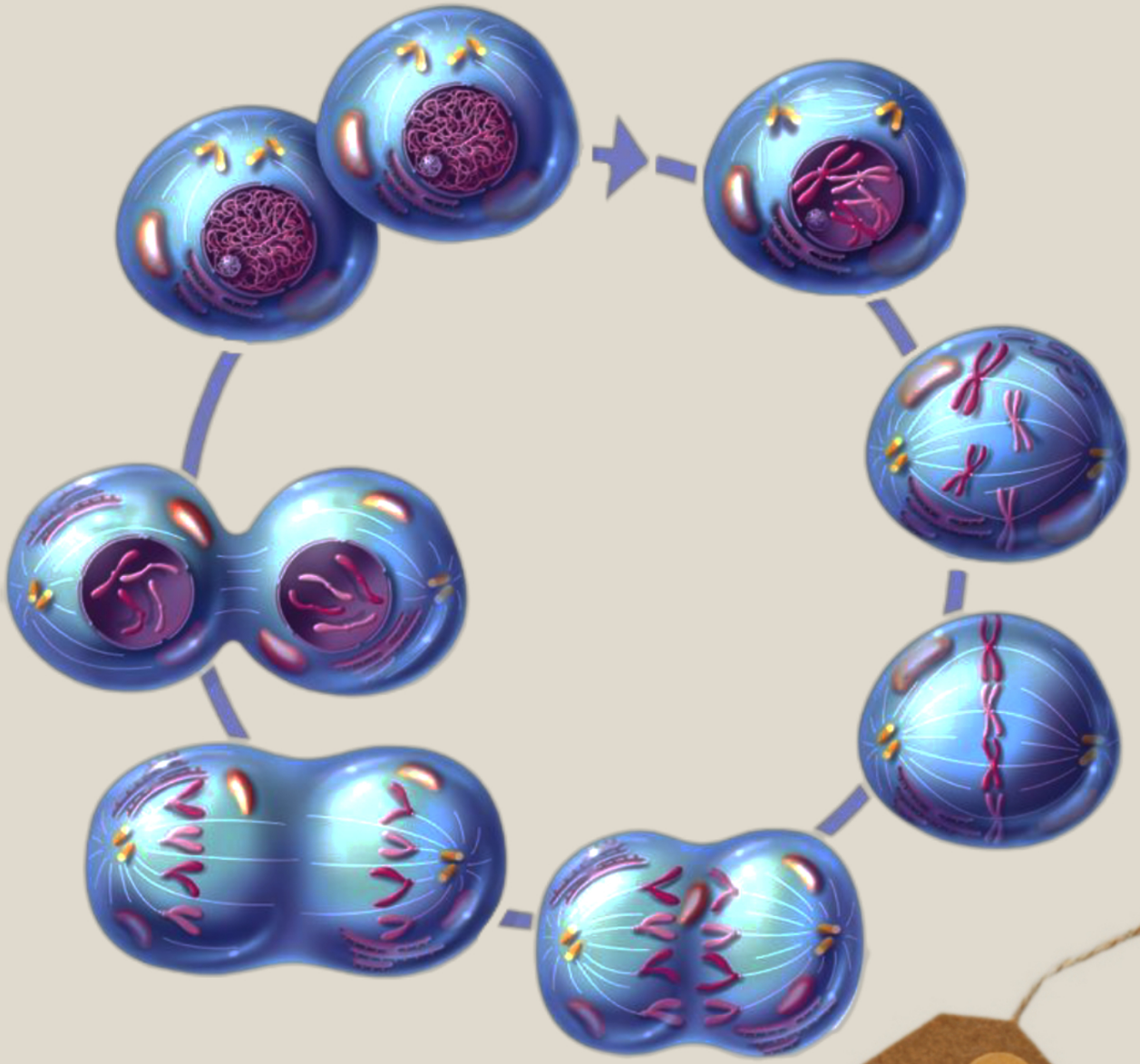
-فصل ۶ یازدهم:

«تقسیم یاخته»

