











فهرست

۱۱	چرخه‌ی سلولی	
۱۴	تعریف مفاهیم پایه‌ای (ژن، آلل، مجموعه کروموزوم و ...)	
۱۶	میتوز و میوز	
۳۴ ۴۷ ۴۹ ۵۱ ۵۴	گامت و مسائل مرتبط با آن چقدر آموخته‌ایم (۱) پاسخنامه چقدر آموخته‌ایم (۱) چقدر خفنی‌م (۱) پاسخنامه چقدر خفنی‌م (۱)	
۵۶	آمیزش	
۶۵	فنوتیپ و ژنوتیپ نوترکیب	
۸۲	پیوستگی	
۸۹	صفات چند آلی	
۱۰۳	صفات چند ژنی	
۱۰۴	مسائل ترکیبی صفات چند آلی و چند ژنی	

فهرست

۱۰۸
۱۱۲
۱۱۴
۱۱۸
۱۲۰

احتمالات



- چقدر آموخته‌ایم (۲)
- پاسخنامه چقدر آموخته‌ایم (۲)
- چقدر خفنیم (۲)
- پاسخنامه چقدر خفنیم (۲)

۱۲۳

تعیین جنسیت و صفات وابسته به جنس



۱۴۱
۱۵۷
۱۶۰
۱۶۵
۱۶۸

بیماری‌های ژنتیکی در انسان



- چقدر آموخته‌ایم (۳)
- پاسخنامه چقدر آموخته‌ایم (۳)
- چقدر خفنیم (۳)
- پاسخنامه چقدر خفنیم (۳)

۱۷۲

شجره‌نامه



۱۸۸

DNA و مسائل مرتبط با آن



۲۰۲
۲۱۱
۲۱۳
۲۱۶
۲۱۹

به خرده تست از قسمت‌های باقی‌مانده



- چقدر آموخته‌ایم (۴)
- پاسخنامه چقدر آموخته‌ایم (۴)
- چقدر خفنیم (۴)
- پاسخنامه چقدر خفنیم (۴)

۲۲۴

کلید تست‌های چقدر خفنیم و چقدر آموخته‌ایم



چرخه سلولی

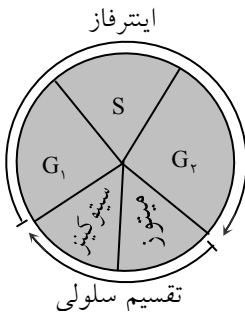
(سراسری - ۶۹)

(۲) مجموعه زمان تقسیم و ایتترفاز
(۴) مجموع زمان‌های ستر و آماده‌سازی

۱- کدام مورد معرف چرخه سلولی است؟

(۱) فاصله پایان تقسیم تا آغاز تقسیم بعدی
(۳) مجموعه مراحل تقسیم سلولی

نکته ۱:



چرخه سلولی؛ مراحل زندگی یک سلول یوکاریوت می‌باشد که به ترتیب شامل مراحل G_1 ، S ، G_2 ، میتوز و سیتوکینز است و به ۳ مرحله‌ی ابتدایی آن که حدود ۹۰ درصد زندگی سلول در آن سپری می‌شود مجموعاً ایتترفاز گفته می‌شود و همچنین ۲ مرحله‌ی پایانی آن، تقسیم سلولی نامیده می‌شود. به‌طور فاصله مطابق شکل، چرخه سلولی شامل مراحل ایتترفاز و تقسیم سلولی است و از پایان یک تقسیم شروع می‌شود و تا پایان تقسیم بعدی ادامه می‌یابد.

پاسخ: هم اکنون با توجه به نکته‌ی بالا، سر وقت! گزینه‌ها می‌رویم:

گزینه ۱ یعنی فاصله پایان تقسیم (انتهای سیتوکینز یا ابتدای G_1 یا ابتدای ایتترفاز) تا آغاز تقسیم بعدی (ابتدای میتوز یا انتهای G_2 یا انتهای ایتترفاز) تنها شامل مراحل ایتترفاز می‌شود و چرخه مورد وصف آن فاقد مراحل تقسیم است، گزینه ۳ تنها شامل مراحل تقسیم سلولی است و ایتترفاز را در بر نمی‌گیرد و به نوعی مکمل گزینه ۱ است و گزینه ۴ نیز تنها شامل مرحله‌ی از ایتترفاز است ولی طبق تعریف چرخه سلولی، گزینه ۲ همان گمشده‌ی ماست!



