

گزینه ۲

۱

گویچه‌های قرمز متوسط عمر ۱۲۰ روزه دارند.

بررسی گزینه‌ها:

گزینه "۱": گلبول قرمز در فردی با گروه خونی AB می‌تواند دارای کربوهیدرات‌های A و B به صورت هم‌زمان باشد. (نه پروتئین‌های A و B).

گزینه "۲": گلبول قرمز دارای سیتوپلاسمی مملو از هموگلوبین (پروتئینی با ساختار چهارم) است.

گزینه "۳": گلبول قرمز بالغ در خون فاقد هسته است و عمل رونویسی از ژن‌های هسته‌ای در آن انجام نمی‌شود.

گزینه "۴": گلبول قرمز در انسان و بسیاری از پستانداران هسته و "بیشتر" اندامک‌های خود را از دست می‌دهد (نه فاقد اندامک).

گزینه ۳

۲

این زن از نظر کم‌خونی داسی‌شکل دارای ژن‌نمود ناخالص است. در مرحلهٔ متافاز میتوز برای این صفت ۴ دگره مشاهده می‌شود و در مرحلهٔ متافاز میوز ۲، دو دگره مشاهده می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": در اووسیت اولیه، کروموزوم‌ها مضاعف شده هستند و در نتیجه ۴ نسخه از دگره برای صفت هموفیلی مشاهده می‌شود.

گزینه "۲": یاخته‌های ماهیچه‌های اسکلتی چند هسته‌ای هستند و بیش از دو دگره برای صفت کم‌خونی داسی‌شکل دارند. یاخته‌های عضلهٔ قلبی می‌توانند دو هسته‌ای باشند.

گزینه "۴": گویچه‌های قرمز نابالغ موجود در مغز قرمز بسیاری از استخوان‌ها، دارای هسته هستند و برای صفات دگره دارند.

اگر دگره سفید را با W، دگره قرمز را با R و دگره زرد را با Y نشان دهیم، هرگاه گل قرمز که از آمیزش با یک گیاه گل سفید (WW)، قادر به ایجاد گیاهی گل سفید باشد، دارای دگره W است و ژن نمودش RW است. در صورت آمیزش این گیاه با یک گیاه گل زرد ناخالص (YW)، گیاهان حاصل می‌توانند ژن‌نمودهای YW، RW، RY و WW را دارا باشند که هیچ‌یک مربوط به گیاه گل زرد خالص نیست.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": هر گیاه گل زرد که از آمیزش با یک گیاه گل سفید (WW)، قادر به ایجاد گیاهی گل سفید باشد، دارای دگره W است و ژن نمودش YW است. در صورت آمیزش این گیاه با یک گیاه گل قرمز ناخالص (RW یا RY)، گیاهان حاصل می‌توانند دارای ژن‌نمودهای YW، RY، YY، RW باشند که ژن نمود YW مربوط به گیاه گل زرد ناخالص است.

گزینه "۳": هر گیاه گل قرمز که از آمیزش با یک گیاه گل سفید (WW)، قادر به ایجاد گیاهی گل سفید نباشد، فاقد دگره W است و ژن نمودش RR یا RY است. در صورت آمیزش این گیاه با یک گیاه گل زرد خالص (YY)، گیاهان حاصل می‌توانند ژن نمود RY یا ژن نمودهای RY و YY را دارا باشند که YY مربوط به گیاه گل زرد است.

گزینه "۴": هر گیاه گل زرد که از آمیزش با یک گیاه گل سفید (WW)، قادر به ایجاد گیاهی گل سفید نباشد، فاقد دگره W است و ژن نمودش YY است. در صورت آمیزش این گیاه با یک گیاه گل قرمز خالص (RR)، گیاهان حاصل تنها دارای ژن نمود RY و رخ نمود گل‌های قرمز هستند.

صفت مربوط به رنگ در این نوع ذرت، دارای سه جایگاه ژنی است که هر جایگاه دارای دو آلل با رابطهٔ بارز و نهفتگی نسبت به همدیگر می‌باشند. در رابطه با این صفت هرچه تعداد آلل‌های بارز در این ذرت‌ها بیشتر باشد، رنگ آن‌ها قرمزتر شده و هرچه تعداد آلل‌های نهفته در آن‌ها بیشتر باشد، رنگ ذرت‌ها به سفید نزدیک‌تر می‌شود، بنابراین در این نوع ذرت‌ها ژنوتیپ AABBCc، قرمزترین ذرت را ایجاد می‌کند و ژنوتیپ aabbcc، سفیدترین ذرت را به وجود می‌آورد.

بررسی گزینه‌ها:

گزینه "۱": وقتی می‌گوییم یک ذرت کمتر از یک آلل نهفته برای این صفت داشته باشد، یعنی اینکه همهٔ آلل‌های آن از نوع بارز باشند، پس در چنین شرایطی رنگ ذرت‌ها، قرمزترین حالت ممکن خواهد بود. (درست)

گزینه "۲": وقتی می‌گوییم یک ذرت کمتر از دو آلل بارز داشته باشد، یعنی یا یک آلل بارز داشته باشد یا همهٔ آلل‌های آن، نهفته باشند. برای حالت اول، سه نوع ژنوتیپ و برای حالت دوم، یک نوع ژنوتیپ ممکن خواهد بود، پس در این حالت در مجموع چهار نوع ژنوتیپ قابل انتظار است. (نادرست)

گزینه "۳": زمانی رنگ ذرت‌ها دقیقاً حد واسطی بین سفیدترین و قرمزترین حالت ممکن خواهد بود که آن ذرت دقیقاً سه آلل بارز داشته باشد و سه آلل نهفته، نه اینکه آن ذرت کمتر از سه آلل نهفته داشته باشد. (نادرست)

گزینه "۴": اینکه می‌گوییم یک ذرت کمتر از یک آلل بارز داشته باشد، یعنی اینکه همهٔ آلل‌های آن، نهفته باشند. در این حالت فقط یک نوع ژنوتیپ برای آن ذرت وجود خواهد داشت، اما در فنوتیپ حد واسط (قلهٔ منحنی زنگوله‌ای شکل) که بیشترین فراوانی را دارد، هفت نوع ژنوتیپ مختلف برای ذرت‌ها قابل انتظار است. (نادرست)

برای مرد ژنوتیپ‌های AO و AA و برای زن ژنوتیپ‌های BO و BB را می‌توان در نظر گرفت. در همه این حالات، این امکان وجود دارد که مرد یکی از دگره‌های A خود را به اشتراک بگذارد و زن هم یکی از دگره‌های B خود را به نسل بعد منتقل کند و فرزند با گروه خونی AB متولد شود، بنابراین در همه حالات، تولد فرزندی با گروه خونی AB در این خانواده، قابل انتظار است. (قابل انتظار است نه اینکه لزوماً متولد شود)

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۲": در صورتی که آمیزش به صورت  $AO \times BO$  باشد، این امکان وجود دارد که هر دو والد دگره‌های O خود را به نسل بعد منتقل کنند و فرزندی با گروه خونی O متولد شود، پس این مورد می‌تواند در یک حالت قابل انتظار باشد.

گزینه "۳": در صورتی که مرد دارای ژنوتیپ AA باشد، هیچ‌گاه فرزندی با گروه خونی B نخواهد داشت.

گزینه "۴": در صورتی که زن ژنوتیپ BO داشته باشد و دگره O خود را به نسل بعد منتقل کند، و مرد هم دگره A را به نسل بعد منتقل کند؛ امکان تولد فرزندی با ژنوتیپ AO و گروه خونی A وجود دارد.

افرادی که از آمیزش والدینی با گروه‌های خونی  $AB^+$  و  $A^+$  متولد می‌شوند، می‌توانند گروه‌های خونی B، A و AB داشته باشند، همچنین از نظر گروه خونی Rh نیز می‌توانند گروه خونی مثبت یا منفی داشته باشد. فارغ از این مسائل، دقت داشته باشید که گویچه‌های قرمز موجود در جریان خون، هسته خود را از دست داده‌اند و فاقد ژن و کروموزوم درون هسته هستند.

موارد "ب" و "ج" عبارت را به درستی تکمیل می‌کند.

دگره‌های گروه خونی ABO بر روی کروموزوم شماره ۹ قرار می‌گیرند.