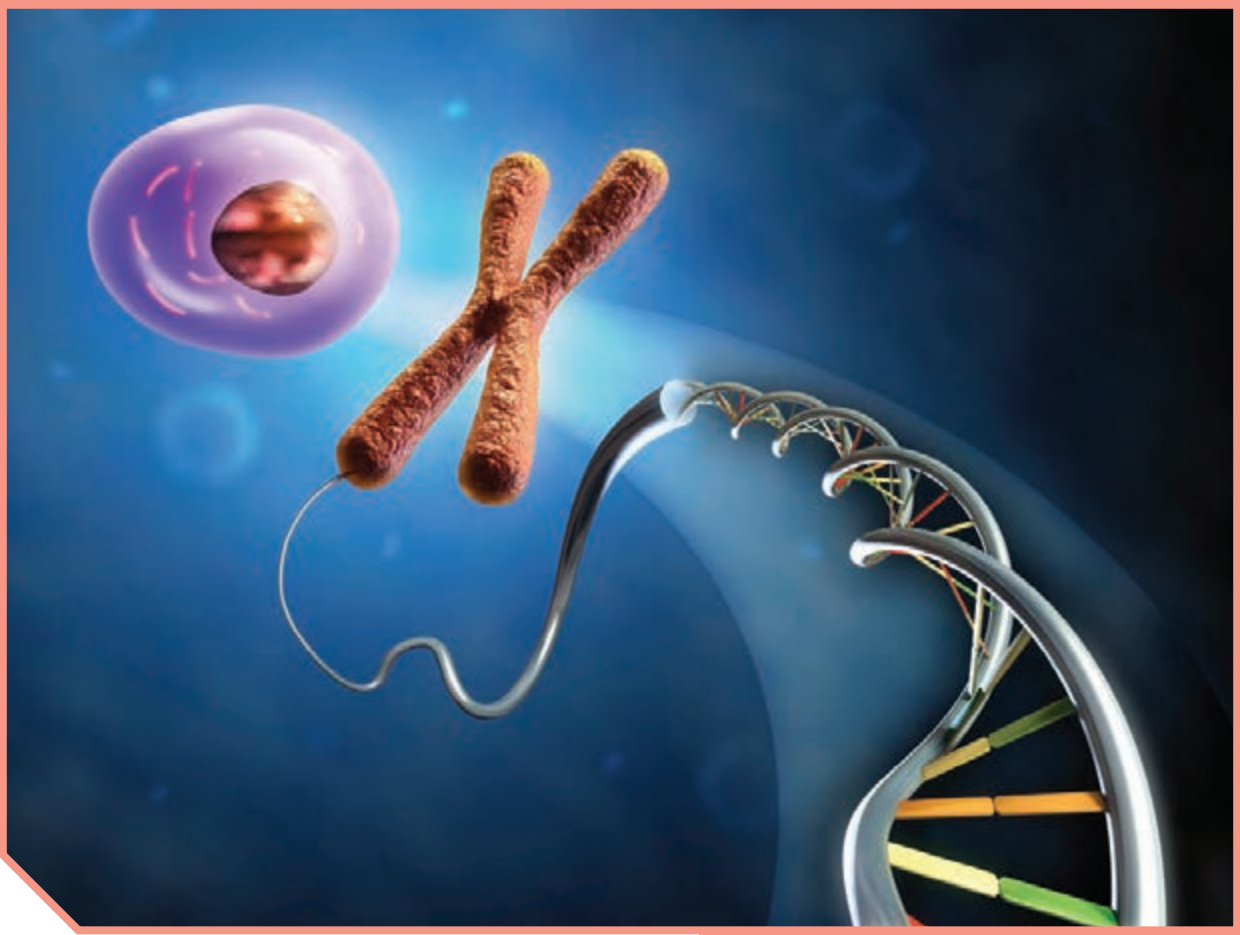


همه چی تو همین کتابه !

