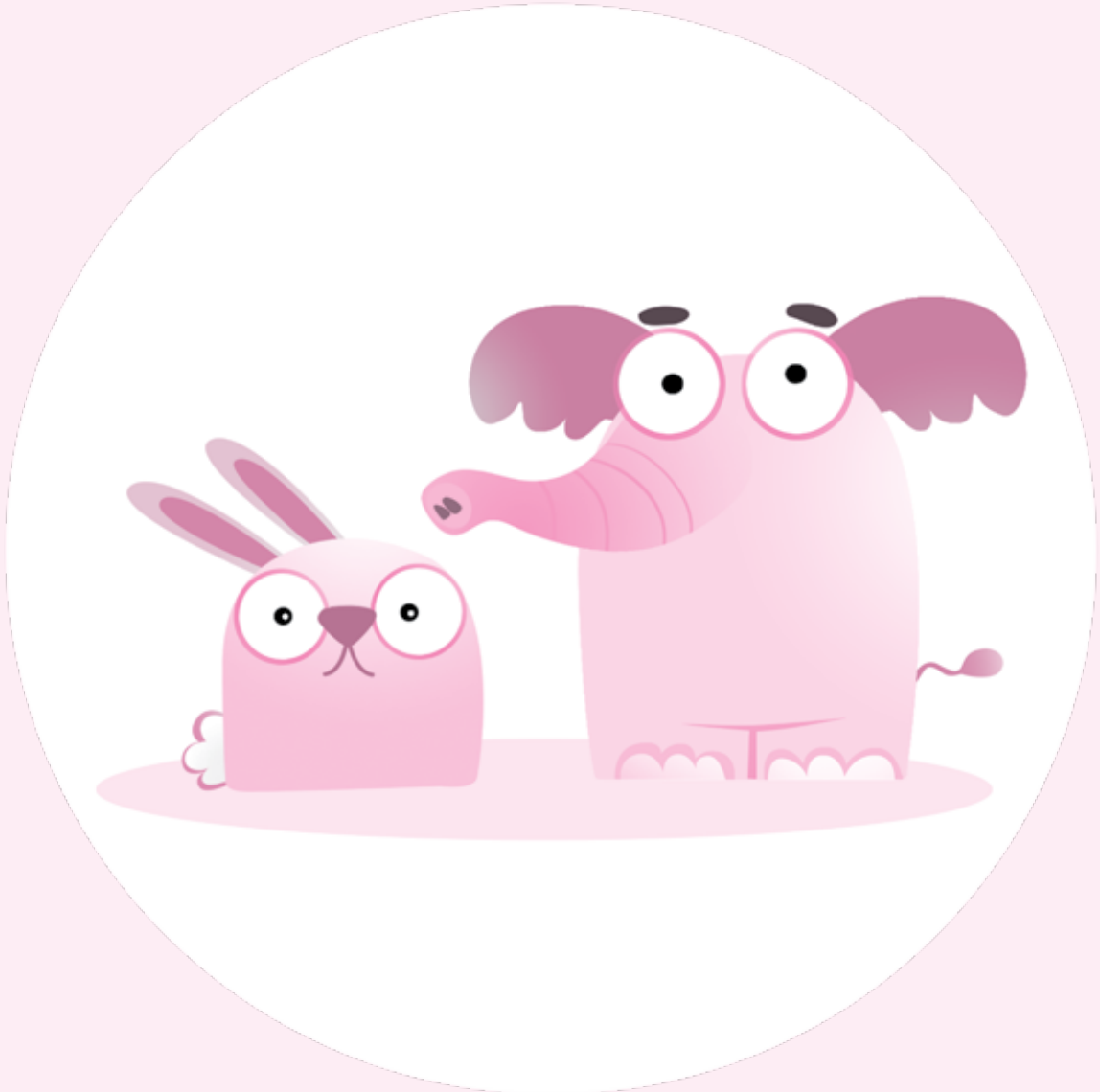


## فصل هشتم

# ژنتیک و خاستگاه آن

تقدیم به: گُرگور مندل

که با پیدا کردن ژنتیک حال همه‌ی بچه‌نکووری‌ها رو گرفت!!



## فصل هشتم ژنتیک و خاستگاه آن



## درسنامه

### قوانین احتمالات ریاضی

**اصل اول احتمالات:** نتیجه‌ی حاصل از یک پیشامد تصادفی تأثیری در نتایج دیگر همان پیشامد ندارد.  
**اصل دوم احتمالات:** اگر دو یا چند پیشامد مستقل را هم‌زمان مورد مطالعه قرار دهیم، احتمال آن برابر است با حاصل ضرب هر پیشامد که اگر حالت‌های مختلفی داشت، ابتدا هر حالت را حساب کرده و نتایج آن را با هم جمع می‌کنیم.

**تمرین:** زوجی خواهان ۳ فرزند هستند، با توجه به قوانین احتمالات، احتمال هر حالت چقدر است؟

(الف) هر ۳ فرزند آن‌ها جنسیت یکسان داشته باشند.

(ب) جنسیت یکی از فرزندان با بقیه متفاوت باشد.

(ج) دومین فرزند آن‌ها پسر شود.

(د) فقط دومین فرزند آن‌ها پسر شود.

(ه) اولی و سومی، یکی پسر و یکی دختر شود.

(و) اگر بدانیم که اولی پسر به دنیا آمده است، احتمال دو پسر یک دختر چقدر است؟

(ز) اگر بدانیم که حداقل یک پسر دارند، احتمال این‌که دو دختر داشته باشند چقدر است؟

(ح) احتمال دو دختر دوقلوی همسان و یک پسر چقدر است؟

(ط) احتمال دو دختر دوقلوی غیرهمسان و یک پسر چقدر است؟

**پاسخ:** وقتی زوجی خواهان ۳ فرزند هستند پس ما در حال محاسبه‌ی سه پیشامد مستقل هستیم که در هر مورد به نکته‌ی گفته شده دقت کنید و اصلاً نیازی به استفاده از فرمول‌های ریاضی مثل فاکتوریل و ... نداریم.

(الف)

**نکته:** چون جنسیت هر ۳ را یکسان خواسته است پس دو حالت هر ۳ تا پسر یا هر ۳ تا دختر را باید جداگانه حساب کنیم و نتایج را با هم جمع کنید.

**نکته:** همیشه برای محاسبه‌ی احتمال یک حالت، حالت‌های مستقل هر پیشامد را در هم ضرب کرده و احتمال حالت‌های مختلف را با هم جمع می‌کنیم. (افقی ضرب، عمودی جمع)

$$\left. \begin{array}{l} \text{پسر} \quad \text{پسر} \quad \text{پسر} \\ \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8} \\ \text{دختر} \quad \text{دختر} \quad \text{دختر} \\ \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8} \end{array} \right\} = \frac{2}{8} = \frac{1}{4}$$

(ب) باید احتمال یکی دختر و بقیه پسر باشد را با حالت‌نویسی و احتمال یکی پسر و بقیه دختر را با حالت‌نویسی حساب کنیم.

$$\left. \begin{array}{l} \text{پ} \quad \text{پ} \quad \text{پ} \\ \frac{1}{8} \\ \text{د} \quad \text{پ} \quad \text{پ} \\ \frac{1}{8} \\ \text{پ} \quad \text{د} \quad \text{پ} \\ \frac{1}{8} \\ \text{پ} \quad \text{پ} \quad \text{د} \\ \frac{1}{8} \\ \text{د} \quad \text{د} \quad \text{د} \\ \frac{1}{8} \\ \text{د} \quad \text{پ} \quad \text{د} \\ \frac{1}{8} \\ \text{د} \quad \text{د} \quad \text{پ} \\ \frac{1}{8} \end{array} \right\} \text{مجموع} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$$

(ج)

**نکته:** در این مثال چون احتمال دومین فرزند را خواسته ولی احتمال سایر فرزندان را مد نظر قرار نداده است پس همان اصل اول احتمالات است و به احتمال حالات دیگر فضولی نمی‌کنیم.

