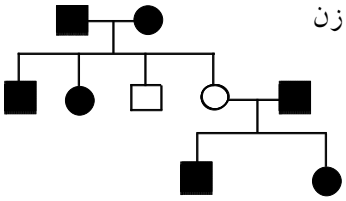
ژنتیک وخاستگاه آن - خارج از کشور

۱- شجرنامه‌ی مقابل، مشخص کننده‌ی چه نوع بیماری است؟ (□ و ○ به ترتیب مرد و زن سالم و ■ و ● مرد و زن بیمار را نشان می‌دهند.)



۱) اتوزومی غالب ۲) اتوزومی مغلوب
۳) وابسته به جنس غالب ۴) وابسته به جنس مغلوب

۲- چه نسبتی از فرزندان آن‌ها دارای شکاف کام و گروه خونی B^+ خواهند شد؟ (طبق قوانین احتمالات)

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۸}$ ۳) $\frac{۱}{۱۶}$ ۴) $\frac{۱}{۳۲}$

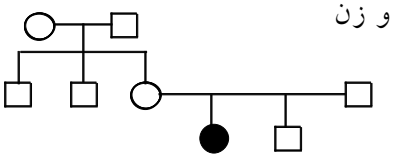
۳- چه نسبتی از فرزندان، دارای دو بیماری و گروه خونی A^- خواهند شد؟

۱) $\frac{۳}{۱۶}$ ۲) $\frac{۱}{۳۲}$ ۳) $\frac{۱}{۱۶}$ ۴) $\frac{۱}{۸}$

۴- اگر در ملخ یک صفت ۴ اللی وابسته به جنس وجود داشته باشد، چند نوع ژنوتیپ در جمعیت ملخ‌ها برای این صفت وجود دارد؟

۱) ۴ ۲) ۱۰ ۳) ۱۴ ۴) ۱۶

۵- شجرنامه‌ی زیر به کدام نوع بیماری وراثتی تعلق دارد؟ (□ و ○ به ترتیب مرد و زن سالم و ■ و ● مرد و زن بیمار را نشان می‌دهند.)



۱) کام شکاف‌دار ۲) تالاسمی
۳) هانتینگتون ۴) هموفیلی

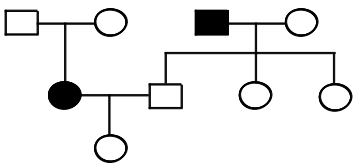
۶- اگر در خانواده‌ای گروه خونی پدر A^+ و شانس تولد فرزندی با گروه خونی AB^-، ۶/۲۵% باشد، احتمال تولد فرزند پسری با گروه خونی B^+ در این خانواده کدام است؟ (طبق قوانین احتمالات)

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۸}$ ۳) $\frac{۳}{۱۶}$ ۴) $\frac{۳}{۳۲}$

۷- به‌طور معمول، در نحوه‌ی وراثت کدام صفت، ممکن است والدین، هر دو بیمار باشند، ولی دخترانی سالم داشته باشند؟

۱) اتوزومی غالب ۲) اتوزومی مغلوب ۳) وابسته به X غالب ۴) وابسته به X مغلوب

۸- دو دمانه‌ی مقابل، انتقال کدام عارضه‌های ژنتیکی را می‌تواند نشان دهد؟ (□ و ○ به ترتیب مرد و زن سالم و ■ و ● مرد و زن بیمار)



۱) تالاسمی - هموفیلی
۲) هموفیلی - کم خونی داسی شکل
۳) هانتینگتون - فنیل کتونوریا
۴) کم خونی داسی شکل - تالاسمی

۹- چه نسبتی از ماده‌های نسل دوم و شاخک بلند خواهند شد؟

۱) $\frac{۱}{۱۶}$ ۲) $\frac{۱}{۸}$ ۳) $\frac{۳}{۱۶}$ ۴) $\frac{۳}{۸}$

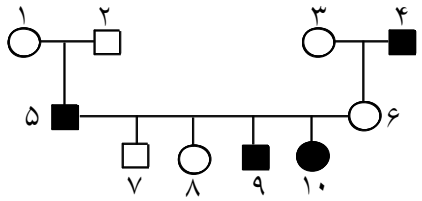
۱۰- چه نسبتی از افراد نسل دوم و شاخک متوسط خواهند شد؟