زیست 2

BIOLOGY BOOK

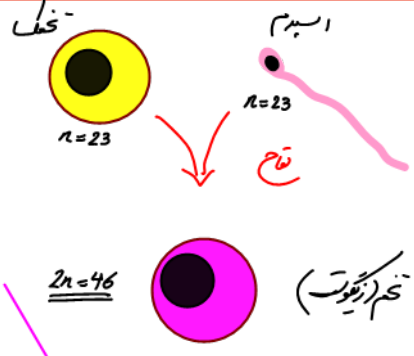
دکتر زهرا همایونی



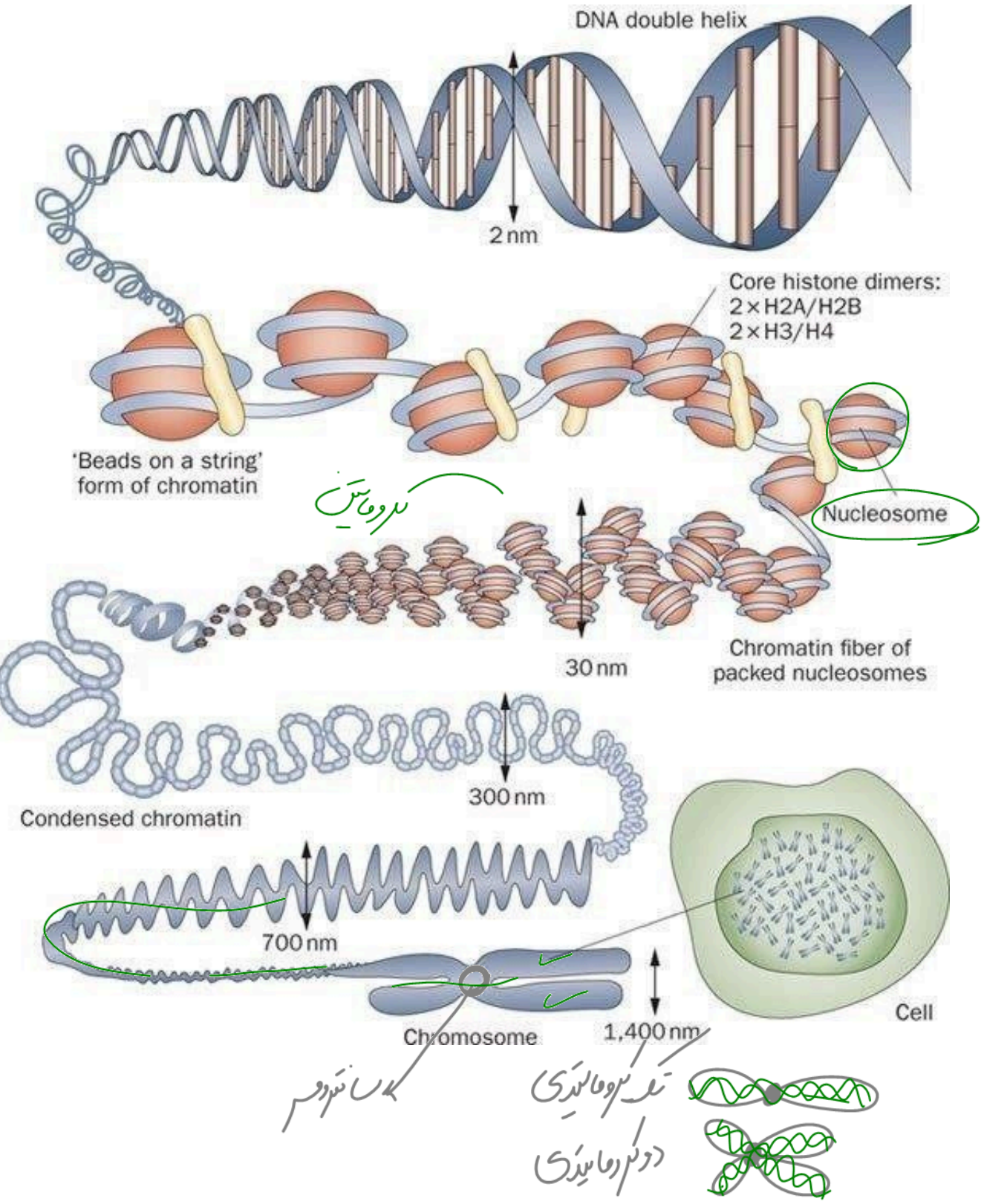
فصل ۶

تقسیم یاخته

زندگی انسان، با تشکیل یاخته‌ای به نام تخم آغاز می‌شود و پس از چند ماه به نوزادی با میلیاردها یاخته تبدیل می‌شود. روند افزایش یاخته‌ها حتی بعد از این هم ادامه می‌یابد، به‌طوری که تعداد یاخته‌ها در بدن یک فرد بالغ به صدها میلیارد می‌رسد. این افزایش شگفت‌انگیز با تقسیمات پیاپی یاخته‌ها صورت می‌پذیرد. با توجه به مطالبی که در سال‌های گذشته فرا گرفتید، چه انواعی از تقسیم در بدن یک فرد بالغ را می‌شناسید؟ هر نوع از این تقسیم‌ها در چه نوع یاخته‌هایی، انجام می‌شود؟ نتیجهٔ هر نوع از تقسیم چیست؟ آیا همهٔ یاخته‌های بدن، تقسیم می‌شوند؟



از دوران جنینی تا پایان عمر ← میتوز و میوز ← فقط بعد از سن بلوغ به طور کامل انجام می‌شود.


DNA double helix
2 nm
Core histone dimers:
2×H2A/H2B
2×H3/H4
'Beads on a string'
form of chromatin
Nucleosome
30 nm
Chromatin fiber of
packed nucleosomes
300 nm
Condensed chromatin
700 nm
Chromosome
1,400 nm
Cell

در هر سلول از هر نوع کروموزوم 2 تا داریم

در هر مجموعه همه کروموزوم ها غیر همتا

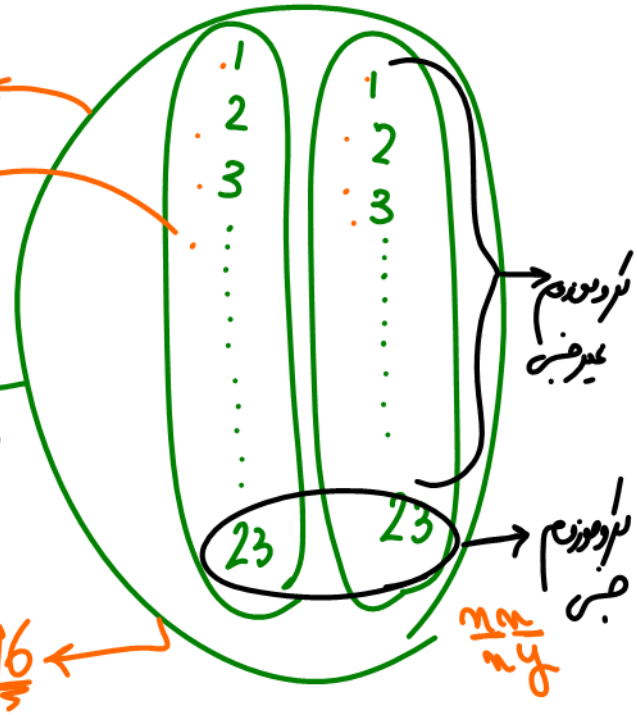
در هر سلول 2 تا مجموعه 23 تایی کروموزوم

که یکی از مادر و دیگری از پدر دریافت شده.

تخمک

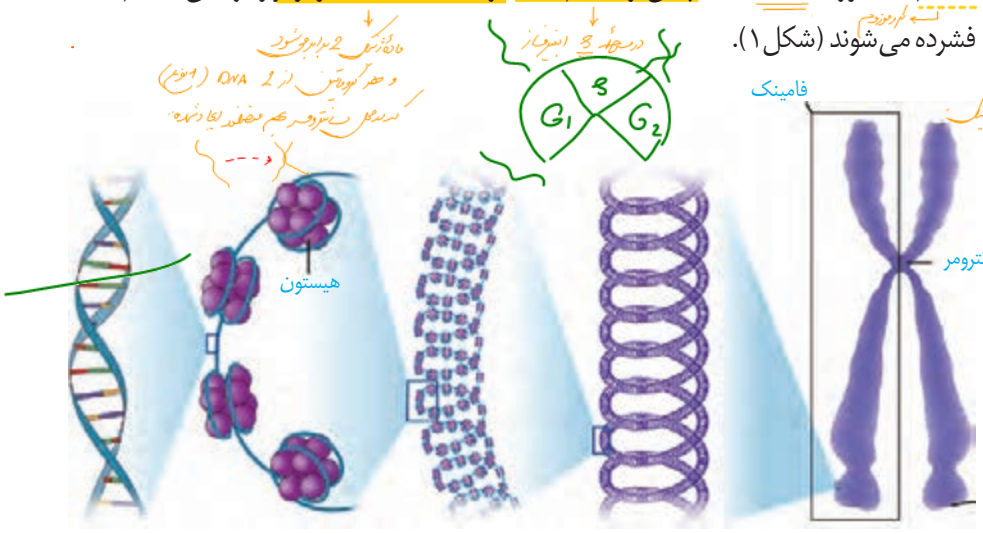
اسپرم

در هر مجموعه $n=23$ - $2n=46$



گفتار ۱ فام‌تن (کروموزوم)