بررسی موارد:

الف) گروه خونی فردی که دارای دو دگره نهفته برای گروه خونی ABO می‌باشد، O می‌باشد. اگر ژنوتیپ مادر به صورت AA باشد، فرزندی با گروه خونی مشابه پدر (O) متولد نمی‌شود. (نادرست)

ب) گروه خونی مردی که دارای یک دگره نهفته برای گروه خونی ABO است، A یا B ناخالص ( $I^B i$  یا  $I^A i$ ) می‌باشد. در این صورت اگر گروه خونی مادر O باشد، قطعاً امکان تولد فرزندی با گروه‌های خونی A، B و O وجود دارد. (درست)

ج) گروه خونی مردی که دارای دو دگره بارز برای گروه خونی ABO است، A یا B خالص ( $I^A I^A$  یا  $I^B I^B$ ) و یا AB می‌باشد که اگر گروه خونی مادر AB باشد قطعاً در همه حالات امکان تولد فرزندی با گروه خونی مشابه والدین وجود دارد. (درست)

د) ژنوتیپ مرد می‌تواند به صورت AO یا BO باشد. اگر ژنوتیپ مادر BB باشد و ژنوتیپ پدر AO باشد، گروه خونی هیچ‌یک از فرزندان مشابه پدر نخواهد بود. (نادرست)

گل میمونی صورتی، ژنوتیپ RW دارد. زمانی که گل RW و RW آمیزش انجام دهند، ژنوتیپ رویان نیز می‌تواند RW و فنوتیپ آن صورتی باشد. دقت داشته باشید که در ژنوتیپ آندوسپرم، دو الل مشابه اللی هست که در سلول تخم‌زا نیز وجود دارد و الل دیگر، مشابه الل دانه گرده است. بنابراین، اگر یاخته تخم‌زا الل W و دانه گرده الل R داشته باشد، ژنوتیپ آندوسپرم باید دو الل W وجود داشته باشد و ژنوتیپ آندوسپرم به صورت RWW است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": گل قرمز (مربوط به دانه گرده)، ژنوتیپ RR و گل سفید (مربوط به کلاله) ژنوتیپ WW دارد. برای این آمیزش ژنوتیپ قابل انتظار برای درون دانه RWW است نه RRW.

گزینه "۳": گل سفید، ژنوتیپ WW و گل صورتی، ژنوتیپ RW دارد. برای اینکه رویان فنوتیپ صورتی داشته باشد، دانه گرده الل W و یاخته تخم‌زا الل R باید داشته باشد. در این حالت، آندوسپرم ژنوتیپ RRW خواهد داشت.

گزینه "۴": ژنوتیپ گل صورتی، RW و گل سفید، WW است. برای اینکه رویان فنوتیپ صورتی داشته باشد، دانه گرده الل R و یاخته تخم‌زا الل W باید داشته باشد. در این حالت، آندوسپرم ژنوتیپ RWW خواهد داشت.

از آمیزش ذرت‌های ذکرشده در صورت سؤال (با کمک مربع پانت)، ذرت ایجادشده دارای ژنوتیپ AABbcc است. این ذرت دارای ۳ دگره رنگ قرمز می‌باشد (B, A, A). برای پاسخ به این سؤال باید تعداد دگره‌های قرمز هریک از گزینه‌ها را بشماریم و در نهایت گزینه مناسب را انتخاب کنیم:

گزینه "۱": تعداد دگره‌های رنگ قرمز در این گزینه، ۳ عدد می‌باشد (B, C, C) که این ژن‌نمود، شدت رنگ قرمزی که ایجاد می‌کند دارای بیشترین شباهت با ذرت حاصل از آمیزش در صورت سؤال است.

گزینه "۲": تعداد دگره‌های رنگ قرمز در این گزینه، ۵ عدد می‌باشد (A, A, B, B, C) که شدت رنگ قرمزی که این ژن‌نمود در گیاه ذرت می‌سازد، دارای بیشترین اختلاف با ژن‌نمود ذکرشده در گیاه ذرت حاصل از آمیزش در صورت سؤال است (لازم به ذکر است این ذرت دارای ۳ عدد دگره قرمز بود).

گزینه "۳": تعداد دگره‌های رنگ قرمز در این گزینه، ۴ عدد می‌باشد (A, A, B, C) که تنها یک دگره بیشتر از ذرت‌های حاصل از آمیزش موجود در صورت سؤال دارد و در بین گزینه‌ها، مورد مناسبی برای انتخاب نیست؛ زیرا ژن‌نمود ذکرشده در گزینه قبل، دارای ۲ عدد اختلاف با تعداد دگره‌های غالب سازنده رنگ قرمز در این گیاه است و طبیعتاً میزان شباهت کمتری با ذرت حاصل از آمیزش در صورت سؤال دارد.

گزینه "۴": تعداد دگره‌های رنگ قرمز در این گزینه ۲ عدد می‌باشد (A, B) و طبق توضیحات گزینه "۳"، مورد مناسبی برای انتخاب برای کمترین شباهت نیست؛ زیرا تنها یک عدد دگره رنگ قرمز کمتر از ذرت حاصل‌شده از آمیزش در صورت سؤال دارد.

باتوجه به اینکه فرزند وی دگره B را ندارد؛ پس هم پدر و هم فرزند، ناخالص هستند. (پدر BO و فرزند AO هستند). فرزند دگره O را از پدر و دگره A را از مادر خود گرفته است. از این نتیجه می‌گیریم که مادر این فرد به طور حتم دارای دگره A می‌باشد و در غشای گویچه‌های قرمز بالغ خود کربوهیدرات A را دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": ژنوتیپ پدر مشخص است (BO) اما ژنوتیپ مادر AO یا AA یا AB می‌تواند باشد.

گزینه "۲": باتوجه به اینکه ژنوتیپ مادر قابل تعیین نیست نمی‌توان چنین نظری داد، برای مثال اگر ژنوتیپ مادر AA باشد، در این خانواده هیچ‌گاه گروه خونی O دیده نمی‌شود.

گزینه "۴": برای مادر ژنوتیپ‌های AA، AB و AO قابل تصور است، پس تنها اگر گروه خونی مادر AB باشد صدق می‌کند.

در پیکر یک فرد سالم همواره یاخته‌های ماهیچه اسکلتی، چند هسته‌ای بوده و در نتیجه برای صفات تک‌جایگاهی این یاخته‌ها بیش از یک دگره دارند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": دقت کنید ژن‌های سیتوپلاسمی سلول‌های پیکر یک فرد، فقط از مادر فرد به ارث می‌رسند؛ زیرا طبق شکل زیست‌شناسی ۲، فقط سر اسپرم به درون تخمک وارد می‌شود و سایر بخش‌های اسپرم وارد تخمک نمی‌شوند.

گزینه "۲": درباره یک صفت چند جایگاهی صادق نیست، زیرا این صفات ممکن است بیش از دو دگره در یاخته داشته باشند.

گزینه "۴": مثلاً دوقلوهای همسان ایجاد شده از یک یاخته تخم مشترک، به علت اثر عوامل محیطی می‌توانند علی‌رغم داشتن ژن‌های کاملاً یکسان (ژنوتیپ یکسان)، فنوتیپ‌های مختلفی داشته باشند؛ به‌عنوان مثال صفت مربوط به اثر انگشت تحت اثر محیط قرار دارد.

علت بروز PKU، اختلال در ژنی است که آنزیم تجزیه‌کننده فنیل‌آلانین را رمز می‌کند. تجمع این آمینواسید در بدن فرد رخ داده که منجر به تولید ترکیبات خطرناک و در نهایت منجر به آسیب مغزی می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": در بیماری PKU می‌توان با تغییر عوامل محیطی و حذف فنیل‌آلانین از رژیم غذایی، از بروز اثر ژن معیوب جلوگیری کرد و به این ترتیب بیماری را مهار (نه درمان) نمود.

گزینه "۳": دقت کنید تجمع ترکیبات خطرناک ناشی از تجمع آمینواسید در بدن باعث آسیب مغزی می‌شود؛ نه خود آمینواسید به صورت مستقیم.

گزینه "۴": طبق جمله کتاب رژیم غذایی فرد در سنین بالاتر باید فاقد (یا کم) فنیل‌آلانین باشد.