۱) $\frac{۱}{۱۶}$ ۲) $\frac{۱}{۸}$ ۳) $\frac{۳}{۱۶}$ ۴) $\frac{۱}{۴}$

۱۱- احتمال داشتن پسری با گروه خونی A، برای مادری با گروه خونی A، $\frac{۱}{۴}$ است، برای پدر چند نوع ژنوتیپِ گروهِ خونی می‌توان انتظار داشت؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۲- دودمانه‌ی مقابل، انتقال صفت هموفیلی را نشان می‌دهد. کدام، قطعاً دارای ژن هموفیلی، ولی سالم است؟ (□ و ○ به ترتیب مرد و زن سالم و ■ و ● مرد و زن بیمار)



۱) فرد شماره‌ی ۱ ۲) فرد شماره‌ی ۲
۳) فرد شماره‌ی ۳ ۴) فرد شماره‌ی ۷

۱۳- اگر صفتی اتوزومی در انسان سه آللی باشد، زمانی تعداد فنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌ها برابرند، که ..... .

۱) دو آلل هم توان و دیگری نسبت به آن‌ها مغلوب باشد.
۲) یک آلل بر دوتای دیگر غالب باشد.
۳) دو آلل بر آلل دیگر غالب باشند.
۴) هر سه آلل، هم توان باشند.

۱۴- چه نسبتی از افراد $F_۲$، بال کوتاه و قهوه‌ای خواهند شد؟

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۸}$ ۳) $\frac{۱}{۱۶}$ ۴) $\frac{۳}{۱۶}$

۱۵- چه نسبتی از ماده‌های $F_۲$، بال متوسط و سبز خواهند شد؟

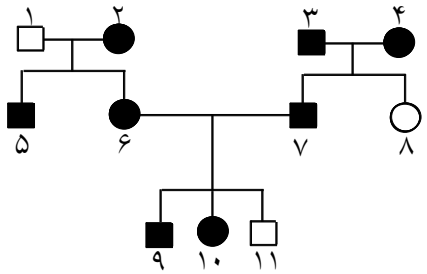
۱) $\frac{۳}{۱۶}$ ۲) $\frac{۱}{۸}$ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۲}$

www.sahlamooz.ir

۱۶- اگر مردی با کام شکاف دار (صفت مغلوب) که تالاسمی مینور دارد با زنی که برای هر دو صفت هتروزیگوس است، ازدواج کند، چه نسبتی از فرزندان آن‌ها، دخترانی با کام شکاف‌دار و تالاسمی ماژور خواهند شد؟ (طبق قوانین احتمالات)

۱) $\frac{۱}{۸}$ ۲) $\frac{۱}{۱۶}$ ۳) $\frac{۳}{۱۶}$ ۴) $\frac{۱}{۳۲}$

۱۷- اگر در دودمانه‌ی مقابل، بیماری، صفتی ..... فرض شود، احتمال به وجود آمدن فرد شماره‌ی ..... در این خانواده وجود ندارد. (□ و ○ مرد و زن سالم و ■ و ● مرد و زن بیمار)



۱) اتوزومی غالب - ۱۱
۲) اتوزومی مغلوب - ۶
۳) وابسته به جنس غالب - ۸
۴) وابسته به جنس مغلوب - ۷

۱۸- از آمیزش ملخ نر بال بلند و شاخک کوتاه با ملخ ماده‌ی بال کوتاه و شاخک بلند، در نسل اول، همه‌ی ملخ‌ها، بال بلند و شاخک بلند شده‌اند و در نسل دوم شاخکِ کوتاه، فقط در نرها مشاهده شده است، کدام وضعیت، طبق قوانین احتمالات نمی‌تواند صحیح باشد؟

۱) $\frac{۱}{۴}$ افراد نسل دوم، بال کوتاه باشند.