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

(د)

**نکته:** هر گاه در مسائل ژنتیک کلمه‌ی «فقط» را در مورد احتمال حالتی دیدید باید احتمال همان حالت خواسته شده را حساب کنید و برای سایر پیشامدها عدد متمم آن را بگذاریم و نیازی به حالت‌نویسی در مورد سایر حالات نداریم. (حالا در این مثال قطعاً در صورت پسر نشدن، فرزند دختر خواهد شد ولی همیشه از متمم آن استفاده کنید).

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \quad \left( \begin{array}{l} \text{فقط پسر} \\ \text{نشود} \end{array} \right)$$

(ه)

**نکته:** در این حالت نیز به فرزند دوم کاری نداریم ولی برای اولی و سومی حالت‌نویسی یادمون نره‌ها!!

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \\ \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \end{array} \right\} \text{مجموع} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

(و)

**نکته:** هر گاه در مسائل ژنتیک، در مورد احتمال حالتی گفت «اگر بدانیم که فلانی ..... به دنیا آمده است» یعنی احتمال آن را یک در نظر بگیریم یعنی «اگر بدانیم که = می‌دانیم که»

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \\ \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \end{array} \right\} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

(ز)

**نکته:** این مثال از مسائل شرطی می‌باشد چون در این مثال هر پیشامد ۲ حالت پسر یا دختر دارد پس کلاً  $2 \times 2 \times 2 = 8$  حالت مختلف وجود دارد که چون اعلام کرده حداقل یک پسر دارند، پس حالت سه تا دختر را باید کنار بگذاریم و از هفت حالت باقی‌مانده احتمال داشتن دو دختر و یک پسر را حساب کنیم که ۳ حالت (د پ یا د پ یا د پ د) می‌باشد، پس  $\frac{3}{8}$  جواب سؤال است نه  $\frac{3}{7}$ !!

(ح)

**نکته:** در مسائل ژنتیک احتمال دوقلوی همسان را در مورد همه‌ی صفات آن‌ها یک‌بار حساب می‌کنیم چون دوقلوی همسان در اثر یک زیگوت و یک پیشامد ایجاد شده‌اند، مثلاً اگر در مسأله‌ای گفت «احتمال دو پسر دوقلوی همسان با قد بلند، چشم آبی، ...» باید احتمال یک پسر با این ویژگی‌ها را حساب کنیم! و اگر احتمال دوقلوزایی همسان را در مسأله داده بود جواب را در آن احتمال ضرب می‌کنیم.

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \\ \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \end{array} \right\} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

(آخه بین دو قلو که بچه به دنیا نمی‌یاد!!)

(ط)

**نکته:** در مسائل ژنتیک احتمال دوقلوی غیرهمسان را مانند احتمال دو پیشامد مستقل حساب می‌کنیم چون در اثر دو زیگوت ایجاد شده‌اند (فقط باید دنبال هم این دو بچه به دنیا بیایند) و باز هم در صورت دادن احتمال دوقلوزایی در مسأله جواب نهایی را در آن احتمال ضرب می‌کنیم.

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \\ \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \end{array} \right\} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

\*خیلی مسخره است که بین دو قلو، بچه‌ی دیگری به دنیا بیاید. د پ د

## مسائل احتمالات ریاضی

۱- خانواده‌ای چهار فرزند دارد که فرزندان اول و دوم پسر هستند. احتمال آن‌که فرزند چهارم نیز پسر باشد، چقدر است؟

$$\frac{1}{2} \quad (1) \quad \frac{1}{8} \quad (2) \quad \frac{3}{16} \quad (3) \quad \frac{1}{4} \quad (4)$$

۲- در یک خانواده احتمال این‌که از ۳ فرزند آن‌ها فقط سومی پسر باشد، چقدر است؟

$$\frac{1}{8} \quad (1) \quad \frac{3}{5} \quad (2) \quad \frac{4}{5} \quad (3) \quad \frac{1}{2} \quad (4)$$

۳- فرض کنید سه گروه خونی برای انسان ممکن است و میزان وقوع آن‌ها در جمعیت مساوی است. احتمال یکسان بودن گروه خونی سه فرد که به طور تصادفی انتخاب شده‌اند چیست؟

$$\frac{1}{27} \quad (1) \quad \frac{1}{18} \quad (2) \quad \frac{1}{9} \quad (3) \quad \frac{1}{3} \quad (4)$$

۴- در سؤال قبل احتمال این‌که اولی و سومی گروه خونی یکسان داشته باشند ولی با دومی متفاوت باشند، چقدر است؟

$$\frac{2}{27} \quad (1) \quad \frac{4}{27} \quad (2) \quad \frac{2}{9} \quad (3) \quad \frac{1}{9} \quad (4)$$

۵- خانواده‌ای دو فرزند دارد که حداقل یکی از آن‌ها دختر است. احتمال آن‌که یک پسر هم داشته باشند، چقدر است؟

$$\frac{1}{2} \quad (1) \quad \frac{2}{3} \quad (2) \quad \frac{1}{4} \quad (3) \quad \frac{1}{3} \quad (4)$$

\* در جامعه‌ای ۴ نوع رنگ چشم A، B، C و D با نسبت ۱، ۲، ۳ و ۴ وجود دارد. ۳ فرد را به طور تصادفی انتخاب می‌کنیم، با توجه به قوانین احتمالات به ۷ تست زیر پاسخ دهید:

- ۶- هر ۳ رنگ چشم یکسان داشته باشند.  $\frac{1}{1}$  (۱)  $\frac{2}{27}$  (۲)  $\frac{3}{2}$  (۳)  $\frac{4}{36}$  (۴)
- ۷- دو تا رنگ چشم B و یکی D باشد.  $\frac{1}{1004}$  (۱)  $\frac{2}{12}$  (۲)  $\frac{3}{12}$  (۳)  $\frac{4}{8008}$  (۴)
- ۸- اولی و دومی مثل هم ولی با سومی متفاوت باشند.  $\frac{1}{1}$  (۱)  $\frac{2}{2}$  (۲)  $\frac{3}{3}$  (۳)  $\frac{4}{4}$  (۴)
- ۹- اولی و سومی یکی A و یکی C شود.  $\frac{1}{12}$  (۱)  $\frac{2}{6}$  (۲)  $\frac{3}{18}$  (۳)  $\frac{4}{36}$  (۴)
- ۱۰- سومی D شود.  $\frac{1}{144}$  (۱)  $\frac{2}{6}$  (۲)  $\frac{3}{24}$  (۳)  $\frac{4}{4}$  (۴)
- ۱۱- فقط سومی A شود.  $\frac{1}{3}$  (۱)  $\frac{2}{147}$  (۲)  $\frac{3}{21}$  (۳)  $\frac{4}{49}$  (۴)
- ۱۲- اگر بدانیم که هیچ‌کدام C نشده است، احتمال این‌که دو تای آن‌ها A و یکی D شود، چقدر است؟  $\frac{27}{128}$  (۱)  $\frac{9}{128}$  (۲)  $\frac{18}{128}$  (۳)  $\frac{36}{128}$  (۴)



## درسنامه

## تاریخچه ژنتیک

ژنتیک یکی از شاخه‌های پیشرو در زیست‌شناسی است که کاربرد آن در دامپروری، کشاورزی، شناسایی و درمان بیماری‌ها و تولید داروهای جدید و... می‌باشد.