۲- کدام مورد معرف چرخه سلولی است؟

(۲) فاصله آغاز یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی
(۴) فاصله آغاز یک تقسیم تا آغاز تقسیم بعدی

(۱) مجموع زمان‌های تقسیم سلولی، ایتترفاز و میتوز
(۳) مجموع زمان‌های ایتترفاز، میتوز و سیتوکینز

پاسخ: مطابق سؤال قبل گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

گزینه ۱، میتوز را یک‌بار به‌طور جداگانه و یک‌بار هم توسط تقسیم سلولی قید کرده است که در واقع چرخه‌ی گزینه ۱ چرخه سلولی با یک میتوز اضافه است! گزینه ۲ یعنی فاصله آغاز یک تقسیم (ابتدای میتوز) تا پایان تقسیم بعدی (انتهای سیتوکینز تقسیم بعد) شامل یک چرخه سلولی با یک میتوز و یک سیتوکینز اضافه است که البته این گزینه دارای یک اشکال دیگر نیز هست که در رد گزینه ۴ به آن اشاره می‌کنیم پس هم اکنون متوجه شدید (شده بودید!) که پاسخ گزینه ۳ است زیرا به مجموع مراحل ایتترفاز و تقسیم سلولی اشاره می‌کند که این همان تعریف چرخه سلولی است اما چرا گزینه ۴ نادرست است؟

توجه کنید، در بررسی گزینه ۴، نکته مهمی نهفته است. به ظاهر در گزینه ۴، یعنی در فاصله آغاز یک تقسیم تا آغاز تقسیم بعدی، یک دایره‌ی کامل چرخه سلولی قرار دارد اما این گزینه با تعریف چرخه سلولی (مراحل زندگی یک سلول یوکاریوت) تفاوت اساسی دارد. اگر بر طبق گزینه ۴، چرخه سلولی با آغاز تقسیم، شروع شود، یک سلول ابتدا باید مرحله‌ی تقسیم از چرخه سلولی را بگذراند و مشخص است که هر سلول بعد از گذراندن مرحله‌ی تقسیم، به دو سلول تبدیل می‌شود و ما مجبور هستیم که از این جا به بعد، ۲ سلول را در چرخه سلولی بگردانیم! که این مغایر با تعریف چرخه سلولی است به‌هر حال به این نکته توجه کنید که کتاب درسی تعریف از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی را بی‌جهت بکار نبرده است. و تعریفی برای چرخه سلولی قابل تصور است که از محل پایان تقسیم (اول G_1)، اول ایتترفاز یا آخر سیتوکینز هم بعنوان همان محل پایان تقسیم، قابل قبول‌اند! شروع شود و در همان جا هم خاتمه یابد.



۳- در چرخه زندگی یک سلول یوکاریوتی، وقتی مرحله میتوز به پایان می‌رسد، معمولاً کدام مرحله آغاز می‌شود؟

(۳) دومین مرحله‌ی رشد

(۲) نخستین مرحله‌ی رشد

(۱) ستر

(۴) سیتوکینز



پاسخ: همانطور که در طرح چرخه سلولی دیدید، پس از پایان یافتن میتوز، معمولاً سیتوکینز یا تقسیم سیتوپلاسم صورت می‌گیرد.

۴- کدام یک پایان G_2 را در چرخه سلولی اعلام می‌کند؟

(سراسری - ۷۲)

- (۱) ضخیم شدن و دیدنی شدن کروموزومها
(۲) تحلیل سانتیولها
(۳) آغاز مضاعف شدن DNA
(۴) آغاز پیدایش نوکلئوزومها

- (۱) ضخیم شدن و دیدنی شدن کروموزومها
(۳) آغاز مضاعف شدن DNA

نکته ۲:

اتفاقاتی که در هر یک از مراحل پرفه‌ی سلولی رخ می‌دهد:

- (۱) G_1 یا نخستین مرحله‌ی رشد؛ رشد سریع سلول و بزرگ شدن آن - وقایع معمول سلول (مثل پروتئین‌سازی، RNA سازی؛ و ...) - آمادگی برای ورود به مرحله‌ی S
(۲) S یا مرحله‌ی سنتز؛ همانندسازی DNA هسته - دو کروماتیدی شدن کروموزومها - آمادگی برای ورود به مرحله‌ی G_2
(۳) G_2 یا دومین مرحله‌ی رشد؛ همانندسازی اندامکها (مثل سانتیولها) - همانندسازی DNA میتوکندری و کلروپلاست (فواهدی فواید که این دو اندامک نیز دارای DNA هستند) - آمادگی برای تقسیم سلولی
(۴) میتوز؛ تقسیم شدن هسته به دو هسته‌ی پریر که هسته‌های پریر دارای همان تعداد و همان نوع کروموزومهای هسته‌ی اولیه هستند.
(۵) سیتوکینز؛ تقسیم سیتوپلاسم سلول.

⇒ **پاسخ:** علامت پایان هر مرحله‌ای علامت شروع مرحله‌ی بعد است! پس در این سؤال برای یافتن علامت پایان مرحله‌ی G_2 باید علامت شروع میتوز را در گزینه‌ها پیدا کنیم.

گزینه ۳ همانطور که گفته شد در مرحله‌ی S رخ می‌دهد و جزو علامت پایان G_1 است، گزینه ۲ نیز نادرست است زیرا در پایان مرحله‌ی G_2 ، سانتیولها مضاعف می‌شوند و تحلیل نمی‌روند! و گزینه ۴ نیز نادرست است چون نوکلئوزوم همیشه هست! اما گزینه ۱ صحیح است زیرا کلاً دیدنی شدن کروموزومها ویژه مرحله پروفاز از تقسیم است که پس از پایان یافتن G_2 اتفاق می‌افتد.