یاخته‌های هاپلوئید درون کیسه گرده از میوز یاخته زاینده به وجود آمده‌اند. در درون کیسه گرده نارس چهار یاخته وجود دارد که دو یاخته دارای ال R و دو یاخته دارای ال W هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": در گل میمونی در لوله گرده دو اسپرم از تقسیم میتوز یاخته زایشی به وجود می‌آیند که همواره دارای ژنوتیپ مشابهی با یکدیگر هستند، چراکه از تقسیم میتوز به وجود آمده‌اند.

گزینه "۲": یاخته‌های کیسه رویانی در پی تقسیمات میتوزی یک یاخته به وجود می‌آیند. این یاخته‌ها نیز دارای ژنوتیپ مشابهی با یکدیگر هستند.

گزینه "۴": دانه گرده رسیده از تقسیم میتوز یکی از یاخته‌های دانه گرده نارس ایجاد می‌شوند؛ بنابراین یاخته‌های درون دانه گرده رسیده نیز همگی دارای ژنوتیپ مشابهی هستند.

در نوزادان و کودکان سالم، ارتباط بین مغز و نخاع آن‌ها کامل نشده است. گامت‌ها، یاخته‌های ارتباط‌دهنده میان نسل‌های مختلف هستند که با تقسیم میوز ایجاد می‌شوند. افراد نابالغ توانایی انجام تقسیم میوز ندارند (رد گزینه "۱"). اطلاعات وراثتی در هسته یاخته‌ها در بخش دنا قرار دارد. گویچه‌های قرمز بالغ موجود در خون، هسته خود را از دست داده‌اند و فاقد دنا هستند (رد گزینه "۳"). یاخته‌های اسپرماتوسیت اولیه توانایی انجام تقسیم میوز (تشکیل تتراد و ساختار چهار کروماتیدی) دارند، اما در خارجی‌ترین بخش دیواره لوله‌های اسپرم‌ساز نیستند (رد گزینه "۴").  
 دقت کنید گویچه‌های قرمز بالغ هر فردی دارای تعدادی پروتئین یاخته‌ای مانند کربنیک انیدراز است. (تأیید گزینه "۲").

در این سؤال، ال‌های فنیل کتونوری را با حروف F و f نشان می‌دهیم. دقت داشته باشید که فنیل کتونوری یک بیماری نهفته است و ال f، ال بیماری‌زا محسوب می‌شود و افراد دارای ژنوتیپ ff بیمار هستند. برای حل سؤال، ابتدا باید ژنوتیپ پدر و مادر را مشخص کنیم.

پدر از نظر فنیل کتونوری سالم است و حداقل یک ال F دارد و گروه خونی AB نیز دارد و ژنوتیپ آن برای این صفت، AB است. مادر فاقد کربوهیدرات‌های گروه خونی ABO است و گروه خونی O دارد. بنابراین، ژنوتیپ آن برای این صفت، aa است. مادر پروتئین D را نیز ندارد و گروه خونی Rh منفی است و بنابراین، ژنوتیپ dd دارد. همچنین مادر مبتلا به فنیل کتونوری است و نمی‌تواند آنزیم تجزیه‌کننده فنیل‌آلانین را بسازد و ژنوتیپ ff دارد.

دختر خانواده مبتلا به هموفیلی است و ژنوتیپ  $X^hX^h$  دارد. دختر یک کروموزوم X را از پدر و کروموزوم دیگر را از مادر گرفته است.

پس پدر دارای ژنوتیپ  $X^hY$  است و مادر نیز یک ال  $X^h$  دارد. دختر مبتلا به فنیل کتونوری است و ژنوتیپ ff دارد؛ بنابراین یک ال f از پدر و یک ال f از مادر گرفته است، پس پدر نیز ال f را دارد و ژنوتیپش برای فنیل کتونوری، Ff است. دختر گروه خونی مثبت نیز دارد. می‌دانیم که مادر فقط ال d گروه خونی Rh را دارد و بنابراین، ال d را به دختر خود منتقل می‌کند، پس دختر ال D را از پدر خود دریافت کرده است و پدر یک ال D دارد.

پسر از نظر هموفیلی سالم است و ال  $X^H$  را از مادر خود دریافت کرده است. گفتیم که مادر یک ال  $X^h$  نیز دارد؛ بنابراین، ژنوتیپ مادر برای هموفیلی  $X^HX^h$  است. پسر گروه خونی منفی و ژنوتیپ dd دارد و یک ال d از پدر و یک ال d از مادر گرفته است، پس پدر علاوه بر ال D، ال d نیز دارد و ژنوتیپش Dd است.

پس در مجموع، ژنوتیپ پدر به صورت  $X^hY AB Dd Ff$  و ژنوتیپ مادر به صورت  $X^HX^h OO dd ff$  است. ببینیم که چه فنوتیپ‌هایی برای هر صفت قابل انتظار است:

فنیل کتونوری (PKU): فرزندان حاصل از آمیزش افراد Ff و ff، ژنوتیپ ff یا Ff خواهند داشت. بنابراین، بعضی از فرزندان می‌توانند بیمار باشند و دارای محدودیت در تغذیه از شیر مادر یا عقب‌ماندگی ذهنی باشند.

گروه خونی Rh: فرزندان حاصل از آمیزش فرد Dd و dd، ژنوتیپ dd یا Dd خواهند داشت. بنابراین، بعضی از فرزندان گروه خونی مثبت و بعضی دیگر گروه خونی منفی دارند.

گروه خونی ABO: فرزندان حاصل از آمیزش فرد AB و O، ژنوتیپ AO یا BO خواهند داشت. بنابراین، فرزندان گروه خونی A یا B دارند و همگی فقط یک کربوهیدرات گروه خونی را دارند. پس گزینه "۴" نادرست است.

هموفیلی: پدر به همه دختران ال  $X^h$  را می‌دهد. مادر به دختران ال  $X^H$  یا  $X^h$  را منتقل می‌کند، پس بعضی از دختران سالم و بعضی بیمار می‌شوند. مادر به پسران نیز ال  $X^H$  یا  $X^h$  را انتقال می‌دهد و بعضی از پسران سالم و بعضی دیگر بیمار می‌شوند.

درحالتی که ژنوتیپ آندوسپرم فقط یک دگره نهفته داشته باشد، در این دانه به طور حتم این دگره نهفته مربوط به گامت‌های نر است، پس اگر ژنوتیپ آندوسپرم دارای یک دگره نهفته باشد، خود رویان نیز به طور حتم دارای یک دگره نهفته خواهد بود. پس فنوتیپ این دانه مشابه دانه‌هایی نظیر AABBCc است که یک دگره نهفته دارند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۲": اگر دو دگره نهفته در ژنوتیپ آندوسپرمی نظیر AaaBBBCCC دیده شود. ژنوتیپ رویان به شکل AaBBCC خواهد بود. این دانه دارای فنوتیپی مشابه دانه‌هایی با یک دگره نهفته است. پس این گزینه غلط می‌باشد.

گزینه "۳": آندوسپرمی با ژنوتیپ aaaBBBCCC را در نظر بگیرید. در این دانه، رویان aaBBCC خواهد بود. چنین دانه‌ای رنگی مشابه دانه‌هایی با دو دگره نهفته خواهد داشت.

گزینه "۴": آندوسپرم مورد نظر اگر ژنوتیپی مشابه aaaBBbCCC داشته باشد، ژنوتیپ رویان aaBbCC خواهد بود. در چنین حالتی، فنوتیپ رویان شبیه دانه‌هایی با سه دگره نهفته است. یکی از حالت‌های دیگر هم می‌تواند آندوسپرمی با ژنوتیپ AaaBbbCCC (رویان: AaBbCC) باشد که در این صورت دانه فنوتیپی مشابه دانه‌هایی با دو دگره نهفته خواهد بود.