\* **انتقال صفات** از والدین به فرزندان را **وراثت** می‌گویند. مندل کشیش اتریشی که پدر کشاورزی داشت و خودش از ریاضی و احتمالات سررشته داشت اولین بار به قوانین ژنتیک و وراثت پی برد.

**نکته:** اولین بار مندل قوانین ژنتیک را با استفاده از علم احتمالات ریاضی بیان کرد ولی او هیچ اطلاعی از ژن، کروموزوم، گامت و تقسیم سلول نداشت. قبل از مندل، نایت با **دگرلقاحی** نخودفرنگی سفید با ارغوانی دیده بود که در نسل اول همه دارای گلبرگ ارغوانی شدند و با **دگرلقاحی** دوباره آن‌ها در نسل دوم نخودفرنگی با گلبرگ سفید هم مشاهده کرد ولی مندل با شمارش دانه‌ها از احتمالات ریاضی استفاده کرد و تجزیه و تحلیل ریاضی را به کار برد.

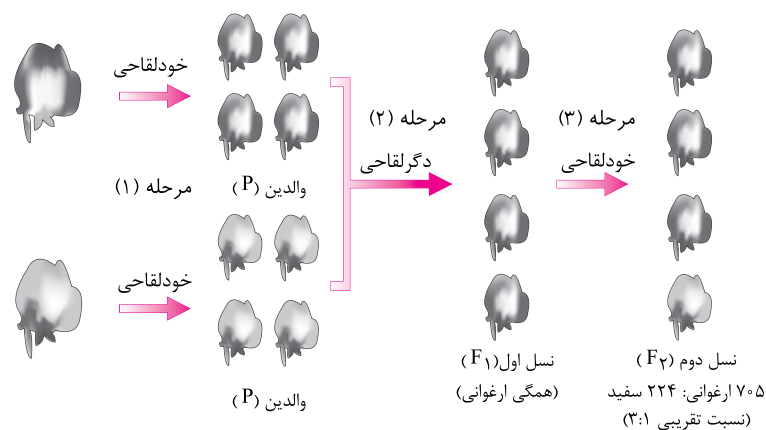
**نکته: ویژگی‌های نخودفرنگی:**

- ۱- دارای چند صفت است که همواره رابطه‌ی غالب مغلوبی دارند و حد واسط در بین آنها نیست و همواره فقط در هر صفت دو حالت را نشان می‌دهد.
- ۲- در حالت طبیعی دو تا گلبرگ دارد و گیاهی **دوجنسی** است که پرچم و مادگی آنها توسط گلبرگ پوشانده شده است.
- ۳- نخودفرنگی نسبتاً کوچک است و زود و سریع گل می‌دهد و می‌تواند **خودلقاحی** کند و می‌شود با قطع پرچم‌های آن دگرلقاحی هم انجام داد. (لقاح مصنوعی) ← پس نخودفرنگی برخلاف **شیدر و کدو** ژن خودناسازگار ندارد و توانایی خودلقاحی دارد.
- ۴- رنگ گلبرگ ارغوانی به سفید، رنگ دانه زرد به سبز، شکل صاف دانه به چروکیده، غلاف سبز به زرد، غلاف صاف به چروکیده و بلندی ساقه به کوتاهی، صفتهای غالب در نخودفرنگی می‌باشند (گل‌های جانبی نیز به گل انتهایی غالب است).

**نکته: آزمایش‌های مندل: (مندل مشاهده کرد که صفات به نسبت‌هایی که قابل پیش‌بینی است، به ارث می‌رسند).**

مندل در آزمایش مرحله‌ی اول که مونوهایبریدی (آمیزش در یک صفت) نام دارد، نخودهای صاف را با هم و چروکیده را با هم (یا سفید را با هم و ارغوانی‌ها را با هم) تا چند نسل **خودلقاحی** طبیعی (مرحله‌ی اول) داد (حاصل آنها نسل P بود که با هم **دگرلقاحی** مصنوعی در مرحله‌ی دوم داد) که در  $F_1$  حاصل از آنها یک نوع شکل ظاهری (فنتوتیپ) غالب (صاف یا ارغوانی) ایجاد شد و آن را با علامت A نشان داد. سپس مندل افراد  $F_1$  را با هم **خودلقاحی** طبیعی در مرحله‌ی سوم داد ولی در  $F_2$  دو نوع فنتوتیپ غالب و مغلوب به‌دست آورد که با شمارش **دانه‌ها** پی به نسبت ۳ به ۱ غالب مغلوبی برد و از روی **نسبت افراد مغلوب نسل دوم** که  $\frac{1}{4}$  بود، فهمید که هر جاندار برای هر صفت دو عامل (الل) می‌خواهد که اگر مثل هم بود (AA یا aa) خالص یا هموزیگوس است و اگر مثل هم نبود (Aa) ناخالص یا هتروزیگوت است.

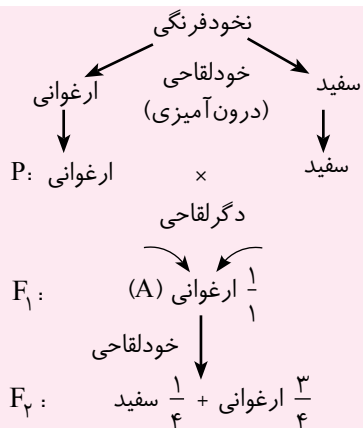
- ۱- تولید والدین خالص (P)      ۲- تولید نسل اول ( $F_1$ )      ۳- تولید نسل دوم ( $F_2$ )



«سه مرحله‌ی آزمایش مندل»

**نکته:** قبل از مندل نظریه‌ی آمیختگی صفات خیلی رواج داشت (عصر داروین و لامارک) که فکر می‌کردند همواره فرزندان آمیخته‌ای حد واسط از والدین هستند مثلاً فکر می‌کردند گل سفید با قرمز باید فرزند صورتی داشته باشد که مندل با آزمایشات خود این نظریه را باطل کرد.

