилясті
Волосся	Жорсткі, прямі, «їжаком»	Прямі, м'які
Волосся	В'ється	Хвилясте або пряме
Колір волосся	Темний	Світлий
Колір волосся	Неруде	Руде
Посивіння волосся	У віці 25 років	Після 40 років

Ознаки	Домінантні	Рецесивні
Облисіння	У чоловіків	У жінок
Біле пасмо над лобом	Є	Відсутнє
Ріст волосся по середній лінії лоба	Є	Відсутнє
Мохнаті брові	Є	Немає
Нижня губа	Товста та відвисла	Нормальна
Здатність загинати язика назад	Є	Немає
Здатність згортати язика трубочкою	Є	Немає
Зуби при народженні	Є	Відсутні
Череп	Короткий (брахіцефал)	Довгий (доліхоцефал)
Обличчя	Кругле	Подовгасте
Шкіра	Товста	Тонка
Колір шкіри	Смаглява	Білява
Ластовиння	Є	Немає
Кисть	З 6 або 7 пальцями	З 5 пальцями
Довжина пальців	Брахідактилія (вкорочені)	Нормальна довжина
Арахнодактилія	Є	Нормальні пальці
Стан пальців	Зрощені	Нормальні
Переважає володіння рукою	Правою	Лівою
Візерунки на шкірі пальців	Еліптичні	Циркулярні
Антигени АВО	A, B	0
Резус-фактор	Rh+	Rh-
Артеріальний тиск	Гіпертензія	Нормальний
Стан крові	Норма	Серповидноклітинна анемія
Голос (у жінок)	Сопрано	Альт
Голос (у чоловіків)	Бас	Тенор
Абсолютний музикальний слух	Є	Відсутній
Спадкова глухота	Відсутня	Є
Цукровий діабет	Здорова людина	Хвороба
Потові залози	Присутні	Немає
Товщина шкіри	Товста	Тонка
Зріст	Низький	Нормальний

Додаток 6

Ознаки, успадкування яких зчеплене зі статтю

Ознаки	Відмінність за типом успадкування	
	домінантний	рецесивний
Гени, локалізовані в X-хромосомі		
<i>Людина</i>		
Зсідання крові	Нормальне	Гемофілія А і В
Сприймання кольору	Нормальне	Дальтонізм
Розвиток потових залоз	Нормальний	Відсутні
Будова емалі зубів	Гіпоплазія (темна емаль)	Нормальна
Фосфорно-кальцієвий обмін	Рахіт	Нормальний
Здатність відчувати запах синильної кислоти	Нормальна	Відсутня
Утворення сечі	Нормальне	Нефрогенний нецукровий діабет
Пігментація райдужної оболонки	Нормальна	Альбінізм очей
Розумовий розвиток	Нормальний	Олігофренія ламкою Х-хромосою
Будова шкіри	Фолікулярний кератоз	Нормальна
Ороговіння шкіри	Нормальне	Іхтіоз
Атрофія зорових нервів	Немає	Є
Кольорова сліпота	Немає	Є
Очно-лице-пальцевий синдром	Немає	Є
Первинна легенева гіпертонія	Є	Немає
Гени, що локалізовані в Y-хромосомі		
Гіпертрихоз (оволосіння вусних раковин)	Є	Є
Іхтіоз	Є	Є
Гени, що локалізовані в X-хромосомі		
<i>Тварини</i>		
<i>Дрозофіла</i>		
Забарвлення тіла	Сіре	Жовте
Колір очей	Червоний	Білий
<i>Кури</i>		
Забарвлення оперення	Рябе	Чорне
<i>Кішка</i>		
Забарвлення шерсті	Чорне	Жовте (тримастні гетерозиготи)