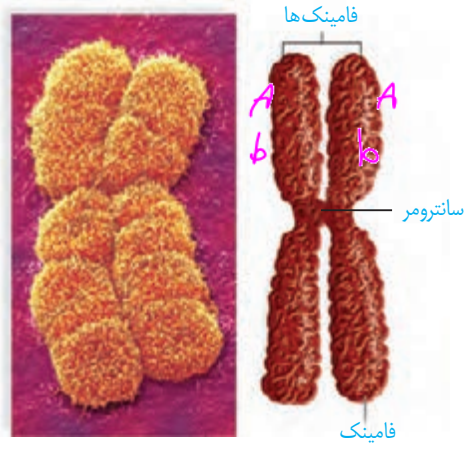
همان‌طور که می‌دانید، فام‌تَن از **دِنا** (DNA) و پروتئین تشکیل شده‌است. به شکل ۱ توجه کنید. زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی فام‌تن‌های هسته، کمتر و به‌صورت توده‌ای از رشته‌های درهم است که به آن، **فامینه (کروماتین)** می‌گویند. هر رشتهٔ فامینه دارای واحدهای تکراری به نام **هسته‌تَن (نوکلئوزوم)** است. در هر هسته‌تن، مولکول دِنا حدود ۲ دور در اطراف ۸ مولکول پروتئینی به نام **هیستون** پیچیده است. مادّهٔ وراثتی هسته در تمام مراحل زندگی یاخته، به‌جز تقسیم، به صورت فامینه است. **پیش از تقسیم یاخته**، رشته‌های فامینه دو برابر و در حین تقسیم یاخته فشرده می‌شوند (شکل ۱).



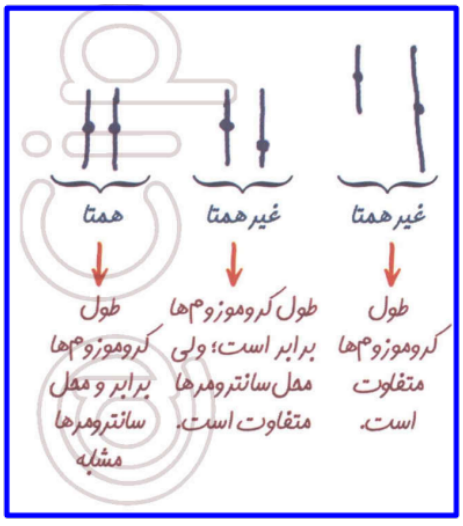
شکل ۱ـ مراحل فشرده‌شدن فام‌تن

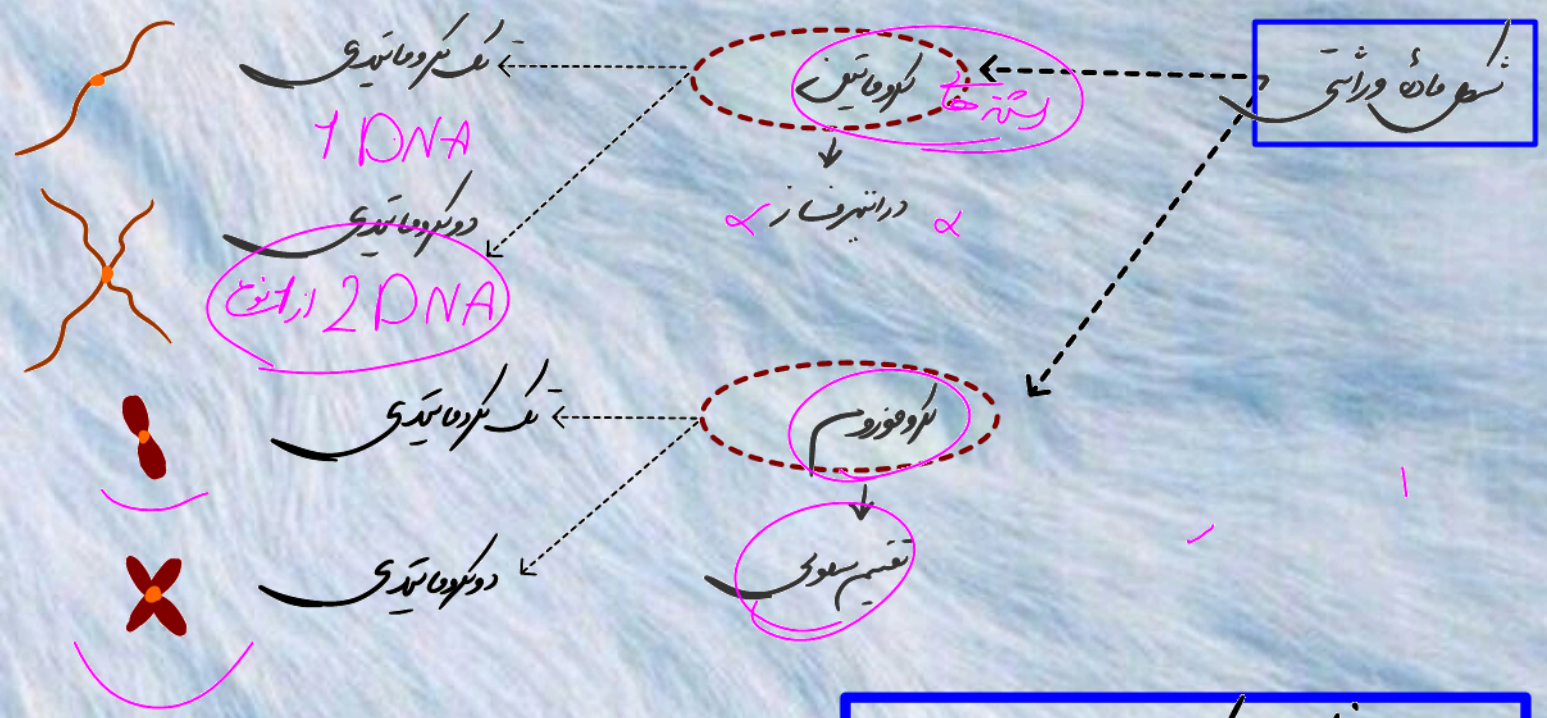
کروموزوم اصلی باکتری‌ها به غشای سلول متصل است؛ ولی پلازمید آن‌ها همانند DNA میتوکندری و DNA کلروپلاست، آزاد است و هیچ اتصالی به غشا ندارد. (دوازدهم، فصل ۱)