**نکته:** گیاه کدو و شیدر خود لقاح نیستند، در نتیجه آزمایش مرحله‌ی یک و سه مندل با آنها به مشکل می‌خورد.



**فرضیه‌های مندل:**

- مندل نتایج حاصل از پژوهش‌های خود را در **چهار فرضیه** خلاصه کرد که پایه و اساس علم ژنتیک کلاسیک است:
- ۱- هر جاندار برای هر صفت خود، **دو عامل** دارد که هر کدام را از یک والد گرفته است.
  - ۲- عامل‌های مربوط به هر صفت می‌تواند مشابه (هموزیگوس) یا متفاوت (هتروزیگوس) باشد که از طریق گامت به نسل بعد می‌رسد.
  - ۳- هنگام رسیدن دو عامل یک صفت به هم، عاملی که به‌طور کامل بروز می‌کند غالب است و با حرف بزرگ و عاملی که در نسل اول بروز نمی‌کند، مغلوب است و با حرف کوچک نشان می‌دهد.
  - ۴- همواره در نسل دوم غالب‌ها سه برابر مغلوب‌ها بروز کرده‌اند ولی در نسل اول همه غالب شده‌اند.

## یافته‌های مندل به زبان علمی امروزی

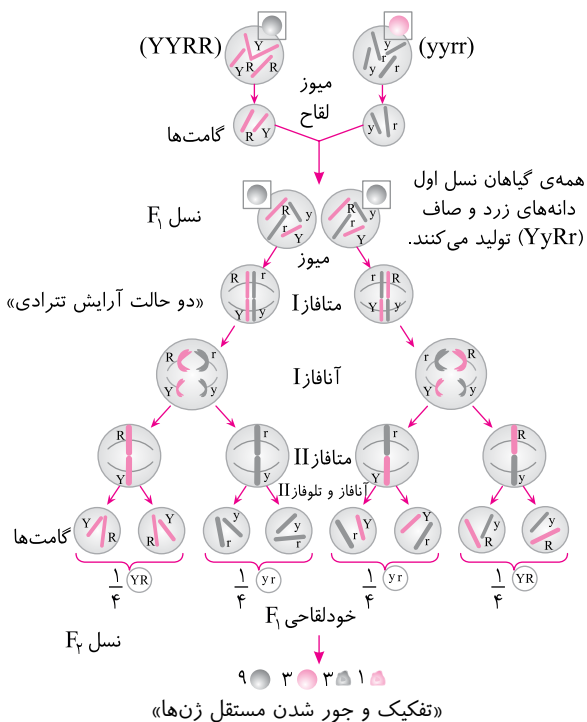
- ۱- به حالت‌های مربوط به یک ژن، الل می‌گویند.
- ۲- فردی که دو حالت الل یکسانی دارد را خالص (هموزیگوس AA) و اگر حالت متفاوتی دارد را ناخالص (هتروزیگوس Aa) می‌نامند.
- ۳- به نوع الل‌های یک فرد ژنوتیپ و به شکل ظاهری مربوط به هر صفت، فنوتیپ می‌گوییم.

قوانین مندلی:

- ۱- قانون اول مندل (قانون تفکیک ژن‌ها): **جدا شدن الل‌ها (ژن‌ها)** در مورد **همه‌ی صفات** صادق است که الل‌های یک صفت در مرحله‌ی آنافاز I میوز از هم جدا می‌شوند. (این قانون در مورد ژن‌های مستقل و پیوسته صادق است.)
- ۲- قانون دوم مندل: **جور شدن مستقل ژن‌ها** است که در آزمایش دی‌هیبریدی  $AaBb \times AaBb$  فقط در مورد ژن‌های مستقل و جدا از هم روی کروموزوم‌های مختلف صادق است و در مورد ژن‌های پیوسته صادق نیست که البته مندل معتقد بود که الل‌های یک صفت در موقع جدا شدن و تشکیل گامت به الل‌های صفت دیگری ربطی ندارند ولی این موضوع در مورد صفات پیوسته که روی یک کروموزوم هستند نادرست است.

**نکته:** در انسان وجود گودی روی چانه (نسبت به نبودن گودی)، وجود مو روی انگشتان (نسبت به نبودن مو)، نرمی گوش آزاد (نسبت به چسبیده) و توانایی لوله کردن زبان نسبت به عدم توانایی آن، صفت غالب می‌باشد (در موش رنگ سیاه به قهوه‌ای غالب است و در انسان رنگ آبی چشم مغلوب و قهوه‌ای غالب است). و در خوچه هندی سیاه به سفید غالب است.

**نکته:** منظور از یک جفت صفت همان یک صفت دو اللی است و اگر در مسائل گفت وراثت سه جفت صفت یعنی سه صفت دو اللی را در نظر بگیرید.



## تاریخچه‌ی ژنتیک و کارهای مندل

- ۱۳- کدام یک از جمله‌های زیر، به طور صحیح مفهوم ژن‌های الل را نشان می‌دهد؟
  - ۱) ژن‌های واقع بر آتوزوم‌ها
  - ۲) ژن‌هایی که در مکان‌های مشابه روی کروموزوم‌های همتا واقع‌اند.
  - ۳) ژن‌های روی یک کروموزوم که اثر مشابه دارند.
  - ۴) ژن‌های روی یک کروموزوم، که غالب یا مغلوبند.
- ۱۴- در آزمایش مندل، کدام ضرورت نداشت؟
  - ۱) خودلقاحی والدین غالب
  - ۲) خودلقاحی والدین مغلوب
  - ۳) دگرلقاحی والدین غالب و مغلوب
  - ۴) خودلقاحی افراد نسل اول