ابتدا به تعیین ژنوتیپ والدین می‌پردازیم. از آنجاکه از آمیزش والدینی با موهای صاف و فر، دختری با موهای موج‌دار (حالت حد واسط) متولد شده است، می‌توان فهمید که دگره‌های صفت حالت مو دارای رابطهٔ بارزیت ناقص هستند. اگر این صفت نوعی صفت مستقل از جنس بود، تمامی فرزندان باید موهای موج‌دار می‌داشتند اما می‌بینیم که پسری با موهای صاف متولد شده است؛ بنابراین صفت حالت مو نوعی صفت وابسته به جنس است. اگر دگرهٔ موهای صاف را S و موهای فر را W در نظر بگیریم، ژن‌نمود والدین از نظر صفت حالت مو و گروه خونی به صورت زیر خواهد بود:

مادر:  $X^S X^S Dd$  پدر:  $X^W Y dd$

باتوجه به ژن‌نمود والدین می‌توان متوجه شد که تمامی پسران این خانواده موهای صاف خواهند داشت، بنابراین امکان تولد پسری با ژنوتیپ مشابه پدر وجود نخواهد داشت.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": در غشای گویچه‌های قرمز و به طور کلی همهٔ یاخته‌ها، پروتئین‌های زیادی (بدون در نظر گرفتن پروتئین D) وجود دارد، بنابراین هیچ‌گاه امکان تولد فرزندی سالم فاقد پروتئین در غشای یاخته‌های خود وجود نخواهد داشت.

گزینه "۲": اگر دگرهٔ d از مادر و یکی از دگره‌های d از پدر به فرزند برسد، می‌تواند گروه خونی مشابه با پسر خانواده (گروه خونی منفی) داشته باشد.

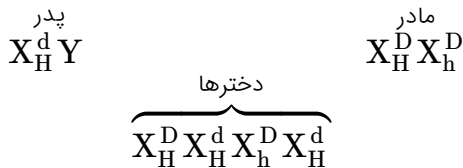
گزینه "۳": باتوجه به ژن‌نمود والدین می‌توان متوجه شد که تمامی دختران این خانواده دارای موهای موج‌دار خواهند بود، بنابراین هیچ دختری نمی‌تواند فنوتیپ مشابه با مادر خود داشته باشد.

پدر دارای دگره بیماری دیستروفی است ولی دگره هموفیلی را ندارد، از طرفی بر روی یکی از کروموزوم‌های مادر دگره مربوط به هموفیلی وجود دارد و بر روی دیگری دگره هموفیلی وجود ندارد (مادر ناقل است) در صورتی که مادر دگره سالم از نظر هموفیلی را به فرزندان پسر خود منتقل کند، این افراد از نظر این صفت سالم خواهند بود.  
 بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": هیچ‌گاه در این خانواده دختر هموفیل متولد نخواهد شد.

گزینه "۲": امکان ندارد، چون دگره بیماری (نهفته) هموفیلی و دیستروفی بر روی یک کروموزوم مادر این خانواده قرار ندارد. (درواقع مادر دگره نهفته دیستروفی را ندارد).

گزینه "۳": اگر دقت کنید خواهید فهمید که همه دختران این خانواده دگره نهفته دیستروفی را از پدر دریافت خواهند کرد.



ابتدا به تعیین ژنوتیپ والدین خانواده می‌پردازیم. از آنجاکه از مادری سالم، پسری کوررنگ متولد شده است، پس ژنوتیپ مادر برای کوررنگی ناخالص است.  $(X^T X^t)$  همچنین از آنجایی که فرزندی فاقد کربوهیدرات گروه خونی (دارای گروه خونی O) دارند، هر دو والد دارای ژنوتیپ ناخالص گروه خونی هستند، پس ژنوتیپ پدر و مادر خانواده به ترتیب  $I^A i X^T X^t$  و  $I^B i X^t Y$  می‌باشد. اگر گروه خونی دختری در این خانواده بخواند مشابه پدر (گروه خونی B) و تنها دارای یک نوع دگره گروه خونی باشد (گروه خونی B خالص باشد) و تولد چنین فرزندی ممکن نیست.  
 بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": از آنجایی که ژنوتیپ مادر برای صفت کوررنگی ناخالص است، اگر دگره سالم به فرزند پسر آن منتقل شود، امکان تولد پسر سالم وجود دارد، از طرفی اگر برای صفت گروه خونی از پدر و مادر به ترتیب دگره‌های  $I^A$  و  $I^B$  منتقل شوند، امکان تولد فرزندی با دو نوع کربوهیدرات گروه خونی نیز وجود دارد.

گزینه "۳": تمام دخترانی که در این خانواده متولد می‌شوند دارای دگره کوررنگی هستند. از طرفی اگر برای صفت گروه خونی از پدر و مادر به ترتیب دگره‌های  $I^A$  و  $I^B$  منتقل شوند، گروه خونی فرزند AB خواهد بود که متفاوت با سایر اعضای خانواده است.

گزینه "۴": اگر دگره بیمار از مادر به فرزند پسر منتقل شود، پسر ژنوتیپی مشابه پدر برای کوررنگی خواهد داشت. از طرفی اگر دو دگره از والدین به فرزند منتقل شود، می‌تواند دارای دو دگره یکسان گروه خونی باشد.



الف) سلول اسپرم گیاه نهان دانه همانند سلول رویشی هاپلوئید بوده و در پی تقسیمات میتوزی یک یاخته اولیه ایجاد شده‌اند، پس ژنوتیپ سلول رویشی مشابه اسپرم گیاه است. اما دقت کنید نحوه قرارگیری دگره‌ها بر روی کروموزوم‌ها می‌تواند متفاوت با شکل B باشد. مثلاً ممکن است سلول برای این صفت دو کروموزوم داشته باشد که بر روی یک کروموزوم دو دگره a و B و بر روی کروموزوم دیگر دو دگره N و m قرار داشته باشد. (نادرست)

ب) سلول تخم‌زا اگر مشابه شکل A باشد، در واقع سلولی دیپلوئید (2n) می‌باشد و برای این صفت ۶ دگره دارد. سلول‌های احاطه‌کننده کیسه رویانی، همان باقی‌مانده بفت خورش هستند که عدد کروموزومی این یاخته‌ها دو برابر تخم‌زا می‌باشد و این سلول‌ها تتراپلوئید (4n) هستند و در نتیجه ۱۲ دگره برای این صفت دارند. (درست)

ج) ژنوتیپ رویان دانه تک‌لپه به صورت AaBbMmNn می‌باشد. بفت ذخیره دانه در تک‌لپه‌ای‌ها، آندوسپرم است و در این گیاه مورد سؤال، یاخته‌های آندوسپرم تریپلوئید بوده و مطابق داده شکل سؤال (ساختار کروموزومی و اینکه هیچ قطعه‌ای بین کروموزوم‌ها جابه‌جا نمی‌شود) می‌توان صرفاً دو نوع ژنوتیپ AAaBBbMMmNnn و AaaBbbMmmNnn برای این یاخته‌ها تصور کرد. واضح است در حالت دوم ۸ دگره نهفته مشاهده می‌شود. (نادرست)

د) سرلاد بین دسته‌جات آوندی همان سرلاد پسین آوندساز است. این سرلاد مخصوص رشد پسین است و گیاهان دولپه رشد پسین دارند؛ در صورتی‌که طبق فرض سؤال گیاه موردنظر در این سؤال، تک‌لپه است و اصلاً سرلاد پسین و رشد پسین ندارد. (نادرست)

در صورتی‌که مردی مبتلا به نوعی بیماری مستقل از جنس، بارز و دارای ژن‌نمود خالص برای آن باشد، نمی‌تواند صاحب فرزندی سالم از نظر این بیماری شود؛ بنابراین می‌توان گفت جایگاه ژنی آن برخلاف هموفیلی که نوعی بیماری وابسته به جنس است، در یکی از فام‌تن‌های غیرجنسی قرار دارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": از آنجاکه هموفیلی نوعی صفت وابسته به جنس و نهفته است، تنها در زنانی با ژن‌نمود خالص دیده می‌شود؛ اما در بیماری‌های بارز، در صورتی‌که فرد حداقل یک دگره آن بیماری را داشته باشد، به بیماری مبتلا می‌شود؛ پس این بیماری در زنان با ژن‌نمود ناخالص نیز دیده می‌شود.