شکل ۲، تصویر یک فام‌تن را در حداکثر فشردگی نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، این فام‌تن از دو بخش همانند به نام **فامینک (کروماتید)** تشکیل شده است. به این فام‌تن‌ها، فام‌تن‌های **مضاعف‌شده** می‌گویند. فامینک‌های هر فام‌تن مضاعف از نظر نوع ژن‌ها یکسان‌اند و به آن‌ها فامینک‌های **خواهری** گفته می‌شود. فامینک‌های خواهری در محلی به نام **سانترومر** به هم متصل‌اند.



شکل ۲ـ ساختار یک فام‌تن مضاعف شده





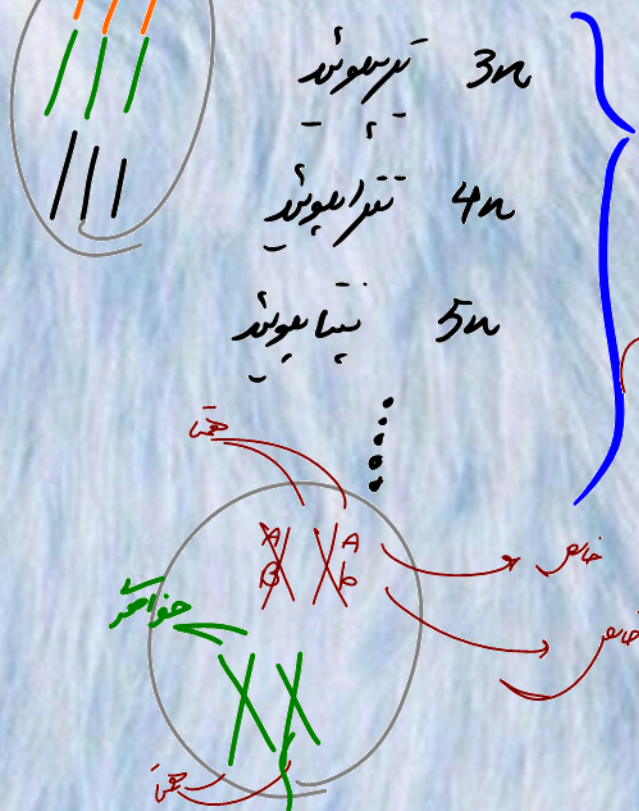
سلول‌ها از نظر عدد کروموزومی

n ← هاپلوئید (تک‌لاد)

$2n$ ← دیپلوئید (دولاد)

چندلاد ← تریپلوئید $3n$، تتراپلوئید $4n$، پنتاپلوئید $5n$

سلول‌های با بیش از 2 مجموعه کروموزوم



* تفاوت 2 گونه متفاوت

اغلب ← تفاوت عدد کروموزومی - نوع کروموزوم

گاهی ← عدد کروموزومی یکسان ولی نوع کروموزوم متفاوت

فیل انسان و درخت زیتون

$2n=46$

* تفاوت 2 فرد مختلف 1 گونه

تو و 1 انسان دیگه!

عدد کروموزومی یکسان

$2n=46$

نوع کروموزوم یکسان

در هر کروموزوم موضع اطلاعات مشابه

نوع ژن های مختلف

* تفاوت 2 هسته مسلول در بدن 1 فرد

عدد کروموزومی یکسان

نوع کروموزوم یکسان

نوع ژن ها یکسان

نوع پروتئین ها بر اساس تنظیم بیان ژن متفاوت.