حواستان باشد، به‌طور کلی هر یک از مراحل پروفاز مثل شروع تشکیل دوک تقسیم و یا شروع ناپدید شدن غشای هسته می‌تواند علامت پایان G_2 باشد.



۵- در هر سلول کمترین مقدار DNA مربوط به کدام مرحله از چرخه سلولی است؟

(آزمایشی سنجش - ۸۲)

- (۱) پروفاز (۲) S (۳) G_2 (۴) G_1

⇒ **پاسخ:** همانطور که در نکته‌ی ۲ خواندید، همانندسازی یا مضاعف شدن DNA در مرحله‌ی S از اینترفاز صورت می‌گیرد پس در واقع از مرحله‌ی S به بعد، DNA سلول مضاعف می‌شود در نتیجه کمترین مقدار DNA مربوط به مرحله‌ی G_1 از اینترفاز است.



۶- همانندسازی میتوکندری، در کدام مرحله از چرخه سلولی انجام می‌شود؟

(آزمایشی سنجش - ۸۳)

- (۱) G_1 (۲) S (۳) میتوز (۴) G_2

⇒ **پاسخ:** همان‌طور که در نکته‌ی ۲ خواندید، همانندسازی اندامک‌های سلول مثل سانتیولها، میتوکندری و کلروپلاست در مرحله‌ی G_2 از اینترفاز صورت می‌گیرد.



۷- سلول در آخر اینترفاز دارد.

(آزمایشی سنجش - ۸۱)

- (۱) سنتز DNA (۲) کروماتین یک کروماتیدی
(۳) کاهش پروتئین سازی (۴) کروماتین دو کروماتیدی

⇒ **پاسخ:** در آخر اینترفاز یا مرحله‌ی G_2 از چرخه سلولی پروتئین‌سازی در سلول افزایش می‌یابد، در این مرحله کروماتین هسته دو کروماتیدی است. در مورد سایر گزینه‌ها باید گفت که سنتز DNA در مرحله‌ی S و کروماتین یک کروماتیدی مربوط به مرحله‌ی G_1 است پس پاسخ، گزینه ۴ یعنی کروماتین دو کروماتیدی است. (البته از این اصطلاح غلط کروماتین یک و دو کروماتیدی اصلاً دل خوشی ندارم، حتماً می‌دانید که واژه کروماتین مربوط به زمان اینترفاز است و واژه‌های کروموزوم و کروماتید مربوط به زمان تقسیم‌اند اما در کتاب درسی به جای یکدیگر به کار برده شده‌اند!!)



۸- در کدام مرحله از زندگی سلول، مواد وراثتی هسته به شکل کروماتین است؟

(آزاد - ۷۲)

- (۱) متافاز (۲) اینترفاز (۳) تلوفاز (۴) آنافاز

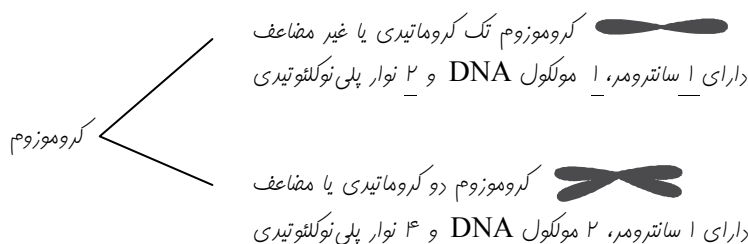
نکته ۳:

ماده‌ی وراثتی در مراحل مختلف پرفه‌ی سلولی:

اینترفاز: اگر ماده وراثتی هسته سلول را در مراحل اینترفاز با میکروسکوپ نوری بررسی کنیم ماده وراثتی را به صورت رشته‌های باریک و در هم تنیده و به صورت یک توده بنام کروماتین مشاهده می‌کنیم که اگر این بررسی را با میکروسکوپ الکترونی انجام دهیم بر روی این رشته‌ها ساختارهایی موره مانند می‌بینیم که هر موره نوکلئوزوم نامیده می‌شود و شامل بخشی از مولکول DNA و ۸ مولکول پروتئینی به نام هیستون است که DNA در دور به دور آنها پیچیده است.



تقسیم سلولی: در اواخر G_1 و اوایل تقسیم، رشته‌های دراز و درهم تنیده کروماتین به تریچ فشرده می‌شوند و رشته‌های قطور و کوتاهی به نام کروموزوم را تشکیل می‌دهند. کروموزوم‌ها در مراحل مختلف تقسیم به دو شکل تک کروماتیدی یا دو کروماتیدی دیده می‌شوند که دارای ویژگی‌های زیر هستند:



پاسخ: پس با توجه به توضیحات بالا، ماده وراثتی در اینترفاز یعنی گزینه ۲ به شکل کروماتین است در ضمن یادآوری می‌کنم که گزینه‌های دیگر جزو مراحل چهارگانه تقسیم میتوز است و ماده وراثتی در آنها کروموزوم نامیده می‌شود.