۲) $\frac{۱}{۸}$ افراد نسل دوم، نرهای بال کوتاه و شاخک کوتاه باشند.

۳) $\frac{۳}{۸}$ افراد نسل دوم، ماده‌ی شاخک بلند و بال بلند باشند.

۴) $\frac{۱}{۱۶}$ افراد نسل دوم، نرهای شاخک بلند و بال کوتاه باشند.

۱۹- در بررسی هم‌زمان صفات کوررنگی (صفت وابسته به جنسِ مغلوب)، گروه خونی و Rh (Rh مثبت نسبت به Rh منفی غالب است)، در مردان به ترتیب از راست به چپ، چند نوع ژنوتیپ و چند نوع فنوتیپ مورد انتظار است؟

۱) ۲۴ - ۱۲ ۲) ۳۶ - ۱۶ ۳) ۳۶ - ۲۴ ۴) ۵۴ - ۱۶

پاسخ:

۱- گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. چون از پدر و مادر بیمار فرزندان سالم متولد شده‌اند، بیماری نمی‌تواند از نوع مغلوب (وابسته به X یا اتوزومی) باشد. از طرفی اگر بیماری وابسته به X غالب بود، باید پدر بیمار، هر دو دخترش بیمار می‌شدند که این‌طور نیست. این دودمانه با الگوی اتوزومی غالب توجیه می‌شود.

۲- گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به اطلاعات سؤال، ژنوتیپ والدین به‌صورت مقابل است: $X_b^h XI^B iRr$ و $X_b^c YI^A irr$ (c = کوررنگی، b = شکاف کام، h = هموفیلی)

$$X_b^c Y \times X_b^h X \rightarrow \underbrace{\frac{۱}{۴} X_b^c X_b^h}_{\frac{۱}{۴}\text{شکاف کام}} + \frac{۱}{۴} X_b^c X + \underbrace{\frac{۱}{۴} X_b^h Y}_{\frac{۱}{۴}\text{شکاف کام و هموفیل}} + \frac{۱}{۴} XY$$

$$I^A i \times I^B i \rightarrow \frac{۱}{۴} I^A I^B + \frac{۱}{۴} I^A i + \underbrace{\frac{۱}{۴} I^B i}_{\frac{۱}{۴}\text{گروه خونی B}} + \frac{۱}{۴} ii$$

$$rr \times Rr \rightarrow \underbrace{\frac{۱}{۲} rr}_{Rh^+ \frac{۱}{۲}} + \frac{۱}{۲} Rr$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{نسبت فرزندان دارای شکاف کام} = \frac{۱}{۴} + \frac{۱}{۴} = \frac{۱}{۲} \\ \text{نسبت فرزندان دارای گروه خونی B} = \frac{۱}{۴} \\ \text{نسبت فرزندان دارای } Rh+ = \frac{۱}{۲} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{۱}{۲} \times \frac{۱}{۴} \times \frac{۱}{۲} = \frac{۱}{۱۶}$$

۳- گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است.

$$\left.\begin{array}{l} \text{نسبت فرزندان دارای دو بیماری} = \frac{۱}{۴} X_b^h Y \\ \text{نسبت فرزندان دارای گروه خونی } A^- = \frac{۱}{۴} \times \frac{۱}{۲} = \frac{۱}{۸} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{۱}{۴} \times \frac{۱}{۸} = \frac{۱}{۳۲}$$

۴- گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. برای یک صفت ۴ اللی وابسته به جنس در ملخ نر (XO)، ۴ ژنوتیپ و در ملخ ماده (XX)، ۱۰ ژنوتیپ وجود دارد که در مجموع می‌شود، ۱۴ تا.

۵- گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. بیماری از نوع غالب (وابسته به X یا اتوزومی) نیست، چون از والدین سالم، فرزندی بیمار متولد شده است. از طرفی اگر بیماری از نوع وابسته به X مغلوب بود، دختر بیمار حتماً باید پدری بیمار می‌داشت که این‌طور نیست. این دودمانه با الگوی اتوزومی مغلوب (مانند تالاسمی) توجیه می‌شود.