---

* سلول های بدن انسان

اغلب

سلول های غیر جنسی = پیکری

$2n=46$

2 مجموعه 23 تایی

44 تا کروموزوم پیکری

2 تا رو جنسی

xx

xy

حاصل میوز

سلول های جنسی = گامت ها

$n=23$

1 مجموعه 23 تایی

22 تا کروموزوم غیر جنسی

1 کروموزوم جنسی

در مردان x y

در زنان x

مرد ها: اسپرم

خانم: تخمک

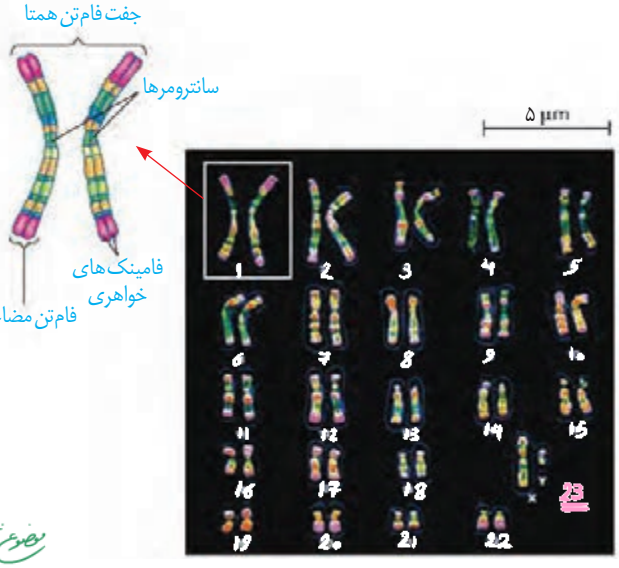
تعداد فام‌تن

هرگونه از جانداران، تعداد معیّنی فام‌تن در یاخته‌های پیکری خود دارند که به آن **عدد فام‌تنی** می‌گویند. یاخته‌های پیکری، همان یاخته‌های غیرجنسی جاندارند. ممکن است تعداد فام‌تن یاخته‌های پیکری بعضی از جانداران مانند هم باشد؛ مثلاً در یاخته‌های پیکری انسان و درخت زیتون ۴۶ فام‌تن وجود دارد، ولی به‌طور مسلّم ژن‌های آنها بسیار متفاوت‌اند. تعداد فام‌تن‌های جانداران مختلف (به جز باکتری‌ها) از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ عدد متغیر است.

یاخته‌های پیکری انسان، دولاد (دیپلوئید) هستند

برای تعیین تعداد فام‌تن‌ها و تشخیص بعضی از ناهنجاری‌های فام‌تنی، **کاریوتیپ** تهیه می‌شود.

کاریوتیپ تصویری از فام‌تن‌ها با حداکثر فشردگی است که براساس اندازه، شکل و محل قرارگیری سانترومرها، مرتب و شماره‌گذاری شده‌اند (شکل ۳).



شکل ۳ـ کاریوتیپ انسان

با بررسی کاریوتیپ انسان، مشاهده می‌شود که هر فام‌تن دارای یک فام‌تن شبیه خود است که به این فام‌تن‌ها، **همتا**[1] گفته می‌شود. به جاندارانی که یاخته‌های پیکری آنها از هر فام‌تن دو نسخه داشته باشند، **دولاد** می‌گویند. در این یاخته‌ها، دو مجموعه فام‌تن وجود دارد که دو به دو به یکدیگر شبیه‌اند؛ یک مجموعه فام‌تن از والد مادری و یک مجموعه از والد پدری دریافت شده است. این یاخته‌ها را با نماد کلی «۲n» نشان می‌دهند.

در انسان و بعضی جانداران، فام‌تن‌هایی وجود دارند که در تعیین جنسیت نقش دارند. به این فام‌تن‌ها، فام‌تن جنسی گفته می‌شود. فام‌تن‌های جنسی ممکن است شبیه هم نباشند. نمونهٔ این فام‌تن‌ها را در کاریوتیپ شکل ۳ مشاهده می‌کنید. فام‌تن‌های جنسی در انسان را با نماد X و Y نشان می‌دهند. یاخته‌های پیکری زنان دو فام‌تن X و مردان یک فام‌تن X و یک فام‌تن Y دارند.

۱- Homologous

در خانم ها ← 23 جفت کروموزوم همتا ← 23 نوع کروموزوم

در مردان ← 22 جفت " همتا + 1 جفت غیرهمتا ← 24 نوع کروموزوم

بطور کلی در انسان 24 نوع کروموزوم وجود دارد ولی 23 نوع آن حتماً در همه افراد می باشد.

انواع کروموزوم ← مردان > خانم ها

قطار ژن ← خانم ها > مردان

* کروموزوم جنسی مشترک ← $\underline{\underline{n}}$

• کوچکترین کروموزوم انسان ← 23 (y)

" " جنسی " ← 23 (y)

" " غیرجنسی " ← 21

" " مردها ← 23 (y)

" " غیرجنسی مردها ← 21

" " زنان (جنسی / غیرجنسی) ← 21

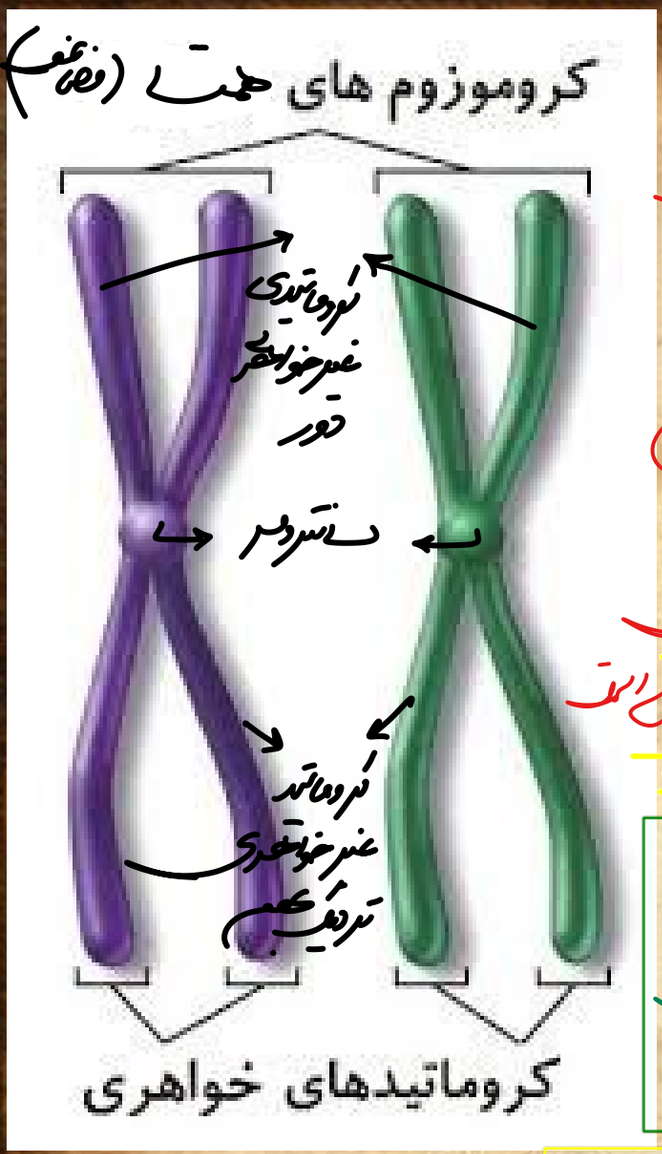
• بزرگترین کروموزوم (انسان / زن / مرد) ← $\underline{\underline{1}}$