- ۱۵- کدام عبارت در مورد گیاه مورد آزمایش مندل، نادرست است؟  
 (۱) پرچم‌ها و مادگی آن توسط دو گلبرگ پوشانده می‌شوند.  
 (۲) رنگ سبز غلاف در آن، نسبت به رنگ زرد، غالب است.  
 (۳) احتمال خودلقاحی در آن، بیش‌تر از دگرلقاحی است.  
 (۴) وضعیت گل انتهایی در آن، بر گل جانبی غالب است.
- ۱۶- اگر بخواهیم آزمایش مونوهیبریدی مندل را با گیاه کدو انجام دهیم، در کدام مرحله یا مراحل آزمایش، بیش‌تر دچار مشکل می‌شویم؟  
 (۱) اول و دوم (۲) اول و سوم (۳) فقط دوم (۴) دوم و سوم
- ۱۷- کدام گزینه در مورد سه مرحله‌ی آزمایش مندل در وراثت یک صفت، درست است؟  
 (۱) همه‌ی افراد  $F_1$  یک نوع الل دارند.  
 (۲) افراد  $F_2$  سه نوع فنوتیپ دارند.  
 (۳) والدین مجموعاً دو نوع الل دارند.  
 (۴) در مراحل ۲ و ۳، آمیزش خودلقاحی انجام داد.
- ۱۸- در ژنوتیپ نرمه‌ی گوش چسبیده ..... ژنوتیپ وجود گودی روی چانه .....  
 (۱) برخلاف - همواره یک نوع الل وجود دارد.  
 (۲) همانند - می‌تواند دو نوع الل وجود داشته باشد.  
 (۳) برخلاف - دو نوع الل وجود دارد.  
 (۴) همانند - همواره فقط یک نوع الل وجود دارد.
- ۱۹- با توجه به شکل مقابل که دو ژن فرضی روی جفت کروموزوم ۱۲ انسانی را نشان می‌دهد، کدام گزینه نادرست است؟ (بدون در نظر گرفتن کراسینگ اوور)  
 (۱) A و B ژن‌های پیوسته می‌باشند.  
 (۲) A و C می‌توانند دو الل یک ژن باشند.  
 (۳) C و D می‌توانند با هم وارد یک گامت شوند.  
 (۴) C و D از قانون جور شدن مستقل ژن‌ها تبعیت می‌کند.
- ۲۰- کدام یک از مراحل میوز اصل اول مندل را توجیه می‌کند؟  
 (۱) آنافاز I (۲) تلوفاز I (۳) آنافاز II (۴) تلوفاز II
- ۲۱- اصل اول مندل بیانگر کدام است؟  
 (۱) استقرار تترادها روی دوک به اشکال گوناگون در متافاز I  
 (۲) تجمع ژن‌ها به اشکال گوناگون در گامت‌ها  
 (۳) جدا شدن کروموزوم‌های همتا در آنافاز I  
 (۴) جدا شدن کروموزوم‌ها در آنافاز II
- ۲۲- از مقایسه‌ی دو صفت دو اللی که یکی از آن‌ها غالب ناقص و دیگر مندلی است، کدام مشابه است؟  
 (۱) انواع ژنوتیپ‌ها (۲) انواع فنوتیپ‌ها  
 (۳) نسبت فنوتیپی (۴) نسبت و تعداد فنوتیپ‌ها
- ۲۳- مندل در ابتدا نسبت ۳ به ۱ را در نسل دوم نخودهای مورد آزمایش چگونه به دست آورد؟  
 (۱) از طریق محاسبات آماری پیچیده  
 (۲) از شمارش و جمع‌بندی اطلاعات به دست آمده  
 (۳) به کمک اصل جور شدن مستقل ژن‌ها  
 (۴) از روی وجود رابطه‌ی غالب و مغلوبی در نسل والدین
- ۲۴- کدام یک از نتیجه‌گیری‌های مندل نیست؟  
 (۱) توزیع مستقل فاکتورهای وراثتی  
 (۲) تصادفی بودن ترکیب گامت‌ها  
 (۳) عمومیت رابطه‌ی غالب و مغلوب صفات  
 (۴) منتقل شدن هم‌زمان ژن‌های پیوسته
- ۲۵- گزینه‌ی مناسب‌تر برای تعریف ژن‌های الل کدام است؟  
 (۱) رابطه‌ی غالب و مغلوبی ندارند.  
 (۲) رابطه‌ی غالب و مغلوبی دارند.  
 (۳) در کروموزوم‌های همتا و در مکان مشابه‌اند.  
 (۴) در کروموزوم‌های غیرهمتا و در مکان مشابه‌اند.
- ۲۶- کدام نتیجه‌گیری مندل عمومیت ندارد؟  
 (۱) اثر ژن‌ها در وراثت صفات  
 (۲) اصل تفکیک ژن‌ها  
 (۳) ترکیب تصادفی گامت‌ها  
 (۴) جور شدن مستقل ژن‌ها





## درسنامه

### آمیزش صفات غالب مغلوبی و حد واسطها

**نکته:** در ژنتیک هرگاه از آمیزش دو فرد با فنوتیپ متفاوت، تمام فرزندان آن‌ها فنوتیپ مانند یک والد را داشتند آن صفت که در  $F_1$  ایجاد شده است غالب است، مثل گلبرگ ارغوانی به سفید در نخودفرنگی که همه‌ی فرزندان در  $F_1$  ارغوانی شدند. صفات غالب را با علامت بزرگ (A یا B یا ...) و مغلوب را با علامت کوچک (a یا b یا ...) نشان می‌دهیم.

**نکته:** در ژنتیک هرگاه دو فرد با فنوتیپ متفاوت را با هم آمیزش دهیم و در فرزندان آن‌ها حالت جدید فنوتیپی دیده شود، نتیجه می‌گیریم که در والدین رابطه‌ی غالب مغلوبی وجود ندارد و صفات والدین را خالص و با دو علامت متفاوت مثل هم RR و ww نشان می‌دهیم و فرزند دارای حالت جدید را ناخالص و با Rw نشان می‌دهیم.

**نکته:** یعنی فرزند دارای فنوتیپ جدید حد واسطی از دو والد است که بیش‌تر به سمت فنوتیپ یک والد قرار گرفته است.

غالب ناقص }  
 گل میمونی صورتی Rw (از سفید ww و قرمز RR) یا حالت موی موج‌دار MN (از صاف MM با فروری مجعد NN)

وقتی رابطه‌ی غالب مغلوبی بین الل‌ها نباشد }  
 یعنی فرزند دارای فنوتیپ جدید، فنوتیپ هر دو نوع الل والدین را در خود نشان می‌دهد. }  
 هم‌توانی }  
 رنگ موی اسب قرمز سفید از دو اسب با موی قرمز و سفید و یا گروه خونی AB انسان از دو فرد دارای الل‌های A و B گروه خونی

P: AA × aa

**نکته:** وقتی بین الل‌ها رابطه‌ی غالب مغلوبی وجود دارد:

$F_1$ : Aa + Aa

- الل‌ها را با دو حرف بزرگ و کوچک (A و a) نشان می‌دهیم.

- دو نوع فنوتیپ در  $F_1$  با نسبت ۳ به ۱ و ۳ نوع ژنوتیپ با نسبت ۱:۲:۱ دیده می‌شود.

- افراد نسل P، خالص و  $F_1$ ، ناخالص‌اند و  $F_2$  هر دو حالت را دارند.

$$F_2: \frac{1}{4} AA + \frac{2}{4} Aa + \frac{1}{4} aa$$

$\underbrace{\qquad\qquad\qquad}_{\frac{3}{4} A \text{ غالب}} \quad \underbrace{\qquad\qquad\qquad}_{\frac{1}{4} a \text{ مغلوب}}$

P: RR × ww

**نکته:** وقتی بین الل‌ها رابطه‌ی غالب مغلوبی وجود نداشته باشد (هم‌توانی یا غالب ناقص):

$F_1$ : Rr + Rr

- الل‌ها را با دو حرف مختلف (R و r) نشان می‌دهیم.

- سه نوع فنوتیپ و سه نوع ژنوتیپ با نسبت‌های مساوی دیده می‌شود.

- افراد نسل P خالص و  $F_1$  ناخالص‌اند و  $F_2$  هر دو حالت را دارد.

$F_2$ :  $\frac{1}{4} RR + \frac{2}{4} Rr + \frac{1}{4} rr$

- هیچ‌گاه نسبت ۳ به ۱ در آن‌ها وجود ندارد.