۶- گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. مادر می‌تواند از نظر Rh به صورت Rr یا rr باشد. از طرف دیگر یک الل مادر باید قطعاً B باشد.

۶/۲۵% یعنی $\frac{۱}{۱۶}$ که حاصل ضرب $\frac{۱}{۴} \times \frac{۱}{۴}$ است، یعنی احتمال AB و احتمال Rh در فرزندان برابر $\frac{۱}{۴}$ است. در این صورت هر دو والد از نظر Rr به‌صورت Rr هستند و از نظر گروه خونی اصلی نیز پدر ژنوتیپ I^A_i دارد و ژنوتیپ مادر I^B_i یا $I^A I^B$ خواهد بود.

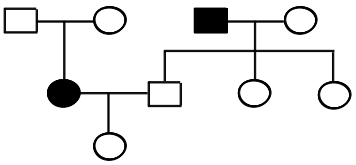
ژنوتیپ والدین: $I^{A}_{i}Rr^{\text{پدر}} \times I^{B}_{i}Rr^{\text{مادر}}$ (حالت اول) $I^{A}_{i}Rr^{\text{پدر}} \times I^{A}I^{B}Rr^{\text{مادر}}$ (حالت دوم)

در هر دو حالت، احتمال تولد فرزند با گروه خونی B، $\frac{۱}{۴}$ و احتمال Rh مثبت، $\frac{۳}{۴}$ است. بنابراین احتمال تولد فرزند پسر با گروه خونی B^+ برابر است با:

$$\frac{۱}{۴}(B) \times \frac{۳}{۴}(Rh^+) \times \frac{۱}{۲}(\text{پسر}) = \frac{۳}{۳۲}$$

۷- گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. در صفات اتوزومی مغلوب و وابسته به X مغلوب اگر والدین هر دو بیمار باشند، قطعاً همه‌ی فرزندان آن‌ها بیمار خواهند شد. در صفات وابسته به X غالب اگر پدر بیمار باشد، حتماً همه‌ی دخترانش بیمار خواهند شد. تنها در صفات اتوزومی غالب است که والدین بیمار می‌توانند فرزندان سالم داشته باشند (به شرط این که هر دو والد ناخالص باشند.)

۸- گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. بیماری‌های اتوزوم غالب و وابسته به X غالب در این دودمانه صدق نمی‌کنند، زیرا از والدین سالم، فرزندی بیمار متولد شده است. از طرفی الگوی وابسته به X مغلوب نیز در این دودمانه صدق نمی‌کند، چون در این صورت، دختر بیمار حتماً باید پدر بیمار داشته باشد که این‌طور نیست. اما الگوی اتوزوم مغلوب با این دو دمانه توجیه می‌شود. بیماری‌های کم‌خونی داسی شکل و تالاسمی هر دو نوی بیماری اتوزومی مغلوب هستند.



۹- گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. صفت خطدار یا خال‌دار بودن، یک صفت وابسته به جنس و هم توان است و طول شاخک، یک صفت اتوزومی و غالب ناقص است.

(L = خط دار , P = خال دار , K = شاخک کوتاه و B = شاخک بلند)

ماده خط دار		نر خال دار		ماده شاخک بلند		نر شاخک کوتاه
$P: Z_L W$	×	$Z_p Z_p$		$P: BB$	×	KK
	↓				↓	
$F_1: \frac{1}{2} Z_L Z_p$	+	$\frac{1}{2} Z_p W$		$F_1: BK$		BK
	↓				↓	
$F_2: \underbrace{\frac{1}{4} Z_L Z_p}_{\frac{1}{4}}$	+	$\underbrace{\frac{1}{4} Z_p Z_p}_{\frac{1}{4}} + \underbrace{\frac{1}{4} Z_L W}_{\frac{1}{4}} + \underbrace{\frac{1}{4} Z_p W}_{\frac{1}{4}}$		$F_2: \underbrace{\frac{1}{4} KK}_{\frac{1}{4}}$	+	$\underbrace{\frac{2}{4} BK}_{\frac{2}{4}} + \underbrace{\frac{1}{4} BB}_{\frac{1}{4}}$