* کروموزوم $\underline{\underline{1}}$ ← ردیف 1 ستون 1 : بزرگترین کروموزوم انسان - حاوی ژن گروه خونی RH

* " " $\underline{\underline{9}}$ ← ردیف 2 ستون 4 : حاوی ژن گروه خونی ABO

* " " $\underline{\underline{21}}$ ← ردیف 5 ستون 3 : کوچکترین کروموزوم غیرجنسی - در افراد سندرم داون 3 عدد می باشد

* " " $\underline{\underline{23}}$ ← ردیف 4 بین ستون 4 و 5 : کروموزوم جنسی که در مردان xy و در زنان xx



● مادهٔ ژنتیک به جز زمان کوتاهی قبل از همانندسازی DNA هسته که بطور موقت DNA از هیستون ها جدا می شود، همیشه فشردگی دارد ولی در حالت کروماتین انتر فاز فشردگی کم و طی تقسیم سلولی فشردگی زیاد می شود

* وظیفه فشردگی DNA ← pro های هیستون است

* هیستون ← ویژه یوکاریوت ها
* هیستون ← pro ساختاری

* مضاعف یا ساده بودن مادهٔ ژنتیک تأثیری روی عدد کروموزومی ندارد.

* هر کروموزوم دارای 1 نوع DNA و 1 سانترومر است.

در صورت ساده بودن (تک کروماتیدی بودن) ← 1 نوع DNA = 1DNA

در صورت مضاعف بودن ← 1 نوع DNA و 2 تا DNA



2 کروموزوم همتا ساده قبل 8

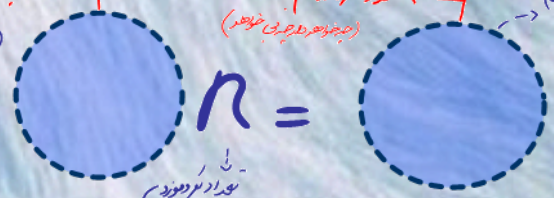
* گاهی ممکن است عدد کروموزومی 2 جنس متفاوت یک گونه با هم متفاوت باشد
← در این افراد تعیین جنسیت بستگی به نوع کروموزوم ندارد
وابسته به تعداد کروموزوم است.

* عدد کروموزومی یک فرد در تمام مدت طول عمر خود ثابت است.

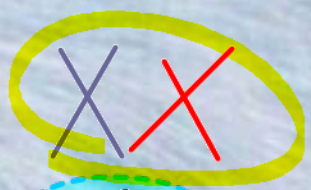
* عدد کروموزومی یک گونه از روی سلول غیرجنسی تشخیص داده می شود.

" انسان از 2 مجموعه 23 تایی کروموزوم ساخته شده "
$(2n = 46)$

نحوه تعیین عدد کروموزومی

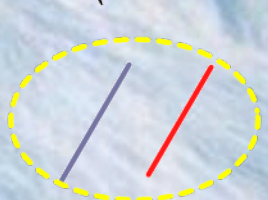


یک مجموعه با 2 کروموزوم



فضاعف (میتوز) 4DNA

1 مجموعه با 2 کروموزوم



ساده 2DNA

1 مجموعه با یک کروموزوم

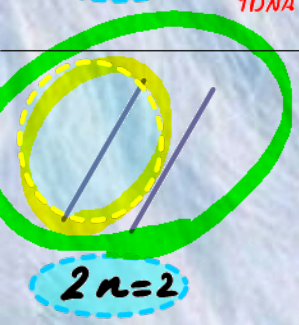


فضاعف (میتوز) 2DNA

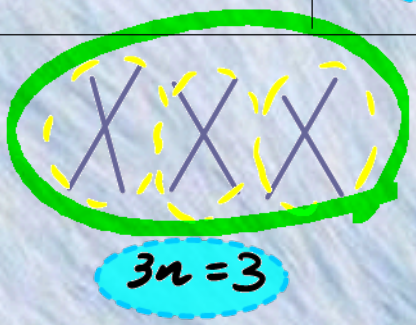
1 مجموعه با یک کروموزوم



ساده 1DNA



(میوز) 2DNA



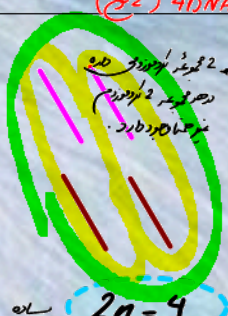
فضاعف (میتوز) 6DNA

3 مجموعه در هر مجموعه 1 کروموزوم دارد است



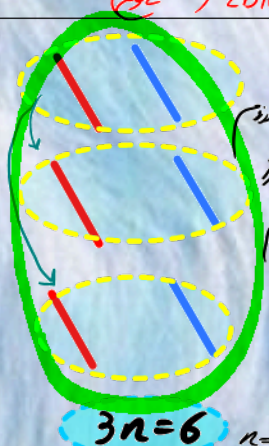
3DNA

1 مجموعه کروموزوم 3 تایی دارد.