(آزمایشی سنجش - ۸۲)

۹- منظور از کروماتیدهای خواهری چیست؟

- (۲) دو کروماتید از دو کروموزوم غیر همولوگ
(۴) کروماتیدهای سازنده‌ی یک تتراد

- (۱) دو کروماتید از دو کروموزوم همولوگ
(۳) کروماتیدهای سازنده‌ی یک کروموزوم

دو کروماتید خواهری

دو کروماتید خواهری



دو کروموزوم همولوگ

پاسخ: هر کروموزوم مضاعف دارای دو کروماتید خواهری است که کاملاً یکسان هستند و در ناحیه‌ای بنام سانترومر به یکدیگر وصل شده‌اند پس پاسخ صحیح گزینه ۳ است و همچنین دقت کنید که کروماتیدهای دو کروموزوم همولوگ، کروماتیدهای خواهری نامیده نمی‌شوند زیرا ممکن است دارای آلل‌های متفاوت یک صفت باشند. برای تفهیم بیشتر به شکل زیر توجه کنید:

۱۰- عبور از تحت کنترل پروتئین‌های نقاط واریسی نیست.

(۴) G_1 به میتوز

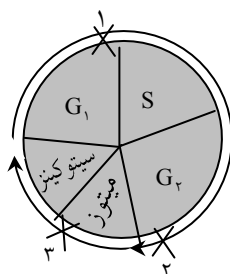
(۳) S به G_1

(۲) میتوز به سیتوکینز

(۱) G_1 به S

نکته ۴:

نقاط واریسی:



در پرفه سلولی، زمان‌های حساسی وجود دارد که آن‌ها را نقاط واریسی می‌نامیم و در این زمانها عبور سلول از یک مرحله به مرحله دیگر توسط پروتئین‌هایی کنترل می‌شود. این زمانها (نقاط واریسی) مطابق شکل زیر عبارتند از: (۱) انتهای G_1 ، (۲) انتهای G_2 ، (۳) انتهای میتوز

ضمناً افتلال در عملکرد این پروتئین‌ها بر اثر عواملی مثل مصرف مواد مضر و دفتایات، قرار گرفتن در معرض پرتو فرابنفش، مصرف غذاها و هوای آلوده به آلاینده‌های شیمیایی مثل سرب، رژیم غذایی و تنش‌های روانی، می‌تواند سبب ابتلا به سرطان شود. (به عنوان یک بچه نکته! مواستان باشد که الکل جزو عوامل موثر بر سرطان ذکر نشده است!)

پاسخ: پس با توجه به نکته‌ی ۴ تمامی گزینه‌ها بجز گزینه ۳ دارای نقاط واریسی هستند.

تعریف مفاهیم پایه‌ای

(ژن، آلل، مجموعه کروموزوم و ...)

- ۱۱- سلول هگزاپلوئیدی که دارای ۲۴ کروموزوم است دارای مجموعه کروموزوم است و هر مجموعه دارای کروموزوم است که نسبت به هم هستند.
- (۱) ۴-۶- همولوگ (۲) ۶-۶- همولوگ (۳) ۴-۶- غیر همولوگ (۴) ۴-۶- غیر همولوگ

نکته ۵:

پند تعریف مهم:

- (۱) هاپلوئید؛ سلولی است که کروموزوم‌های آن به هم شبیه نیستند.
- (۲) دیپلوئید؛ سلولی است که کروموزوم‌های آن دو به دو به هم شبیه هستند.
- (۳) تریپلوئید؛ سلولی است که کروموزوم‌های آن سه به سه به هم شبیه هستند.
- (۴) همتا یا همولوگ؛ در سلول‌های $2n$ یا دیپلوئید به ازای هر کروموزوم، یک کروموزوم هم شکل و هم اندازه وجود دارد که همتا یا همولوگ نامیده می‌شود.
- (۵) ژن؛ بخشی از DNA است که تحت رهبری آن پروتئین یا RNA ساخته می‌شود و یا بخشی از DNA که در کنترل یک صفت نقش دارد.
- (۶) آلل؛ بر روی قطعات مشابه از کروموزوم‌های همولوگ ژن‌هایی وجود دارد که با هم در کنترل یک صفت نقش دارند، به این ژن‌ها نسبت به هم آلل می‌گویند. اگر دو آلل کنترل کننده‌ی یک صفت مشابه باشند (مثل AA یا aa) به فرزند، در مورد آن صفت ناهمن یا هموزیگوت (یا هموزیگوس) و اگر دو آلل کنترل کننده‌ی یک صفت متفاوت باشند (مثل Aa) به فرزند، در مورد آن صفت ناهمن یا هتروزیگوت (یا هتروزیگوس) گفته می‌شود.
- (۷) مجموعه کروموزوم؛ به n کروموزوم که با هم همولوگ نیستند، یک مجموعه کروموزوم گفته می‌شود. مثلاً یک سلول دیپلوئید ۲ مجموعه کروموزوم و یک سلول تریپلوئید ۳ مجموعه کروموزوم دارد.

≥ **پاسخ:** با توجه به تعریف مجموعه کروموزوم، در این سلول هگزاپلوئید یا $6n$ ، ۶ مجموعه کروموزوم یافت می‌شود که هر یک دارای ۴ کروموزوم غیر همولوگ است. پس گزینه‌ی ۴ جواب صحیح است.