$\frac{1}{4}$ نر خال دار و خط دار — $\frac{1}{4}$ نر خال دار — $\frac{1}{4}$ ماده ی خط دار — $\frac{1}{4}$ ماده ی خال دار — $\frac{1}{4}$ کوتاه — $\frac{2}{4}$ متوسط — $\frac{1}{4}$ بلند

$\frac{1}{2}$ از ماده‌های نسل دوم، خط دار هستند، هم‌چنین $\frac{1}{4}$ از ماده‌های نسل دوم، شاخک بلند هستند. بنابراین $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$ از ماده‌های نسل دوم، خط دار و شاخک‌بلند هستند.

۱۰- گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. $\frac{1}{2}$ از افراد نسل دوم $\left(\frac{1}{4} Z_p W + \frac{1}{4} Z_p Z_p\right)$، خال‌دار هستند، هم‌چنین $\frac{2}{4}$ از افراد نسل دوم، شاخک متوسط هستند. بنابراین $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ از افراد نسل دوم، خال‌دار و شاخک متوسط می‌باشد.

۱۱- گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. احتمال داشتن پسری با گروه خونی A، $\frac{۱}{۴}$ است، از طرفی احتمال تولد فرزند پسر $\frac{۱}{۲}$ است، بنابراین احتمال تولد فرزندی با گروه‌خونی A، $\frac{۱}{۲}$ است. در این‌صورت باید ژنوتیپ والدین را به گونه‌ای در نظر بگیریم که احتمال تولد فرزندی با گروه خونی A، برابر $\frac{۱}{۲}$ باشد. برای مادر که گروه خونی A دارد، دو ژنوتیپ I^AI^A و I^Ai قابل تصور است. حال با توجه به این دو ژنوتیپ باید ببینیم که با چه ژنوتیپ‌هایی از پدر، احتمال تولد فرزندی با گروه‌خونی A، $\frac{۱}{۲}$ است:

مادر $(I^Ai\ ,\ I^AI^A)$ × پدر $(I^AI^A\ ,\ I^Ai\ ,\ I^BI^B, I^Bi\ ,\ I^AI^B\ ,\ ii)$

حالت اول: اگر ژنوتیپ مادر را I^AI^A فرض کنیم، از بین ۶ نوع ژنوتیپ ممکن برای پدر، تنها دو نوع ژنوتیپ $(I^AI^B\ ,\ I^Bi)$ با این شرط مطابقت دارد:

$$I^AI^A \times I^Bi \rightarrow \frac{۱}{۲}I^AI^B + \frac{۱}{۲}I^Ai$$

$$I^AI^A \times I^AI^B \rightarrow \frac{۱}{۲}I^AI^A + \frac{۱}{۲}I^AI^B$$

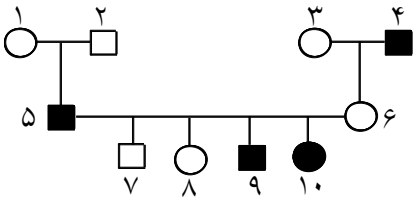
حالت دوم: اگر ژنوتیپ مادر را I^Ai فرض کنیم، از بین ۶ نوع نوع ژنوتیپ ممکن برای پدر، دو ژنوتیپ $(I^AI^B\ ,\ ii)$ می تواند با احتمال $\frac{۱}{۲}$ فرزندی با گروه خونی A ایجاد کند:

$$I^Ai \times I^AI^B \rightarrow \frac{۱}{۴}I^AI^A + \frac{۱}{۴}I^AI^B + \frac{۱}{۴}I^Bi + \frac{۱}{۴}I^Ai$$

$$I^Ai \times ii \rightarrow \frac{۱}{۲}I^Ai + \frac{۱}{۲}ii$$

بنابراین اگر هر دو حالت را در نظر بگیریم، سه ژنوتیپ برای پدر قابل قبول خواهد بود $(ii\ ,\ I^AI^B\ ,\ I^Bi)$

۱۲- گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. فرد شماره‌ی (۱) قطعاً دارای ژن هموفیلی، ولی سالم است، چون پسر بیمار (۵)، کروموزوم X حاوی الل هموفیلی را از مادر خود (شماره‌ی ۱) دریافت کرده است.