گزینه "۲": از آنجاکه فنیل کتونوری نوعی بیماری نهفته است، می‌تواند از پدر و مادری سالم به فرزندان منتقل شود؛ اما در بیماری‌های مستقل از جنس و بارز، برای آنکه بیماری بتواند به فرزندان منتقل شود، حداقل یکی از والدین باید دارای دگره آن بیماری و به آن بیماری مبتلا باشد.

گزینه "۴": در بیماری‌هایی که بارز هستند، در صورتی‌که فرد حداقل یک دگره بیماری را داشته باشد، به بیماری مبتلا می‌شود و نمی‌تواند رخ‌نمود سالم داشته باشد.

در رشته الگو از یک ژن، بخش‌هایی که با رنای پیک بالغ حاصل از ژن مکمل هستند را اگزون می‌نامند. از آنجایی‌که حاصل رونویسی از این ژن رنای پیک است، بیان آن به رونویسی ختم نشده و لازم است تا رنای پیک ترجمه شود.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": ژن‌ها اگر روی کروموزوم‌های غیرجنسی باشند، انتقال اطلاعات و صفت‌های مربوط به آن‌ها مستقل از جنس خواهد بود. گزینه "۲": در مجاورت اگزون‌ها، توالی اینترون قرار دارد. دقت کنید که اینترون هرگز حذف نمی‌شود؛ بلکه رونوشت آن‌ها از رنا حذف می‌شود.

گزینه "۳": تعیین کربوهیدرات‌های مربوط به گروه خونی (ABO) غشاء گویچه قرمز به حضور یا فقدان دو آنزیم A و B وابسته است. یک ژن به‌تنهایی نمی‌تواند ساخت دو آنزیم مختلف را کنترل کند.

بیماری ژنتیکی که تنها از پدر بیمار به تمام پسرها می‌تواند منتقل شود و روی کروموزوم فاقد همتا قرار داشته باشد (یا X یا Y)، فقط مربوط به Y است.

بررسی گزینه‌ها:

گزینه "۱": در هر پسر تنها یک کروموزوم Y وجود دارد؛ بنابراین نمی‌تواند حالت ناقل این بیماری در یک پسر وجود داشته باشد.

گزینه "۲": اسپرم‌ها سلول‌های هسته‌داری هستند که در بعضی از آن‌ها کروموزوم Y دیده نمی‌شود.

گزینه "۳": کروموزوم Y این فرد دارای الی بیماری است؛ در نتیجه این کروموزوم Y از پدر آمده است و پدر به‌طور حتم دارای این بیماری است (با فرض اینکه احتمال جهش صفر باشد).

گزینه "۴": این فرد تنها یک الی از این ژن روی کروموزوم‌های Y خود دارد؛ در نتیجه چه الی بارز باعث بیماری شود، چه الی نهفته، در هر صورت بیماری بروز می‌کند.

باتوجه به توضیحات صورت سؤال، مرد طاس، Bb یا BB خواهد بود و زن طاس، BB است. در نتیجه ازدواج این دو فرد، فرزندان پسر ممکن است Bb یا BB باشند که همگی طاس هستند. (تأیید گزینه "۲")

در این خانواده، امکان تولد دختران BB نیز وجود دارد و به همین دلیل برخی فرزندان طاس در این خانواده ممکن است دختر باشند. (رد گزینه "۴")

گزینه‌های "۱" و "۳": باتوجه به توضیحات صورت سؤال، مرد طاس، Bb یا BB خواهد بود و زن غیر طاس، Bb یا bb است. در نتیجه ازدواج مرد طاس (BB) و زن غیر طاس (Bb)، امکان تولد دخترانی با ژن‌نمود BB وجود دارد. (رد گزینه "۱")  
 پدر می‌تواند به‌صورت Bb باشد و ژن b را به فرزندان خود منتقل کند.

دختر در هر بار میوز یک نوع یاخته جنسی و پسر در هر بار میوز (بدون جابه‌جایی کروموزوم)، دو نوع یاخته جنسی ایجاد می‌کند؛ بنابراین فرزندی که در هر بار تقسیم میوز قطعاً یاخته جنسی دارای دگره بیماری را تولید کند، می‌تواند پسری با ژن‌نمود  $X^f Y$  یا دختری با ژن‌نمود  $X^f X^f$  باشد. هر دوی این فرزندان بیمار هستند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": در صورتی که ژن‌نمود والدین به‌صورت  $X^F Y$  و  $X^F X^f$  یا  $X^f Y$  و  $X^F X^f$  باشد، می‌تواند فرزند فاقد دگره بیماری ( $X^F Y$ ) داشته باشند.

گزینه "۲": در صورتی که ژن‌نمود والدین به‌صورت  $X^f Y$  و  $X^F X^f$  باشد، پدر بیمار و مادر سالم است. این والدین می‌توانند فرزند پسری با ژن‌نمود  $X^F Y$  داشته باشند.

گزینه "۳": ژن‌نمود والدین بیمار به‌صورت  $X^f Y$  و  $X^f X^f$  است. این والدین نمی‌توانند فرزند سالم داشته باشند.

موارد "الف" و "ب" درست هستند.

بررسی همه موارد:

مورد "الف": نوعی سرخس می‌تواند آرسنیک را که ماده‌ای سمی برای گیاه است، به صورت ایمن در خود جمع کند. بعضی مواد سمی در محیط مثل سیانید و آرسنیک می‌توانند با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم مانع فعالیت آن شوند. بعضی از مواد به همین طریق باعث مرگ می‌شوند. (درست)

مورد "ب": گیاهان حشره‌خوار همگی فتوسنتز کننده‌اند ولی در مناطقی زندگی می‌کنند که از نظر نیتروژن فقیرند. در این گیاهان برخی برگ‌ها برای شکار و گوارش جانوران کوچک مانند حشرات تغییر کرده‌اند. نیتروژنی که توسط این برگ‌ها دریافت می‌شود، نیتروژن آلی در پروتئین‌های بدن این جانوران است. (درست)

مورد "ج": تجمع آلومینیوم باعث تغییر رنگ و تغییر فنوتیپ گلبرگ‌های گل‌های گیاهان گل‌ادریسی می‌شوند؛ نه برگ‌های آن‌ها! (نادرست)

زنبور ملکه ماده و دیپلوئید است و برای صفات مستقل از جنس دو الل دارد. درحالی‌که زنبور نر هاپلوئید است و برای صفات مستقل از جنس یک الل دارد. همچنین زنبور نر حاصل بکرزایی است و در لقاح بین ملکه و زنبور نر ایجاد نمی‌شود. (رد گزینه "۱" و "۳")

باتوجه به این موارد از آمیزش زنبور نر بال بلند (B) با زنبور ملکه بال متوسط (BK) نیمی از زاده‌ها زنبور ماده بال بلند (BB) و نیم دیگر زنبور ماده بال متوسط (BK) خواهند شد.

اگر در خانواده‌ای با والدین سالم، پسری بیمار متولد شود، الگوی بیماری می‌تواند وابسته به X نهفته یا مستقل از جنس نهفته باشد؛ اما اگر دختری بیمار متولد شود، به‌طور حتم الگوی بیماری مستقل از جنس نهفته است و هر دو والد از نظر این بیماری ناخالص هستند. دقت کنید که در الگوی وابسته به X نهفته، دختر بیمار قطعاً پدری بیمار دارد.

اگر از پدر و مادری که بیماری وابسته به X دارند، فرزند سالم متولد شود، حتماً الل بیماری بارز و فرزند سالم هم پسر است. درواقع در این حالت مادر ناخالص است و الل سالم خود را به فرزند پسر داده است.

(۱) به دنبال میوز یک در مادر، ممکن است الل بیماری وارد اووسیت ثانویه و یا وارد نخستین گویچه قطبی شود؛ پس لزوماً اووسیت ثانویه دارای الل بیماری نیست.

(۲) گروهی از اسپرم‌های پدر دارای کروموزوم Y و فاقد الل بیماری وابسته به X هستند.

(۳) در بیماری‌های بارز فرد ناقل تعریف نمی‌شود. درواقع هر فردی که ناخالص باشد، بیمار خواهد شد.

(۴) فرزند بعدی می‌تواند دختری باشد که هم از پدر و هم از مادر الل بیماری دریافت می‌کند. در این حالت دختر در همه گامت‌های خود نیز الل بیماری را خواهد داشت.