نسبت فنوتیپی = نسبت ژنوتیپی = ۱:۲:۱

تمرین: از آمیزش دو نخودفرنگی با گل‌های ارغوانی ناخالص با هم، احتمال این‌که از ۳ نخود متوالی حاصل از آن‌ها:

(الف) هر ۳ شکل یکسانی داشته باشند، چقدر است؟

(ب) اولی ارغوانی ناخالص و سومی سفید شود، چقدر است؟

(ج) هر ۳ خالص شوند چقدر است؟

(د) فقط دومی ارغوانی خالص شود چقدر است؟

(ه) اگر بدانیم که هر ۳ نخود گلبرگ ارغوانی دارند، چقدر احتمال دارد که دو تای آن‌ها خالص و یکی ناخالص باشد؟

پاسخ:

**نکته:** همواره در مسائل ژنتیک اول ژنوتیپ‌های والدین را بنویسید؛ بعد احتمال هر حالت خواسته شده در فرزندان را فقط در نظر بگیرید و برای هر صفت مستقل (یا صفات پیوسته) احتمال آمیزش آن‌ها در مخرج عدد ۴ را بگذارید و در صورت تعداد برخوردهای مورد نظر طرح

را قرار بدهید و در آخر پاسخ‌های هر پیشامد مستقل را در هم ضرب کنید. (مثلاً به جای  $\frac{2}{4}$  عدد  $\frac{1}{4}$  نگذارید تا از شر مخرج مشترک

گرفتن در انتها، اگر حالات مختلف داشت خلاص شوید.)



**الف**

$Aa \times Aa$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{3}{4} \text{ ارغوانی} \\ \frac{3}{4} \text{ ارغوانی} \\ \frac{3}{4} \text{ ارغوانی} = \frac{27}{64} \\ \frac{1}{4} \text{ سفید} \\ \frac{1}{4} \text{ سفید} \\ \frac{1}{4} \text{ سفید} = \frac{1}{64} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} 28 \\ 64 \\ 16 \end{array}$$

**نکته:** در مسائل ژنتیک هرگاه در مورد **خالص ناخالصی**، یک صفت یا تعداد الل‌ها، حرفی نزده بود باید مسأله را فنوتیپی در نظر بگیریم پس در این مسأله سه پیشامد را به صورت هر ۳ فرزند ارغوانی با هر ۳ سفید به دنیا بیایند در نظر می‌گیریم از چهار برخوردار الل‌ها، ۳ حالت ( $AA - Aa - Aa$ ) را غالب ارغوانی و یک حالت  $aa$  را سفید در نظر می‌گیریم.

ب) در این قسمت به نخود دومی کاری نداریم ولی فقط باید اولی را ارغوانی ناخالص ( $Aa$ ) با احتمال  $\frac{2}{4}$  و سومی را سفید  $aa$  با احتمال  $\frac{1}{4}$  حساب کنیم. (چون اولی و سومی را مشخص کرده است پس حالت برعکس آن‌ها مورد قبول نیست).

$$\frac{1}{Aa} \times \frac{2}{aa} = \frac{2}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8}$$

**ج**

**نکته:** می‌دونم که اغلبتون این قسمت را اولش اشتباه حل کردین و فقط احتمال ۳ تا  $AA$  و ۳ تا  $aa$  را حساب کردین! ولی فکر نکردین که مثلاً ( $AA - AA - aa$ ) هم ۳ تا خالص داره!! پس به جای فضولی! (چون نوع خالص را از شما نخواستہ بود!!) باید برید احتمال خالص که  $\frac{2}{4}$  می‌شه رو اول حساب کنین بعد ۳ بار در هم بضربید!!!

$$\frac{\text{خالص}}{(AA - aa)} \times \frac{\text{خالص}}{(AA - aa)} \times \frac{\text{خالص}}{(AA - aa)} = \frac{2}{4} \times \frac{2}{4} \times \frac{2}{4} = \frac{1}{8}$$

د) **حُب** در تمرین درسنامه‌ی اول گفتم که وقتی کلمه‌ی **فقط** در سؤال می‌آید احتمال آن حالت را حساب کرده و برای بقیه‌ی حالات متمم آن را می‌گذاریم، پس برای نخود دوم احتمال ارغوانی خالص ( $AA$ ) که  $\frac{1}{4}$  است را قرار داده و برای سایر حالات  $\frac{3}{4}$  می‌گذاریم.

$$\frac{\text{فقط}}{AA} \text{ نشود} = \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{64}$$

**ه**

**نکته‌ی مهم:** گوش کن!! هرگاه در مسائل ژنتیک در آمیزشی گفت «اگر بدانیم که فلانی ..... به دنیا آمده است»

فقط در همین مسائل، ابتدا جدول‌های پانت را برای صفات مستقل (و پیوسته‌ها با هم) بکشید که

AA	Aa
Aa	aa

می‌شود و چون گفته هر ۳

ارغوانی شده است پس خانه  $aa$  را حذف می‌کنیم

AA	Aa
Aa	<del>aa</del>

پس احتمال خالص از حالات باقی‌مانده  $\frac{1}{3}$  ( $AA$ ) و احتمال ناخالص

$\frac{2}{3}$  ( $Aa$ ) می‌شود که در هر حالت  $\frac{2}{27} = \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{3}$  (برای دو خالص و یک ناخالص) شده که در ۳ حالت جابه‌جایی ضرب می‌شود و  $\frac{2}{9} = \frac{6}{27}$  می‌شود.

**صفات غالب مغلوب و حد واسط**

۲۷- از خودلقاحی فردی با فنوتیپ  $ABC$ ، برخی از زاده‌های حاصل، فنوتیپ مغلوب را برای هر سه صفت بروز می‌دهند، چه نسبتی از زاده‌های حاصل، زنوتیپ هموزیگوس غالب را نشان می‌دهند؟

(۱)  $\frac{1}{64}$       (۲)  $\frac{3}{64}$       (۳)  $\frac{1}{16}$       (۴)  $\frac{3}{16}$

۲۸- کدام فنوتیپ را می‌توان با انواع زنوتیپ‌های بیش‌تری نشان داد؟

- (۱) بوته‌ی نخودفرنگی ساقه کوتاه با غلاف چروکیده  
 (۲) بوته‌ی نخودفرنگی ساقه بلند با غلاف چروکیده  
 (۳) بوته‌ی نخودفرنگی ساقه کوتاه با غلاف صاف  
 (۴) بوته‌ی نخودفرنگی ساقه بلند با غلاف صاف