۱۲- سلول تریپلوئیدی که ۱۲ کروموزوم دارد، دارای دسته کروموزوم است که کروموزوم‌های هر دسته نسبت به یکدیگر

(سراسری - ۷۴)

- (۱) سه - همولوگ (۲) سه - غیر همولوگ (۳) چهار - غیر همولوگ (۴) چهار - همولوگ

≥ **پاسخ:** با توجه به تعریف گفته شده در نکته ۵ برای مجموعه کروموزوم، این سلول تریپلوئید یا $3n$ دارای ۳ مجموعه کروموزوم است که هر مجموعه دارای ۴ کروموزوم غیر همولوگ است. پس گزینه‌ی ۲ جواب صحیح است.

۱۳- تعداد کروموزوم‌های گیاهی در حالت دیپلوئیدی ۲۴ است. در حالت تریپلوئیدی چند است؟

(آزمایشی سنجش - ۷۵)

(۱) ۳۶ جفت (۲) ۳۶ عدد (۳) ۷۲ عدد (۴) ۷۲ جفت

≥ **پاسخ:** چون تعداد کروموزوم‌های این گیاه در حالت دیپلوئیدی یا $2n$ برابر ۲۴ است پس n یا تعداد کروموزوم‌های هر مجموعه کروموزوم آن

برابر ۱۲ است ($n = \frac{24}{2} = 12$) پس این گیاه در حالت $3n$ دارای ۳۶ عدد کروموزوم است $\Rightarrow (3 \times n = 3 \times 12 = 36)$ پس گزینه‌ی

۲ جواب مورد نظر ماست.

۱۴- اگر گیاه نخود تریپلوئید، ۲۴ کروموزوم داشته باشد، هر مجموعه‌ی (دست) آن شامل چند کروموزوم است و نخود هگزاپلوئید چند کروموزوم دارد؟

(آزمایشی سنجش - ۸۲)

- (۱) ۸-۳۲ (۲) ۱۲-۴۸ (۳) ۸-۴۸ (۴) ۱۲-۷۲

≥ **پاسخ:** چون تعداد کروموزوم‌های این گیاه در حالت تریپلوئید یا $3n$ برابر ۲۴ است پس n یا تعداد کروموزوم‌های هر مجموعه کروموزوم آن برابر ۸

است $(n = \frac{24}{3} = 8 \rightarrow 24 = 3n)$ پس این گیاه در حالت هگزاپلوئید یا $6n$ دارای ۴۸ عدد کروموزوم است. $(6 \times n = 6 \times 8 = 48) \Leftarrow$



بنابراین گزینه‌ی ۳ جواب صحیح ماست.

۱۵- کدام یک از جمله‌های زیر، به‌طور صحیح مفهوم ژن‌های الل را نشان می‌دهد؟

(۱) ژن‌های واقع بر اتوزوم‌ها

(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.

≥ پاسخ: با توجه به تعریف گفته شده در نکته ۵، ژن‌های آلل، ژن‌هایی هستند که در مکان‌های مشابه روی کروموزوم‌های همتا واقع‌اند و با هم در



کنترل یک صفت نقش دارند.

۱۶- در حالت طبیعی، کدامیک ممکن است در کروموزوم‌های همولوگ یکسان نباشد؟

(۱) تعداد ژن‌ها

(۴) محل سانترومرها

(۳) محل الل‌ها

(۲) رموز الل‌ها

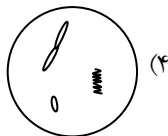
≥ پاسخ: همانطور که در نکته ۵ خواندیم، کروموزوم‌های همولوگ هم اندازه و هم شکل هستند و دارای محتوای ژنتیک مشابه هستند. پس محل

سانترومرها، تعداد ژن‌ها و الل‌ها و محل الل‌ها در آنها یکسان است اما ممکن است رموز الل‌های آنها با هم متفاوت باشد که در این صورت برای آن



صفت، هتروزیگوت یا ناخالص هستند.

۱۷- در کدامیک وضعیت کروموزومی به درستی مشخص شده است؟



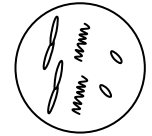
هاپلوئید غیر مضاعف



دپلوئید غیر مضاعف



دپلوئید مضاعف



هاپلوئید مضاعف

≥ پاسخ: توجه کنید، برای تشخیص مضاعف یا غیرمضاعف بودن سلول، کفایت کروموزوم‌ها را مورد توجه قرار دهیم، اگر کروموزوم‌ها دو کروماتیدی باشند سلول را مضاعف می‌نامیم و اگر کروموزوم‌ها تک کروماتیدی باشند سلول را غیر مضاعف می‌نامیم.

و همچنین برای تشخیص دپلوئید یا هاپلوئید بودن هسته به کروموزوم‌های هسته توجه می‌کنیم که اگر دو به دو شبیه باشند، سلول دپلوئید و در غیر این صورت هاپلوئید است.

پس به ترتیب گزینه ۱ دپلوئید غیر مضاعف $(2n = 6)$ ، گزینه ۲ هاپلوئید مضاعف $(n = 3)$ ، گزینه ۳ دپلوئید مضاعف $(2n = 6)$ و گزینه ۴ هاپلوئید

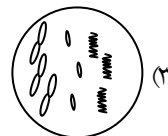


غیر مضاعف $(n = 3)$ است که تنها وضعیت کروموزومی گزینه ۴ درست بیان شده است.