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{array}{c} AABb \\ \downarrow \\ \left\{ \begin{array}{l} AB \\ Ab \end{array} \right. & \text{گامت نر} & \\
 \end{array} & & \\
 \begin{array}{c} aaBb \\ \downarrow \\ \left\{ \begin{array}{l} aB \\ ab \end{array} \right. & \text{گامت های ماده} & \\
 \end{array} & \longrightarrow & \text{دو هسته‌ای ها} \left\{ \begin{array}{l} aaBB \\ aabb \end{array} \right.
 \end{array}$$

گامت ماده  $\times$  گامت نر = ژنوتیپ رویان

دو هسته‌ای  $\times$  گامت نر = ژنوتیپ آندوسپرم

(AaBB, AaaBBB)(AaBb, AaaBbb)

(AaBb, AaaBBb)(Aabb, Aaabbb)

بررسی گزینه‌ها:

گزینه "۱": طبق حل سؤال امکان به وجود آمدن AABb وجود ندارد.

گزینه "۲": طبق حل سؤال امکان به وجود آمدن AAAbBB وجود ندارد.

گزینه "۳": طبق حل سؤال این دو ژنوتیپ صحیح هستند.

گزینه "۴": طبق حل سؤال امکان به وجود آمدن AAABBB وجود ندارد.

گزینه ۲

۳۱

بررسی همه گزینه‌ها:

گزینه "۱": در بیماری فنیل کتونوری، آنزیمی که آمینواسید فنیل آلانین را می‌تواند تجزیه کند وجود ندارد. در این بیماری توالی نوکلئوتیدی مربوط به آنزیم تجزیه‌کننده (نه سازنده) فنیل آلانین تغییر می‌یابد.

گزینه "۲": هموفیلی یک بیماری وابسته به X نهفته است. در این شرایط چون پدر سالم است و دگره بیماری را به فرزند دختر منتقل نمی‌کند، امکان تولد دختر بیمار وجود ندارد.

نکته: در بیماری‌های وابسته به X نهفته، برای آنکه دختری بیمار متولد شود، پدر باید حتماً بیمار بوده و مادر می‌تواند ناقل و یا بیمار باشد تا دگره‌های بیماری از هر دو به دختر منتقل شود، امکان انتقال بیماری به دختر در صورت سالم بودن پدر وجود ندارد.

گزینه "۳": در رابطه با بیماری‌های وابسته به X بارز، در صورتی که پدر سالم باشد، اگر مادر بیمار و دارای ژن‌نمود خالص باشد، فرزند پسر قطعاً بیمار خواهد بود ولی اگر مادر بیمار و دارای ژن‌نمود ناخالص باشد امکان تولد فرزند پسر سالم وجود دارد؛ در واقع در این شرایط نیمی از فرزندان پسر بیمار خواهند بود.

گزینه "۴": در یک بیماری مستقل از جنس نهفته، در صورتی که پدر و مادر از نظر دگره بیماری ناخالص باشند؛ امکان تولد فرزند پسر یا دختر بیمار وجود دارد.

اگر دگره سفید را با  $W$ ، دگره قهوه‌ای را با  $R$  و دگره سیاه را با  $L$  نشان دهیم، از آنجا که هر جانور سفیدرنگ ژن‌نمود خالص دارد، دگره سفید نسبت به دو دگره دیگر نهفته است و ژن‌نمود جانوران سفیدرنگ  $WW$  است. ژن‌نمودهای دیگری که در این جمعیت ممکن هستند عبارت‌اند از:  $RR$ ،  $RL$ ،  $RW$ ،  $LL$  و  $LW$ . از آنجایی که دگره سیاه تنها در نیمی از انواع ژن‌نمودهای ناخالص ( $LR, LW$ ) اثر خود را ظاهر می‌کند، باید در نظر گرفت دگره سیاه نسبت به دگره قهوه‌ای نهفته است؛ پس دگره قهوه‌ای بر دو دگره دیگر بارز است.

پس ژن‌نمودهای جانوران دارای پوست قهوه‌ای‌رنگ شامل  $RR$ ،  $RL$  و  $RW$  و ژن‌نمود جانوران دارای پوست سیاه‌رنگ شامل  $LL$  و  $LW$  است.

ژن‌نمودهای ناخالص در این جمعیت  $RL$ ،  $RW$  و  $LW$  است که آمیزش دو جانور ناخالص با رنگ پوست متفاوت به دو حالت زیر ممکن است:

الف) آمیزش  $RL$  (قهوه‌ای) و  $LW$  (سیاه)؛ در این صورت زاده‌ها دارای ژن‌نمودهای  $RL$  (قهوه‌ای)،  $RW$  (قهوه‌ای)،  $LL$  (سیاه) و  $LW$  (سیاه) هستند.

ب) آمیزش  $RW$  (قهوه‌ای) و  $LW$  (سیاه)؛ در این صورت زاده‌ها دارای ژن‌نمودهای  $RL$  (قهوه‌ای)،  $RW$  (قهوه‌ای)،  $LW$  (سیاه) و  $WW$  (سفید) هستند.

باتوجه به توضیحات فوق، تولد جانوری خالص و دارای پوست قهوه‌ای‌رنگ ( $RR$ ) از والد‌هایی با ژن‌نمود ناخالص که رنگ متفاوتی دارند، غیرممکن است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۲": طبق حالت‌های "الف" و "ب"، تولد جانوری ناخالص و دارای پوست سیاه‌رنگ ( $LW$ ) ممکن است.

گزینه "۳": طبق حالت‌های "الف" و "ب"، تولد جانوری ناخالص و دارای دگره سفیدرنگ ( $RW$  و  $LW$ ) ممکن است.

گزینه "۴": طبق حالت "الف"، تولد جانوری خالص و فاقد دگره سفیدرنگ ( $LL$ ) ممکن است.

چون در این فرد بالغ برخی از یاخته‌ها، هاپلوئید (جنسی) هستند، در نتیجه از این صفت فقط یک دگره (الل) را دارند. گزینه "۱": گلبول قرمز فاقد هسته و در نتیجه فاقد هرگونه دگره‌ای است.

گزینه "۲": چون پدر این فرد دارای گروه خونی  $O$  است، در نتیجه این فرد قطعاً دارای ژنوتیپ  $BO$  است.

گزینه "۴": به طور طبیعی دو دگره یک صفت تک‌جایگاهی روی یک کروموزوم قرار نمی‌گیرند.

باتوجه به توضیحات صورت سؤال، ژن‌نمود پدر  $X^{hD}Y AODd$  و ژن‌نمود مادر  $X^{hD}X^{Hd}BODd$  است؛ بنابراین در این خانواده احتمال تولد دختر  $X^{hD}X^{hD}$  و دارای گروه خونی  $O^+$  ( $OODd$  یا  $OODD$ ) وجود دارد، ولی احتمال تولد سایرین وجود ندارد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه‌های "۱" و "۲": باتوجه به توضیحات صورت سؤال، پسران یا به دیستروفی عضلانی و یا به هموفیلی مبتلا خواهند بود.

گزینه "۳": باتوجه به اینکه پدر به بیماری دیستروفی عضلانی دوشن مبتلا نیست، دختران وی هم به این بیماری مبتلا نخواهند بود.

بررسی گزینه‌ها:

گزینه "۱": پدر ممکن است بیمار باشد و فرزند پسر سالم از نظر این صفت داشته باشد. چون کروموزوم Y از پدر به فرزند پسر منتقل می‌شود.

گزینه "۲": این فرزند حتماً یک دگره بیماری را از مادر خود گرفته است.

گزینه "۳": اگر فرزند پسر باشد، کروموزوم Y را از پدر گرفته است و X را از مادر؛ پس پدر می‌تواند سالم یا بیمار باشد.

گزینه "۴": این فرزند قطعاً دگره نهفته دارد که در مورد پسر یک دگره نهفته دارد و در مورد دختر دو تا دگره نهفته دارد که یکی را فقط از مادر می‌گیرد و دگره دیگر مادر می‌تواند بارز یا نهفته باشد.

باتوجه به آمیزش گفته شده و توضیحات صورت سؤال می‌توانیم نتیجه بگیریم که مادر ژن نمود AA، دختر Aa و شوهر aa دارد. در این حالت، هر دو والد ژن نمود متفاوتی دارند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۲": در این خانواده، ممکن است پسران ژن نمود Aa داشته باشند. این پسران انگشت اشاره کوتاه خواهند داشت.