- ۲۹- فرد هتروزیگوس، به فردی گفته می‌شود که.....  
 (۱) الل‌های شبیه به هم داشته باشد.  
 (۲) الل‌های متفاوت داشته باشد.  
 (۳) بعضی ژن‌های او غالب و بعضی مغلوب باشند.  
 (۴) ژن‌های یکسان داشته باشد.
- ۳۰- کدام عبارت صحیح است؟  
 (۱) اگر الل‌های انتقال‌دهنده‌ی یک صفت از یک نوع نباشند، جاندار نسبت به آن صفت، هموزیگوس یا خالص است.  
 (۲) در آزمایش مندل، تنوع فنوتیپ‌های یک صفت بیش از تنوع ژنوتیپ‌های آن بود.  
 (۳) پس از جهش مضاعف شدن، الل‌های یک ژن از قانون اول مندل تبعیت نمی‌کنند.  
 (۴) قانون جور شدن مستقل ژن‌ها درباره‌ی ژن‌هایی صدق می‌کند که روی کروموزوم‌های یکسانی قرار داشته باشند.
- ۳۱- در افراد با لاله‌ی گوش آزاد و توانایی لوله کردن زبان، حداقل و حداکثر چند نوع ژنوتیپ دیده می‌شود؟  
 (۱) ۲-۱ (۲) ۲-۲ (۳) ۴-۲ (۴) ۴-۱
- ۳۲- طبق اصل اول مندل، کدام یک از نتیجه‌گیری‌های زیر صحیح است؟  
 (۱) هر جفت الل، مستقل از الل‌های دیگر وارد سلول تخم می‌شوند.  
 (۲) هر جفت الل، مستقل از الل‌های دیگر وارد سلول گامت می‌شوند.  
 (۳) هر جفت الل، هنگام تشکیل گامت از یک‌دیگر جدا می‌شوند.  
 (۴) هر جفت الل، هنگام تشکیل گامت وارد یک سلول می‌شوند.
- ۳۳- در آزمایش مندل ..... آزمایش نایت، افراد نسل دوم از طریق ..... به دست آمده‌اند.  
 (۱) همانند - خودلقاحی (۲) برخلاف - خودلقاحی (۳) همانند - دگرلقاحی (۴) برخلاف - دگرلقاحی
- ۳۴- فرد مونوهیبرید کدام است؟  
 (۱) فردی که حاصل از آمیزش دو والد با ژنوتیپ متفاوت است.  
 (۲) فردی که برای یک جفت الل، هتروزیگوت است.  
 (۳) فردی که از هر جفت کروموزوم همتا یک نسخه دارد.  
 (۴) فردی که ژنوتیپ هتروزیگوت دارد.
- ۳۵- در آمیزش  $AABB \times A'A'B'B'$  فرزند حاصل ۴ نوع فنوتیپ را نشان می‌دهد. توارث این صفات از چه الگویی پیروی می‌کند؟  

$$\begin{matrix} \Downarrow \\ AA'B'B' \end{matrix}$$
- (۱) آتوزومی غالب (۲) هم‌توانی (۳) غالب ناقص (۴) صفات چند ژنی
- ۳۶- در یک مونوهیبرید با رابطه‌ی غالب و مغلوبی کامل، زمانی که والدین هموزیگوت باشند، نسبت‌های فنوتیپی در  $F_2$  چیست؟  
 (۱) ۳:۱ (۲) ۱:۲:۱ (۳) ۹:۳:۳:۱ (۴) ۱:۱
- ۳۷- وجود نسبت فنوتیپی ۳:۱ در بین زاده‌ها، بیانگر دخالت ..... و ..... بودن هر دو والد است. نمونه‌ای از چنین نسبتی را در نتایج آمیزش مندل می‌بینیم.  
 (۱) یک ژن - هموزیگوس - مونوهیبریدی (۲) چند ژن - هتروزیگوس - دی‌هیبریدی  
 (۳) یک ژن - هتروزیگوس - مونوهیبریدی (۴) چند ژن - هموزیگوس - دی‌هیبریدی
- ۳۸- در صورتی که بین الل‌های R و W رابطه‌ی غالبیت ناقص برقرار باشد، نسبت فنوتیپی حاصل از این الل‌ها در نسل دوم کدام است؟  
 (۱) ۹:۳:۳:۱ (۲) ۶:۳:۳:۱ (۳) ۱:۲:۱ (۴) ۴:۲:۲:۱
- ۳۹- در صورت آمیزش یک گیاه گل میمونی سفید با قرمز، نسبت ژنوتیپی به دست آمده در نسل دوم، مشابه نتایج حاصل از ..... است.  
 (۱) خودلقاحی گیاه تری‌هیبرید (۲) آمیزش  $AaBb \times aaBB$  (۳) آمیزش دی‌هیبریدی مندل (۴) آمیزش مونوهیبریدی مندل
- ۴۰- کدام گزینه نادرست است؟  
 (۱) ژن نامطلوب می‌تواند غالب یا مغلوب باشد.  
 (۲) مرحله‌ای از میوز که طی آن الل‌های هر ژن به نحوی آرایش می‌یابند که تعیین‌کننده اللی گامت‌های ایجاد شده باشند، آنافاز I است.  
 (۳) اگر ژنی بتواند در ظاهر فرد تغییراتی ایجاد کند (خودش را بروز دهد)، غالب یا هم‌توان و یا غالب ناقص است.  
 (۴) آمیزشی که در آن چگونگی وراثت دو نوع صفت متفاوت مورد بررسی قرار می‌گیرد، آمیزش دی‌هیبریدی است.
- ۴۱- در مورد صفات غالب ناقص می‌توان گفت، .....  
 (۱) در افرادی که نسبت به این گونه صفات هتروزیگوت هستند، تجلی هم‌زمان فنوتیپ‌های هر دو الل به خوبی قابل مشاهده است.  
 (۲) از روی فنوتیپ افراد می‌توان به ژنوتیپ دقیق آن پی برد.  
 (۳) افراد دارای فنوتیپ غالب، می‌توانند هموزیگوس یا هتروزیگوس باشند.  
 (۴) همانند هم‌توانی، افراد ناخالص به صورت حد واسط یعنی ترکیبی از هر دو صفت ظاهر می‌شوند.
- ۴۲- کدام گزینه تعریف جامع‌تری درباره‌ی ژن‌های پیوسته ارائه می‌دهد؟  
 (۱) همان ژن‌های مستقل بوده که روی یک کروموزوم قرار داشته و با هم به ارث می‌رسند.  
 (۲) ژن‌های غیرمستقلی که روی یک کروموزوم قرار داشته و تابع قانون دوم مندل نباشند.  
 (۳) ژن‌هایی که به همراه هم در بین گامت‌ها توزیع می‌شوند و تابع اصل جور شدن مستقل ژن‌ها هستند.  
 (۴) ژن‌هایی که روی کروموزوم‌های مختلف قرار داشته و از اصل اول مندل پیروی می‌کنند.

۴۳- اگر حرف B نشان‌دهنده‌ی رنگ موی سیاه در خرگوش و حرف b نشان‌دهنده‌ی رنگ موی قهوه‌ای باشد، فنوتیپ خرگوشی که ژنوتیپ آن Bb است چگونه است و این خرگوش از نظر این صفت چگونه است؟

(ازاد غیرپزشکی - ۸۸)

(۱) سیاه هموزیگوس (۲) قهوه‌ای هتروزیگوس (۳) قهوه‌ای هموزیگوس (۴) سیاه هتروزیگوس

۴۴- از خودلقاحی نخودفرنگی گل ارغوانی ناخالص، طبق قوانین احتمالات ..... (قلم‌چی - ۹۴)

(۱) تمام زاده‌های خالص، فنوتیپی متفاوت با والد دارند.

(۲) تمام زاده‌های دارای الل مغلوب، ناخالص‌اند.

(۳) تمام زاده‌هایی که فنوتیپ جدید دارند، خالص‌اند.

(۴) تمام زاده‌هایی که فنوتیپ مشابه والد دارند، ژنوتیپ مشابه والد نیز دارند.

۴۵- اگر یک گیاه میمونی گل قرمز را با گیاه گل سفید که از الگوی مندلی پیروی نمی‌کنند با هم آمیزش دهند، زاده‌های آن‌ها همگی چگونه خواهند بود و به این حالت چه می‌گویند؟

(ازاد پزشکی - ۸۸)

(۱) صورتی - غالب ناقص (۲) قرمز - هم‌توانی (۳) سفید - غالب ناقص (۴) سفید - هم‌توانی

۴۶- از خودلقاحی فردی با ژنوتیپ Aa (طبق قانون احتمالات) در نسل اول:

(سراسری خارج از کشور - ۹۱)

(۱)  $\frac{1}{4}$  از زاده‌ها با فنوتیپ غالب، هموزیگوس هستند. (۲)  $\frac{1}{4}$  افراد هموزیگوس، فنوتیپ مغلوب دارند.