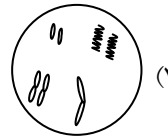
۱۸- در کدامیک وضعیت کروموزومی به درستی مشخص شده است؟



دپلوئید غیر مضاعف



تریپلوئید مضاعف



هاپلوئید مضاعف



دپلوئید غیر مضاعف

≥ پاسخ: با توجه به توضیحات قبل برای گزینه‌های سؤال داریم: گزینه ۱ دپلوئید مضاعف $(2n = 4)$ ، گزینه ۲ دپلوئید غیر مضاعف $(2n = 7)$ ،

گزینه ۳ تریپلوئید غیرمضاعف $(3n = 9)$ (یعنی کروموزوم‌ها، ۳ به ۳ هم شکل و هم اندازه هستند) و گزینه ۴ دپلوئید غیر مضاعف $(2n = 8)$ است. اما

مطمئناً برای تعدادی از شما این پرسش به وجود آمده است که در گزینه ۲، به ازای آن کروموزوم منحنی شکل ()، کروموزوم همولوگ نداریم پس چرا

وضعیت آن را دپلوئید می‌گوییم؟

زیرا در چنین مواردی ما به کل سلول نگاه می‌کنیم و چون بقیه‌ی کروموزوم‌ها همولوگ دارند سلول را دپلوئید حساب می‌کنیم و کروموزوم‌های تکی! را تنها در عدد کروموزومی به حساب می‌آوریم. مشابه چنین حالتی را در ملخ نر که $2n = 23$ است می‌بینیم که در این حالت ملخ نر دارای ۱۱ جفت کروموزوم همولوگ و یک کروموزوم تنها است. که به ازای ۱۱ جفت کروموزوم‌هایش (که دو به دو به هم شبیه‌اند) آن را دپلوئید حساب می‌کنیم و به ازای آن تک کروموزوم تنه‌ایش! عدد کروموزومی آن را $2n = 23$ به حساب می‌آوریم.

(البته این جا، جا دارد به عنوان یک بچه نکته! بگوییم که فرد یا زوج بودن کروموزوم‌ها نمی‌تواند دلیلی بر هاپلوئید یا دپلوئید بودن آن‌ها باشد مثلاً با وجود



اینکه تعداد کروموزوم‌ها در فرد $(2n)$ است، اما چون در آن اغلب کروموزوم‌ها جفت جفت‌اند دپلوئید محسوب می‌شود).

میتوز و میوز

۱۹- کدامیک از رویدادهای زیر در میتوز صورت نمی‌گیرد؟

(۱) ضخیم شدن کروموزوم‌ها

(۲) دوباره نمایان شدن پوشش هسته

(۳) همانندسازی DNA

(۴) حرکت یک جفت سانتیریول به یکی از دو قطب سلول

(سراسری - ۶۸)

راستش رو بفرمایید تایپیست معترم و البته بد اخلاق این کتاب که به فنون رزمی! نیز اعطاه کامل دارن (دارن ۳ کاراته!) عنوان کردن که باید به متنی بنویسی تا زیر این سؤال پُرشه و ریفت کتاب به هم نریزه. من هم اگر بفوام در این قسمت مطلب علمی مرتبط با کتاب درسی برای شما بنویسم ریتم کتاب را به هم می‌زنم و از اونجایی که هم ریفت و هم ریتم کتاب برای ما خیلی مهمه و هم شکل‌های مربوط به تقسیم‌های میتوز و میوز اونقدر مهم‌ان که ما باید هر کدوم رو در یک صفحه قرار بدیم گفتیم به کپ کوپولو با هم بنویسیم ...

من نمی‌دونم الان که تو داری کتاب رو می‌فونی چه وقت از ساله!! پائیزه، زمستونه، بهاره ... اما حالا که من دارم این متنو برای تو می‌نویسم آخر تابستونه فصلی که همیشه یادآور بهترین خاطرات من. فکر می‌کنی بهترین و مفیدترین تابستونی که در طول عمرم داشتم کی بود؟ وقتی رفتم سفر، وقتی توی تعطیلات حسابی خوابیدم یا وقتی ...

نه! بهترین تابستون عمر من سفت‌ترین تابستون عمرم هم بوده، فکر کنم داری به حدس‌هایی می‌زنی، درسته، تابستونی که سال بعدش باید در کنکور شرکت می‌کردم با روزی ۱۵، ۱۶ ساعت درس فوندن توی زیرزمین فونه. تابستونی که همدم من فقط و فقط سکوتی بود که گاه با صدای لغزیدن قلمم روی کاغذ برهم می‌خورد.