۱۳- گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. اکر هر سه الل هم‌توان باشند، در این‌صورت ۶ نوع ژنوتیپ و ۶ نوع فنوتیپ خواهیم داشت.

۱۴- گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. صفت طول بال دارای الگوی اتوزومی و غالب ناقص است. رنگ بال، یک صفت وابسته به جنس است و رنگ سبز بر قهوه‌ای غلبه دارد.

(B = بال بلند , K = بال کوتاه , G = بال سبز و g = بال قهوه ای)

ماده بال کوتاه نر بال بلند

$$P: BB \times KK$$

$$F_1: BK \times BK$$

$$F_2: \underbrace{\frac{1}{4}BB}_{\frac{1}{4}\text{ بال بلند}} + \underbrace{\frac{2}{4}BK}_{\frac{2}{4}\text{ بال متوسط}} + \underbrace{\frac{1}{4}KK}_{\frac{1}{4}\text{ بال کوتاه}}$$

ماده بال سبز نر بال قهوه ای

$$P: X_gO \times X_GX_G$$

$$F_1: \frac{1}{2}X_GX_g + \frac{1}{2}X_GO$$

$$F_2: \underbrace{\frac{1}{4}X_GX_G}_{\frac{1}{4}\text{ ماده بال سبز}} + \underbrace{\frac{1}{4}X_GO}_{\frac{1}{4}\text{ نر بال سبز}} + \underbrace{\frac{1}{4}X_GX_g}_{\frac{1}{4}\text{ ماده بال سبز}} + \underbrace{\frac{1}{4}X_gO}_{\frac{1}{4}\text{ نر بال قهوه ای}}$$

$\frac{1}{4}$ از افراد F_2، بال کوتاه و $\frac{1}{4}$ بال قهوه‌ای هستند. بنابراین $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ از افراد F_2، بال کوتاه و قهوه‌ای خواهند داشت.

۱۵- گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. همه‌ی $\binom{1}{1}$ ماده‌های نسل دوم، بال سبز هستند. هم‌چنین $\frac{2}{4}$ از ماده‌های نسل دوم، بال متوسط هستند. بنابراین $\frac{1}{1} \times \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ از ماده‌های F_2، بال متوسط و سبز خواهند شد.

۱۶- گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. اگر به شکل کروموزوم X در فصل دوم کتاب پیش‌دانشگاهی دقت کنید، در می‌یابید که کام شکاف‌دار، یک بیماری وابسته به X است. از طرفی در صورت سوال اشاره شده که این بیماری مغلوب است، بنابراین مرد بیمار را به‌صورت X^aY و زن هتروزیگوس را به صورت X^AX^a نمایش می‌دهیم. دو بیماری کام شکاف‌دار و تالاسمی را می‌توانیم به‌صورت جدا از هم در نظر بگیریم، زیرا تالاسمی از نوع اتوزومی مغلوب است و ژن‌های این دو بیماری مستقل از هم تفکیک می‌شوند.

$$X^aY \times X^AX^a \rightarrow \underbrace{\frac{1}{4}X^aX^a}_{\frac{1}{4}\text{ از فرزندان دخترانی با کام شکاف دار هستند.}} + \frac{1}{4}X^AX^a + \frac{1}{4}X^aY + \frac{1}{4}X^AY$$

$$Cc \times Cc \rightarrow \frac{1}{4}CC + \frac{1}{2}Cc + \underbrace{\frac{1}{4}cc}_{\frac{1}{4}\text{ از فرزندان مبتلا به تالاسمی ماژور هستند}}$$

بنابراین:

$$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$$

۱۷- گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است.