(۳)  $\frac{3}{4}$  زاده‌ها از نظر ژنوتیپ و فنوتیپ به والد خود شباهت دارند. (۴)  $\frac{2}{3}$  از زاده‌هایی که فنوتیپ غالب دارند، هتروزیگوس می‌باشند.



### حل مسائل مندلی و غیرمندلی

**نکته:** در مسائل ژنتیک هرگاه در مورد صفت وابسته به x در مسأله صحبت کرده بود، باید تمام صفات جنسی را با جنسیت هر فرد با هم در نظر بگیریم و  $\frac{1}{4}$  پسر یا دختر را جداگانه حساب نمی‌کنیم. ولی اگر در مورد صفت جنسی حرفی نکرده بود، برای هر جنسیت  $\frac{1}{4}$  را جداگانه حساب می‌کنیم.

**نکته:** هرگاه در مسائل ژنتیک، احتمال حالتی را در بین دختران یا در بین پسران آن‌ها خواست، مسأله را عادی (مانند نکته‌ی بالا) حساب می‌کنیم، ولی جواب را در آخر در عدد ۲ ضرب می‌کنیم. (مثلاً اگر گفت چه نسبت از پسران قد بلند می‌شوند، احتمال پسر قد بلند را در بین کل فرزندان حساب کرده و پاسخ را در ۲ ضرب می‌کنیم.)

**نکته:** تمام صفات پیوسته را که روی یک کروموزوم قرار دارند، با هم در نظر می‌گیریم و جدا جدا آن‌ها را در آمیزش‌ها در نظر نمی‌گیریم، مثل کوررنگی، زالی ناشنوایی، هموفیلی، سندرم ماهیچه‌ای دوشن، کام شکاف‌دار و رنگدانه‌ای شدن شبکیه‌ی چشم که همگی وابسته به x و پیوسته‌اند.

**نکته:** الف) هرگاه در مسأله‌ای گفت صفتی مندلی است یعنی دو اللی با رابطه‌ی غالب مغلوبی است.

ب) هرگاه گفت دو صفت مندلی است یعنی هر دو، دو اللی با رابطه‌ی غالب مغلوبی و غیرپیوسته یعنی مستقل می‌باشد.

ج) هرگاه گفت از آمیزش n جفت صفت یعنی n صفت دو اللی را بررسی می‌کند.

تمرین: از آمیزش زوج روبه‌رو احتمال ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌های خواسته شده را حساب کنید.

$$\text{زوج: } \begin{cases} x^F y & Aa \ BB \ Rw \ Dd \\ x^F x^f & Aa \ Bb \ Rw \ dd \end{cases}$$

(ه) چه نسبت از پسران فنوتیپ f A B R دارند. (و) دختری در بین دختران با فنوتیپ a B R w d (ز) فرزندی F A B w D (ح) چه نسبت از فرزندان دارای فنوتیپ A و F دارای ژنوتیپ FfAaBbRR می‌باشد؟	(B) فنوتیپ‌های	الف) دختری خالص در همه‌ی صفات	(A) ژنوتیپ‌های
		F aa Bb R w D d	
		ج) دختری ناخالص در همه‌ی صفات در بین دختران آن‌ها	
		د) فرزندی AA BB R w d d	

پاسخ:

یادآوری: در این مثال ۵ صفت مستقل را باید بررسی کنیم و صفت (F, f) را باید با جنسیت پسر یا دختر با هم در نظر بگیریم و برای هر حالت ۴ را در مخرج کسر قرار داده و برای صورت کسر احتمال حالت مورد سؤال قرار گرفته را قرار دهیم.

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 & \text{الف) } \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{64} \\
 & \text{ب) } \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{128} \\
 & \text{ج) } \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{32} \\
 & \text{د) } \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{32}
 \end{aligned} \right\} \text{ژنوتیپ‌ها (A)}
 \end{aligned}$$

(در این قسمت به جنسیت و صفت (F) کاری نباید داشته باشیم، چون از ما خواسته است!!!)

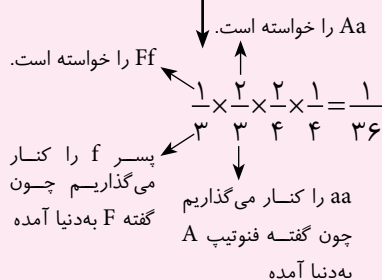
$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 & \text{ه) } \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{32} \\
 & \text{و) } \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16} \\
 & \text{ز) } \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{9}{128}
 \end{aligned} \right\} \text{ژنوتیپ‌ها (B)}
 \end{aligned}$$

(چون صفت f یا F را بررسی نکرده برای دختر فقط  $\frac{1}{2}$  می‌گذاریم)  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

(بدون توجه به جنسیت)  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{9}{128}$

ح) برای حل این مدل مسائل که در قسمت اول یک سری صفات را به دنیا آورده است ولی در قسمت دوم یک سری صفات را می‌خواهد باید صفاتی را که در قسمت دوم می‌خواهد ولی در ابتدا از آن صحبتی نکرده است را مستقل به دست بیاوریم مثلاً احتمال Bb که  $\frac{1}{4}$  و RR باید صفاتی را که در قسمت اول یک سری صفات را به دنیا آورده است ولی در ابتدا از آن صحبتی نکرده است را مستقل به دست بیاوریم مثلاً احتمال Bb که  $\frac{1}{4}$  و RR که  $\frac{1}{4}$  می‌شود را جدا در هم ضرب کنیم که  $\frac{1}{16}$  می‌شود ولی برای صفات (A, a) و (F, f) چون در ابتدا گفته فرزند AF به دنیا آمده پس برای این صفات جدول پانت بکشید و احتمال حالتهایی را که نمی‌خواهد حذف کنید و در نهایت احتمال حالتهایی را که می‌خواهد از باقی‌مانده‌ها به دست بیاورید.

والدین	$x^F y$	Aa	BB	Rw	Dd	
	$x^F x^f$	Aa	Bb	Rw	dd	
فرزند	F پسر	AA	Aa	Bb	RR	در مورد D در فرزند حرف نزنده و ما هم کاری بهش نداریم.
	FF دختر	Aa	aa			



تمرین: از آمیزش زوج روبه‌رو احتمال فرزندان خواسته شده را حساب کنید.

$$\begin{cases}
 x_b^A y & R w & T t \\
 x_B^A x_b^a & R w & t t
 \end{cases} \text{زوج}$$

ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌های { الف) پسری با فنوتیپ AB که در دو صفت آتوزومی ناخالص باشد، در بین پسران آن‌ها. ب) فرزندی با فنوتیپ پدر، بدون توجه به جنسیت.

ج) فرزندی که نسبت به پدر و مادر بدون توجه به جنسیت فنوتیپ جدید (نوترکیب) داشته باشد.

د) چه نسبت از پسران دارای الل R آن‌ها فنوتیپ bT دارند؟