تابستونی که فکر می‌کردم هرگز سنتی‌هاش تمومی نداره، فکر می‌کردم تموم این کتابهای درسی جمع شدن تا توی گرمای طاقت‌فرسای تابستون ذوبم کنن. ولی هیچ کدوم از اتفاق‌های بدی که توی اون لحظات دشوار بهشون فکر می‌کردم اتفاق نیفتاد تا من طلایی‌ترین تابستون عمرم رو سپری کنم. باز هم این سؤال برام پیش اومد، تو توی چه فصلی هستی، تابستون، پائیز ... مهم نیست، من سؤال مهمتری دارم، ببینم می‌توای فصلت رو طلایی کنی؟ ...

نکته ۶:

تقسیم میتوز: مراحل میتوز و اتفاقات رخ داده در هر یک عبارت است از:

(۱) پروفاز: (۱ کوتاه و ضمیم شدن کروموزومها (۲) قابل رویت شدن کروموزومها (۳) ناپدید شدن پوشش هسته (۴) دور شدن سانتروئولها از یکدیگر و تشکیل دوک

(۲) متافاز: (۱) حرکت کروموزومها به سمت وسط سلول و قرارگیری در سطح استوای سلول، اتصال به دوک و تشکیل صفحه می کروموزومی (۲) حداکثر فشردگی کروموزومها

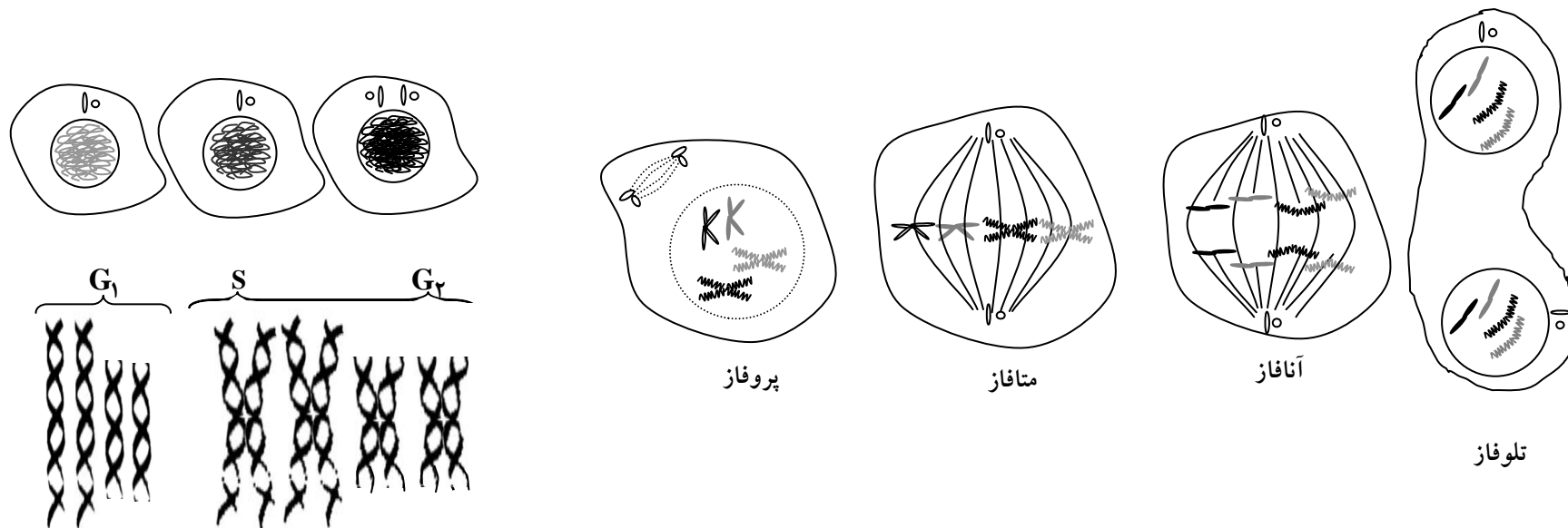
(۳) آنافاز: جدا شدن کروماتیدهای خواهری و به قطبین رفتن کروموزومهای خواهری

(۴) تلوفاز: (۱) تشکیل پوشش هسته (۲) دراز و باریک شدن کروموزومها (حداقل فشردگی کروموزومها) (۳) از بین رفتن دوک

باید توجه داشت چون سلول مورد بحث $2n = 4$ است، در مرحله G_1 از اینترفاز دارای ۴ عدد مولکول DNA است که دو به دو شبیه‌اند و پس از گذشتن از مرحله S این ۴ عدد مولکول DNA همانندسازی شده و هر ۲ مولکول DNA در مرحله G_2 به یک کروموزوم مضاعف (X) تبدیل می‌شود و در نتیجه ۴ کروموزوم مضاعف پدیدار می‌گردد.

* بجه نکته: سلول زیر، در مراحل پروفاز و متافاز: دیپلوئید مضاعف، در مرحله آنافاز: در هر قطب دیپلوئید و در مرحله تلوفاز: در هر هسته دیپلوئید است.