۱۸- گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. چون در نسل اول، همه‌ی ملخ‌ها بال بلند و شاخک بلند شده‌اند، بنابراین بال بلند نسبت به بال کوتاه و شاخک بلند نسبت به شاخک کوتاه غالب است. از طرفی، در نسل دوم شاخک کوتاه فقط در نرها مشاهده شده است، در این گونه موارد که صفتی فقط در یکی از جنس‌ها مشاهده می‌شود، صفت مورد نظر حتماً وابسته به جنس است. بنابراین صفت طول شاخک وابسته به جنس اشت، اما صفت طول بال اتوزومی می‌باشد. با توجه به این توضحات آمیزش به‌صورت زیر است: (L = شاخک بلند , l = شاخک کوتاه , B = بال بلند , b = بال کوتاه)

$$P: BBX^{l}O \times bbX^{L}X^{L} \rightarrow F_{۱}: BbX^{L}O \times BbX^{L}X^{l}$$

چون صفات مستقل از هم هستند، می‌توانیم آن‌ها را جدا از هم در نظر بگیریم، بنابراین در $F_{۲}$ داریم:

$$Bb \times Bb \rightarrow \underbrace{\frac{۱}{۴}BB + \frac{۱}{۲}Bb}_{\frac{۳}{۴}} + \underbrace{\frac{۱}{۴}bb}_{\frac{۱}{۴}}$$

$\frac{۱}{۴}$ بال کوتاه $\frac{۳}{۴}$ افراد نسل دوم بال بلند هستند

$$X^{L}O \times X^{L}X^{l} \rightarrow \underbrace{\frac{۱}{۴}X^{L}X^{L} + \frac{۱}{۴}X^{L}X^{l}}_{\frac{۱}{۲}} + \underbrace{\frac{۱}{۴}X^{L}O}_{\frac{۱}{۴}} + \underbrace{\frac{۱}{۴}X^{l}O}_{\frac{۱}{۴}}$$

$\frac{۱}{۴}$ از $F_{۲}$ نر، شاخک کوتاه هستند. $\frac{۱}{۴}$ از $F_{۲}$ نر، شاخک بلند هستند. $\frac{۱}{۲}$ از افراد نسل دوم ماده ی شاخک بلند هستند.

بررسی هر چهار گزینه:

۱) $\frac{۱}{۴}$ افراد نسل دوم، بال کوتاه (bb) باشند.

۲) $\frac{۱}{۱۶}$ افراد نسل دوم، نرهای بال کوتاه و شاخک کوتاه هستند: $\frac{۱}{۴}(bb) \times \frac{۱}{۴}(X^{l}O) = \frac{۱}{۱۶}$

۳) $\frac{۳}{۸}$ افراد نسل دوم، ماده‌ی شاخک بلند و بال بلند هستند: $\frac{۳}{۴}(B\text{-}) \times \frac{۱}{۲}(X^{L}X^{l} + X^{L}X^{L}) = \frac{۳}{۸}$

۴) $\frac{۱}{۱۶}$ افراد نسل دوم، نرهای شاخک بلند و بال کوتاه هستند: $\frac{۱}{۴}(bb) \times \frac{۱}{۴}(X^{L}O) = \frac{۱}{۱۶}$

۱۹- گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است.

ژنوتیپ ها: $\left\{\begin{array}{l} \text{کوررنگی } (X^{c}Y \text{ یا } XY) \rightarrow ۲ \\ \text{گروه خونی} \rightarrow ۶ \\ Rh(RR\,,\,Rr \text{ یا } rr) \rightarrow ۳ \end{array}\right\} \Rightarrow ۲ \times ۶ \times ۳ = ۳۶$

فنوتیپ ها: $\left\{\begin{array}{l} \text{کوررنگی} \rightarrow ۲ \\ \text{گروه خونی} \rightarrow ۴ \\ Rh(Rh^{+} \text{ یا } Rh^{-}) \rightarrow ۲ \end{array}\right\} \Rightarrow ۲ \times ۴ \times ۲ = ۱۶$