ЛІТЕРАТУРА

1. Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика: В 3-х т. / Ф. Айала, Дж. Кайгер; Перевод с англ. — Т. 1. — М.: Мир, 1987. — 295 с.
2. Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика: В 3-х т. / Ф. Айала, Дж. Кайгер; Перевод с англ. — Т. 2. — М.: Мир, 1988. — 368 с.
3. Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика: В 3-х т. / Ф. Айала, Дж. Кайгер; Перевод с англ. — Т. 3. — М.: Мир, 1988. — 335 с.
4. Барна І. Загальна біологія: Збірник задач / Іван Барна. — Тернопіль: Підручники та посібники, 2008. — 736 с.
5. Беркинблит М. Б. Почти 200 задач по генетике / М. Б. Беркинблит, А. В. Жердяев, С. Н. Ларина, А. Р. Мушегян, В. В. Чуб. — М.: МИРОС, 1992. — 120 с.
6. Болгова И. В. Сборник задач по общей биологии с решениями для поступающих в вузы / И. В. Болгова. — М.: ООО «Издательство Оникс»: ООО «Издательство «Мир и Образование»», 2006. — 256 с.
7. Глазер В. М. Задачи по современной генетике: Учеб. пособие / В. М. Глазер, А. И. Ким, Н. Н. Орлова, И. Г. Удина, Ю. П. Алтухов; Под ред. М. М. Асланяна. — М.: КДУ, 2005. — 224 с.
8. Гончаров О. В. Генетика. Задачи / О. В. Гончаров. — Саратов: Лицей, 2008. — 352 с.
9. Инге-Вечтомов С. Г. Генетика с основами селекции: Учеб. для биол. спец. ун-тов / С. Г. Инге-Вечтомов. — М.: Высш. шк., 1989. — 591 с.
10. Киреева Н. М. Биология: Для поступающих в вузы (способы решения задач по генетике) / Сост. Н. М. Киреева. — Волгоград: Учитель, 2009. — 50 с.
11. Кириленко А. А. Биология. Сборник задач по генетике. Базовый и повышенный уровни ЕГЭ: Учебно-методическое пособие / А. А. Кириленко. — Ростов-на-Дону: Легион, 2009. — 174 с.
12. Коновалов В. С. Задачі і вправи з генетики. — К.: Радянська школа, 1974. — 92 с.
13. Крестьянинов В. Ю. Сборник задач по генетике с решениями / В. Ю. Крестьянинов, Г. Б. Вайнер. — Саратов: Лицей, 2007. — 128 с.
14. Лановенко О. Г. Від молекул нуклеїнових кислот до людини. Генетичні задачі з методикою розв'язання: Навчально-методичний посібник / О. Г. Лановенко, Т. Б. Чинкіна. — Херсон: Айлант, 2005. — 156 с.
15. Литвиненко О. А., Артаментова Л. О. Генетика. Збірник задач. — К.: Вища школа, 1987. — 94 с.
16. Овчинников С. О. Збірник задач і вправ із загальної біології. — К.: Генеза, 2000. — 150 с.
17. Тимченко А. Д. Збірник задач і вправ з біології. — К.: Вища школа, 1992. — 387 с.
18. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека: В 3-х т. / Ф. Фогель, А. Мотульски; Пер. с англ. — Т. 1. — М.: Мир, 1989. — 312 с.
19. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека: В 3-х т. / Ф. Фогель, А. Мотульски; Пер. с англ. — Т. 2. — М.: Мир, 1990. — 378 с.
20. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека: В 3-х т. / Ф. Фогель, А. Мотульски; Пер. с англ. — Т. 3. — М.: Мир, 1990. — 366 с.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
Розв'язання генетичних задач (пам'ятка для учня)	3
Розділ 1. ЗАДАЧІ НА МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ СПАДКОВОСТІ	6
Задачі на встановлення послідовності нуклеотидів.	7
Задачі на обчислення кількості та частки нуклеотидів.	8
Задачі на визначення довжини, маси ДНК та РНК.	9
Задачі на визначення послідовності амінокислот.	10
Задачі на визначення маси білка, кількості амінокислот	12
Приклад комбінованої задачі	13
Розділ 2. ЗАДАЧІ НА МОНОГІБРИДНЕ СХРЕЩУВАННЯ	15
Розділ 3. ЗАДАЧІ НА ЗВОРОТНЕ Й АНАЛІЗУЮЧЕ СХРЕЩУВАННЯ	28
Розділ 4. ЗАДАЧІ НА НЕПОВНЕ ДОМІНУВАННЯ (ПРОМІЖНЕ УСПАДКОВУВАННЯ) МОНОГІБРИДНОГО СХРЕЩУВАННЯ	34
Розділ 5. ЗАДАЧІ НА ДИГІБРИДНЕ ТА ПОЛІГІБРИДНЕ СХРЕЩУВАННЯ	41
Задачі на дигібридне схрещування	42
Задачі на полігібридне схрещування	54
Розділ 6. ЗАДАЧІ НА ВЗАЄМОДІЮ НЕАЛЕЛЬНИХ ГЕНІВ	58
Задачі на епістаз.	58
Задачі на комплементарність	62
Задачі на полімерію	66
Розділ 7. ЗАДАЧІ НА МНОЖИННИЙ АЛЕЛІЗМ.	70
Розділ 8. ЗАДАЧІ НА ВИЗНАЧЕННЯ ГРУП КРОВІ ЛЮДИНИ	77
Розділ 9. ЗАДАЧІ НА ПЛЕЙОТРОПІЮ	86
Розділ 10. ЗАДАЧІ НА УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК, ЗЧЕПЛЕНИХ ЗІ СТАТТЮ	93
Розділ 11. ЗАДАЧІ НА ЗЧЕПЛЕНЕ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК І КРОСИНГОВЕР	108
ДОДАТКИ	121
Додаток 1	121
Додаток 2	121
Додаток 3	122
Додаток 4	124
Додаток 5	125
Додаток 6	127
ЛІТЕРАТУРА	128