گزینه "۳": پسران Aa، انگشت اشاره کوتاه دارند؛ درحالی‌که پدرشان انگشت اشاره بلند دارد. دختران هم انگشت اشاره بلند دارند؛ ولی مادرشان این طور نیست.

گزینه "۴": دختران و پسران ناخالص در این خانواده، ژن نمود مشابه دارند؛ ولی رخ نمودهای آن‌ها متفاوت است.

گزینه "۱": شایع‌ترین نوع هموفیلی، مربوط به عدم تولید فاکتور انعقادی هشت است. انواع دیگری از بیماری‌های هموفیلی نیز وجود دارد که در همه آن‌ها فرد انعقاد خون طبیعی ندارد. (نادرست)

گزینه "۲": ممکن است آن الل را نتواند به نسل بعد منتقل کند. به‌عنوان مثال ممکن است فرد به سن ازدواج نرسد! (نادرست)

گزینه "۳": فقط افراد طبیعی دارای دو کروموزوم X (زنان) می‌توانند ناقل بیماری وابسته به X (همانند هموفیلی) باشند. این افراد فاقد کروموزوم جنسی Y هستند. این کروموزوم کوچک‌ترین کروموزوم در ژنوم انسان است. (درست)

گزینه "۴": مثلاً اگر مردان برای بیماری‌هایی که جایگاه ژنی آن‌ها روی کروموزوم Y یا X است، یک الل بیماری داشته باشند، بیمار به حساب می‌آیند نه ناقل بیماری. (نادرست)

فقط مورد "د" صحیح است.

در بیضه‌های یک مرد سالم، یاخته‌های بینابینی لوله‌های اسپرم‌ساز، هورمون تستوسترون تولید می‌کنند. همچنین یاخته‌های سرتولی نیز ترشحاتی تولید می‌کنند که می‌توانند بر تمایز اسپرماتید به اسپرم مؤثر باشد. درواقع یاخته‌های سرتولی پیک شیمیایی کوتاه‌برد تولید می‌کنند.

الف و ب و ج ( دربارۀ یاخته‌های سرتولی صادق نیستند.

د) همه یاخته‌های پیکری هسته‌دار بدن انسان، برای صفات چند جایگاهی می‌توانند بیش از دو دگره داشته باشند.

اووسیت ثانویه حاصل تقسیم نامساوی سیتوپلاسم اووسیت اولیه است. می‌دانیم که هم اووسیت اولیه و هم اووسیت ثانویه درون تخمدان به وجود می‌آیند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": این گزینه اساساً نادرست است، چون به‌طور معمول هیچ اووسیتی درون لوله فالوپ به وجود نمی‌آید.

گزینه "۲": بسیاری از اووسیت‌های اولیه تقسیم نمی‌شوند و از بین می‌روند.

گزینه "۳": اووسیت ثانویه توانایی تقسیم شدن دارد. در نتیجه دارای رشته‌های دوک است، اما هنگام تقسیم ساختارهای چهار کروماتیدی (تتراد) به وجود نمی‌آورد.

اگر فرزند گروه خونی O داشته باشد، ژنوتیپ‌های والدین به صورت AO و BO خواهند بود. اگر فرد گروه خونی A داشته باشد قطعاً باید AO باشد که دگره A را از مادر و دگره O را از پدر گرفته باشد و اگر فرزند گروه خونی B داشته باشد باید BO باشد که ال O را از مادر و دگره B را از پدر گرفته باشد.

سلول دو هسته‌ای پس از لقاح با اسپرم، تخم ضمیمه‌ای و سپس آندوسپرم را می‌سازد (AAaBbbDDd). سلول دو هسته‌ای از دو هسته با ژنوتیپ یکسان ساخته شده و ژن‌نمود سلول تخم‌زا نیز مشابه هریک از این دسته‌ها است. در نتیجه سلول دو هسته‌ای برای هر هسته ژن‌نمود AbD را دارد که از کنار هم قرار گرفتن دو هسته با این ژن‌نمود در یک سلول، ژن‌نمود سلول دو هسته‌ای (دارای دو هسته یکسان) به شکل AAbbDD است. با توجه به ژن‌نمود آندوسپرم، ژن‌نمود لقاح‌دهنده با سلول دو هسته‌ای، aBd است.

نکته: ژن‌نمود اسپرم‌های ایجادشده درون یک لوله گرده با یکدیگر یکسان است؛ زیرا درون لوله گرده از تقسیم میتوز سلول زایشی ایجاد می‌شوند. یکی از این اسپرم‌ها با سلول دو هسته‌ای و دیگری با سلول تخم‌زا (که ژن‌نمودی معادل هریک از هسته‌های سلول دو هسته‌ای دارد یعنی AbD) لقاح می‌کند.

از لقاح اسپرم (aBd) با سلول تخم‌زا (AbD) سلول تخم اصلی مربوط به گیاه ذرت جدید ایجاد می‌شود که دارای ژن‌نمود AaBbDd است که دارای ۳ الل بارز است. شدت رنگ قرمز در گیاه ذرت به تعداد الل بارز گیاه بستگی دارد. گیاه ذکرشده در صورت سؤال دارای ۴ الل بارز است. در نتیجه شدت رنگ قرمز در گیاه ذرت حاصل از این لقاح بیشتر از ذرت ذکرشده در صورت سؤال نیست.

نکته: دقت کنید ژن‌نمود سلول زایشی (که با تقسیم میتوز اسپرم‌های درون یک لوله گرده را می‌سازد) و سلول رویشی (که لوله گرده را می‌سازد) با یکدیگر یکسان است؛ زیرا هر دو، از تقسیم میتوز دانۀ گرده نارس (حاصل میوز سلول‌های ۲n موجود درون کیسه گرده) به وجود آمده‌اند (طی ساخت دانه گرده رسیده که متشکل از سلول رویشی و زایشی با ژن‌نمودهای یکسان است). در نتیجه ژن‌نمود سلول‌های زایشی، رویشی و اسپرم‌های ساخته‌شده درون لوله گرده و لوله گرده (که از رشد سلول رویشی ایجاد می‌شود) با یکدیگر مشابه بوده و aBd است. با توجه به توضیحات، گزینه "۱" صحیح است.

برای آنکه از آمیزش دو ذرت با ژن‌نمود مشابه، ذرت‌هایی با رخ‌نمود در آستانه طیف یعنی سفید (aabbcc) و قرمز (AABBCC) به وجود آید، ژن‌نمود والدین باید به صورت AaBbCc باشد. از آنجایی که این ژن‌نمود دارای سه دگره بارز و سه دگره نهفته است، از نظر رنگ به ذرت با ژن‌نمود AABbCC که آن هم سه دگره بارز و سه دگره نهفته دارد شباهت بیشتری دارد.

در یک خانواده ۴ نفره، در دو حالت گروه خونی اعضا متفاوت و هر چهار نوع گروه خونی قابل مشاهده است:  
 (۱) یکی از والدین گروه خونی AB و دیگری گروه خونی O و یکی از فرزندان گروه خونی A و دیگری گروه خونی B داشته باشد:

$$I^A I^B \text{ و } ii \rightarrow \text{فرزندان} = I^A i \text{ و } I^B i$$

(۲) یکی از والدین گروه خونی A ناخالص و دیگری گروه خونی B ناخالص و یکی از فرزندان گروه خونی AB و دیگری گروه خونی O داشته باشد:

$$I^A i \text{ و } I^B i \rightarrow \text{فرزندان} = I^A I^B \text{ و } ii \text{ و } I^A i \text{ و } I^B i$$

در حالت اول، همه فرزندان که به تازگی متولد می‌شوند، تنها می‌توانند ژن‌نمودهای BO و AO را داشته باشند؛ اما در حالت دوم، فرزندان که به تازگی متولد می‌شوند، علاوه بر ژن‌نمودهای OO و AB می‌توانند دارای ژن‌نمودهای BO و AO نیز باشند. طبق توضیحات فوق، تولد فرزندی با ژن‌نمود AA یا BB در این خانواده غیرممکن است. برای صفت گروه خونی ABO، سه دگره وجود دارد. دگره‌ای که آنزیم A را می‌سازد، دگره‌ای که آنزیم B را می‌سازد و دگره‌ای که هیچ آنزیمی نمی‌سازد؛ بنابراین می‌توان گفت در این خانواده، تولد فرزندی دارای دو دگره مربوط به ساخت آنزیم مشابه (AA یا BB) در جایگاه ژن‌های گروه خونی ABO غیرممکن است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": اگر پدر و مادر دارای ژن‌نمودهای AO و BO باشند (حالت دوم)، تولد فرزندی با یک کربوهیدرات گروه خونی مشابه پدر و یک کربوهیدرات گروه خونی مشابه مادر (AB) ممکن است.