* مراحل اینترفاز و تقسیم میتوز در یک سلول $2n = 4$:



≥ **پاسخ:** همانطور که در صفحه‌ی قبل هم گفتیم در پروفاز کروموزوم‌ها شروع به ضخیم شدن می‌کنند (گزینه ۱)، در تلوفاژ پوشش هسته دوباره نمایان می‌شود (گزینه ۲) و همچنین در پروفاز سانتیول‌ها از هم فاصله می‌گیرند و به سوی دو قطب حرکت می‌کنند (گزینه ۴) پس این ۳ اتفاق در تقسیم میتوز رخ می‌دهد ولی گزینه ۳ یا همانندسازی DNA در تقسیم میتوز رخ نمی‌دهد زیرا همانطور که خواندیم همانندسازی در مرحله‌ی S از اینترفاز روی می‌دهد.

اکنون با توجه به نکته ۶ در کمتر از سه سؤالات ۲۰ و ۲۱ و ۲۲ و ۲۳ را حل کنید.

۲۰- در انتهای کدام مرحله تقسیم میتوزی پایان می‌یابد و سلول‌های جدید وارد مرحله اینترفاز می‌شوند؟
(۱) آنافاز (۲) تلوفاژ (۳) متافاز (۴) پروفاز (آزاد - ۷۴)

۲۱- در کدام مرحله تقسیم سلولی کروماتیدها از هم جدا می‌شوند و کروموزوم‌ها به دو طرف سلول می‌روند؟
(۱) پروفاز (۲) تلوفاژ (۳) اینترفاز (۴) آنافاز (آزاد - ۷۵)

۲۲- در مرحله آنافاز تقسیم میتوز کدام تغییرات در سلول قابل مشاهده است؟
(۱) فعالیت‌های ماده سازی و مواد لازم برای بزرگ شدن سلول تهیه می‌شود.
(۲) مولکول DNA سستز و مضاعف می‌گردد.
(۳) کروماتیدها از هم جدا می‌شوند و کروموزوم‌ها به دو طرف سلول می‌روند.
(۴) پوسته هسته از میان می‌رود و دوک پدید می‌آید. (آزاد - ۷۷)

۲۳- تغییراتی را که ماده وراثتی سلول در مرحله متافاز تقسیم میتوز می‌نماید کدام است؟
(۱) به شکل کروماتین ظاهر می‌شود. (۲) به شکل رشته‌های ظریفی در درون هسته پراکنده است.
(۳) کروماتیدها به وسیله سانترومر به وسط دوک می‌چسبند. (۴) کروماتیدها از هم جدا می‌شوند و به دو طرف سلول می‌روند. (آزاد - ۷۷)

۲۴- در اواخر آنافاز میتوز، هر کروموزوم به ترتیب از راست به چپ چند کروماتید و چند سانترومر دارد؟
(۱) ۱ و ۱ (۲) ۱ و ۲ (۳) ۲ و ۳ (۴) ۲ و ۲ (سراسری - ۶۶)

≥ **پاسخ:** در آنافاز میتوز کروماتیدهای خواهری از هم جدا شده و کروموزوم‌های خواهری (که اکنون تک کروماتیدی هستند) به قطبین می‌روند پس کروموزوم‌ها در آنافاز میتوز تک کروماتیدی هستند و همچنین می‌دانیم که هر کروموزوم همواره (چه تک کروماتیدی و چه دو کروماتیدی) دارای یک سانترومر است پس کروموزوم‌های مورد سؤال ما، هم تک سانترومری و هم تک کروماتیدی هستند.

۲۵- تقسیم سانتیول‌ها و سانترومر کروموزوم‌ها به ترتیب در کدام مرحله از میتوز صورت می‌گیرد؟
(۱) آنافاز - پروفاز (۲) پروفاز - آنافاز (۳) پروفاز - متافاز (۴) تلوفاژ - آنافاز (سراسری - ۶۶)

≥ **پاسخ:** تقسیم سانترومرها یعنی تبدیل ۱ سانترومر به ۲ سانترومر در آنافاز میتوز و میوز II رخ می‌دهد در این زمان سانترومرها تقسیم می‌شوند و از هر کروموزوم دو کروماتیدی، دو کروموزوم تک کروماتیدی حاصل می‌شود. اما تقسیم سانتیول‌ها که در این جا مفهوم آن جدا شدن آنها از یکدیگر است در پروفاز صورت می‌گیرد.

به‌طور کلی مضاعف‌سازی سانتیول‌ها در مرحله‌ی G_۲ از اینترفاز رخ می‌دهد ولی جدا شدن آنها از یکدیگر در ابتدای پروفاز صورت می‌گیرد.

۲۶- در کدام مرحله از تقسیم میتوز، کروموزوم‌ها نازک‌تر و طویل‌تر می‌شوند؟
(۱) اواخر تلوفاژ (۲) اواخر پروفاز (۳) آنافاز (۴) متافاز (سراسری - ۷۷)

نکته ۷:

در تقسیم هسته، به ترتیب شروع فشردگی و قابل رویت شدن کروموزوم‌ها مربوط به مرحله‌ی پروفاز، حداکثر فشردگی آنها مربوط به مرحله متافاز و در اقل فشردگی یا نازک و طویل شدن کروموزوم‌ها مربوط به مرحله‌ی تلوفاژ است.

≥ **پاسخ:** با توجه به نکته‌ی ۷، در تقسیم میتوز در مرحله‌ی تلوفاژ کروموزوم‌ها شروع به باریک و دراز شدن می‌کنند.