گزینه "۲": در هر دو حالت، تولد فرزندی دارای تنها یک نوع آنزیم اضافه کننده کربوهیدرات گروه خونی به غشاء گویچه‌های قرمز (AO یا BO) ممکن است.

گزینه "۳": اگر پدر و مادر دارای ژن‌نمودهای AO و BO باشند (حالت دوم)، تولد فرزندی با گروه خونی متفاوت با فرزندان دیگر خانواده و مشابه به یکی از والدین (AO یا BO) ممکن است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۲": همه مولکول‌های غشائی در تعیین گروه خونی نقش ندارند، مثل انواع دیگر پروتئین‌های غشا.

گزینه "۳": مولکول‌های A و B (گروه خونی) از جنس کربوهیدرات هستند.

گزینه "۴": مولکول‌های مربوط به گروه خونی در نقل و انتقال مواد نقشی ندارند.



باتوجه به اطلاعات مسئله، ابتدا ژنوتیپ پدر و مادر را از نظر بیماری‌های هموفیلی و فنیل کتونوری و گروه خونی تعیین می‌کنند. بیماری هموفیلی باتوجه به اینکه پدر، فرزند اول (پسر) و فرزند دوم (یکی از دخترها) این خانواده مبتلا به هموفیلی و فرزند سوم (یکی از دخترها) از نظر بیماری هموفیلی، سالم است، می‌توان گفت ژنوتیپ مادر از نظر این بیماری به صورت  $X^H X^h$  است. بیماری فنیل کتونوری: با فرض اینکه ال‌های مربوط به فنیل کتونوری به صورت  $p$  و  $P$  باشد، می‌توان گفت ژنوتیپ پدر از نظر بیماری به صورت  $pp$  است. باتوجه به اینکه فرزند دوم این خانواده به فنیل کتونوری مبتلا نیست، می‌توان گفت ژنوتیپ مادر از نظر این بیماری به صورت  $Pp$  است.

گروه خونی: باتوجه به گروه خونی فرزند اول و دوم، گروه خونی مادر به صورت  $ABDd$  است. باتوجه به اینکه یکی از دخترها دارای ال  $i$  است، می‌توان گفت ژن نمود گروه خونی پدر به صورت  $BODd$  است.

باتوجه به موارد بالا، ژنوتیپ پدر از نظر بیماری‌های هموفیلی و گروه خونی به صورت  $X^h Y ppBODd$  و ژنوتیپ مادر به صورت  $X^H X^h P pABDd$  است. فرد سالم از نظر بیماری فنیل کتونوری در این خانواده، دارای ژنوتیپ ناخالص  $Pp$  است نه خالص. بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": باتوجه به ژنوتیپ‌های پدر و مادر برای هموفیلی و گروه خونی، دختری ناقل از نظر بیماری هموفیلی و دارای ژن نمود  $BODd$  برای گروه خونی احتمال تولد این فرد وجود دارد.

گزینه "۳": باتوجه به ژنوتیپ‌های پدر و مادر برای بیماری هموفیلی، پسری مبتلا به هموفیلی نیز می‌تواند متولد شود. باتوجه به اینکه گروه خونی مادر  $AB^+$  است، امکان متولد شدن پسری با گروه خونی  $AB^+$  در این خانواده نیز وجود دارد.

گزینه "۴": باتوجه به ژنوتیپ‌های پدر و مادر برای بیماری هموفیلی و گروه خونی، امکان متولد شدن پسری با ژن نمود  $X^H Y AODD$  از نظر بیماری هموفیلی و گروه خونی وجود دارد.

برای پاسخ به این سؤال ابتدا نیاز است حالات مختلف را به شکل زیر بررسی کرد.  
(الف) از آمیزش مرد و زنی سالم، فرزند بیمار متولد شده است.  
A: مستقل از جنس (دگره بیماری نهفته است)

$$A : \text{سالم}, a : \text{بیمار} \Rightarrow Aa \times Aa \Rightarrow AA, Aa, aa$$

B: وابسته به X (دگره بیماری نهفته است)

بیمار:  $X^h$ , سالم:  $X^H$

$$\Rightarrow X^H X^h \times X^H Y \Rightarrow X^H X^H, X^H X^h, X^H Y, X^h Y$$

گزینه‌های "۱" و "۲": در حالت A فرزند بیمار متولد شده هم می‌تواند دختر باشد و هم پسر، ولی در حالت B فرزند بیمار متولد شده حتماً پسر است. در صورت تولد فرزند پسر بیمار نمی‌توان گفت دگره بیماری حتماً روی کروموزوم X قرار دارد ولی در صورت تولد دختر بیمار می‌توان گفت دگره بیماری روی کروموزوم X قرار ندارد؛ زیرا در صورتی که صفت وابسته به X فرض شود، تنها پسر بیمار متولد می‌شود. (رد گزینه "۱" و تأیید گزینه "۲")  
(ب) از آمیزش مرد و زنی بیمار، فرزند سالم متولد شده است.  
A: مستقل از جنس (دگره بیماری، بارز است)

$$T : \text{بیمار}, t : \text{سالم} \Rightarrow Tt \times Tt \Rightarrow TT, Tt, tt$$

B: وابسته به X (دگره بیماری، بارز است)

$$X^T : \text{بیمار}, X^t : \text{سالم} \Rightarrow X^T Y \times X^T X^t \Rightarrow X^T X^T, X^T X^t, X^T Y, X^t Y$$

گزینه‌های "۳" و "۴": در حالت A، فرزند سالم متولد شده هم می‌تواند پسر و هم دختر باشد (صفت مستقل از جنس است). در حالت B فرزند سالم متولد شده، قطعاً پسر است؛ پس در صورت تولد فرزند پسر سالم نمی‌توان تعیین کرد دگره بیماری روی کروموزوم X قرار دارد و یا روی کروموزوم غیرجنسی (رد گزینه "۳") ولی در صورت تولد دختر سالم می‌توان گفت قطعاً دگره این بیماری روی کروموزوم X نبوده است. (رد گزینه "۴")

(۱) مادر خانواده می‌تواند از نظر هموفیلی، بیمار باشد و یا سالم.

(۲) پسر این خانواده می‌تواند در صورت ناقل بودن مادر از نظر هموفیلی، سالم (از نظر هموفیلی) باشد و چون پدر از نظر فنیل کتونوری (با ال f و F نمایش داده شده است) نیز سالم است. در نتیجه می‌تواند پسر از نظر فنیل کتونوری نیز سالم باشد.

(۳) باتوجه به سالم بودن پدر و همچنین بیمار بودن دختر، ژنوتیپ پدر قطعاً به صورت  $X^H Y$  Ff است.

(۴) دختر این خانواده از نظر هموفیلی می‌تواند ناقل و یا سالم خالص باشد و در نتیجه دو نوع ژنوتیپ قابل انتظار است.

در گزینه "۳" گفته شده گل میمونی قرمز رنگ است، پس ژن نمود آن RR می شود. در اینجا دو حالت وجود دارد:

(۱) گل میمونی مورد نظر تک جنسی ماده باشد. در این حالت با توجه به ژن نمود RR و اینکه هر کدام از هسته های یاخته دو هسته ای دگر R دارند، ژن نمود تخم ضمیمه می تواند RRR یا RRW باشد.

(۲) گل میمونی مورد نظر دوجنسی باشد. در این حالت تخم ضمیمه تنها یک نوع ژن نمود می تواند داشته باشد آن هم RRR است؛ پس گزینه "۳" پاسخ تست است.