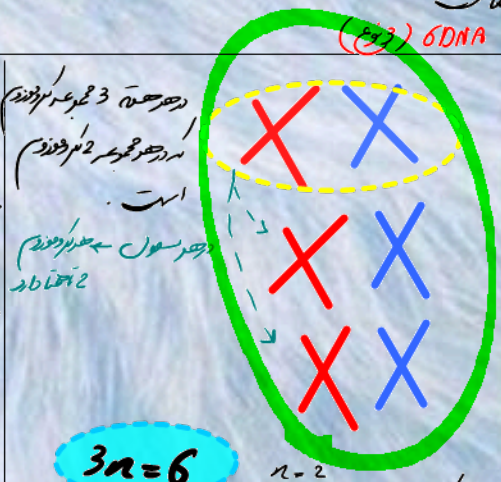
ساده (میتوز) DNA 4

در هر هسته 2 مجموعه کروموزوم وجود دارد. در هر مجموعه 2 کروموزوم متفاوت وجود دارد.



ساده - تک کروموزومی (میوز) 2DNA

در هسته 3 مجموعه کروموزوم هر مجموعه دارای 2 کروموزوم غیرهمتا

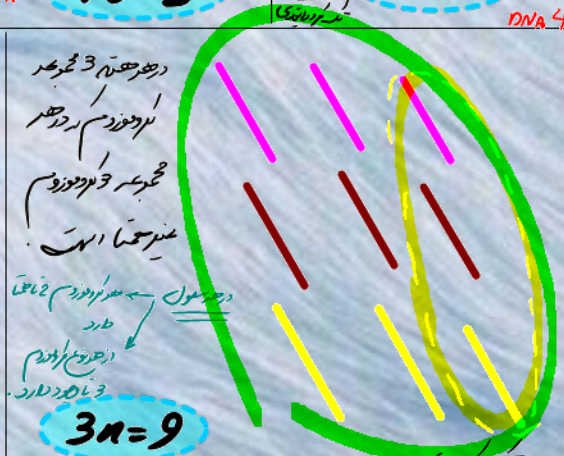


فضاعف - دوکروموزومی (میتوز) 6DNA

در هر هسته 3 مجموعه کروموزوم در هر مجموعه 2 کروموزوم غیرهمتا است.

هر کروموزوم 2 تا هاد دارد

در هر سول



ساده - تک کروموزومی

در هر هسته 3 مجموعه کروموزوم در هر مجموعه 3 کروموزوم غیرهمتا است.

هر کروموزوم 2 تا هاد دارد

در هر سول از هر نوع کروموزوم 3 تا هاد دارد.



ساده - تک کروموزومی

6 مجموعه 2 تایی کروموزوم دارد.

در هر سول از هر نوع کروموزوم 6 تا هاد دارد - هر کروموزوم دارای 5 کروموزوم همتا.



فضاعف - دوکروموزومی

در هر هسته 2 مجموعه 5 تایی کروموزوم وجود دارد.

در هر سول هر کروموزوم دارای 1 تا هاد است.

$2n = 46$

در هر هسته 46 کروموزوم است

در هر هسته 2 مجموعه کروموزومی داریم

$n = 23$

در هر مجموعه 23 کروموزوم

* همگی غیرهمتا

(کروموزوم ها 2 به 2 همتا)

(هر کروموزوم 1 همتا دارد)



در هر هسته 2 مجموعه کروموزومی

در هر مجموعه 2 عدد کروموزوم غیرهمتا

در هر هسته، هر کروموزوم دارای 1 همتا ولی در مجموعه دیگر

$2n = 4$



در هر هسته 3 مجموعه 2 کروموزومی داریم

در هر هسته ← کروموزوم ها 3 به 3 همتا

هر کروموزوم 2 تا همتا دارد

$3n = 6$

در هر مجموعه ← 2 کروموزوم غیرهمتا

هر کروموزوم 1 کروموزوم غیرهمتا

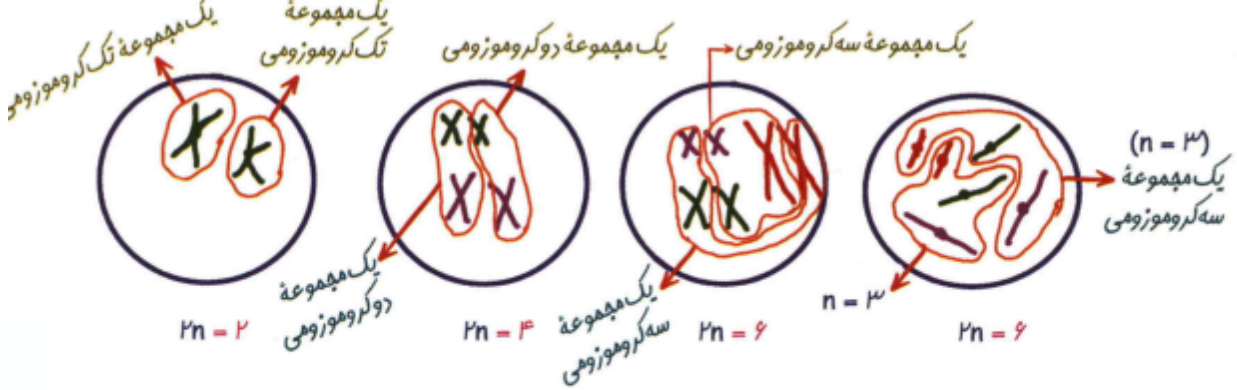
« در 1 مجموعه همه با هم غیرهمتا هستن »

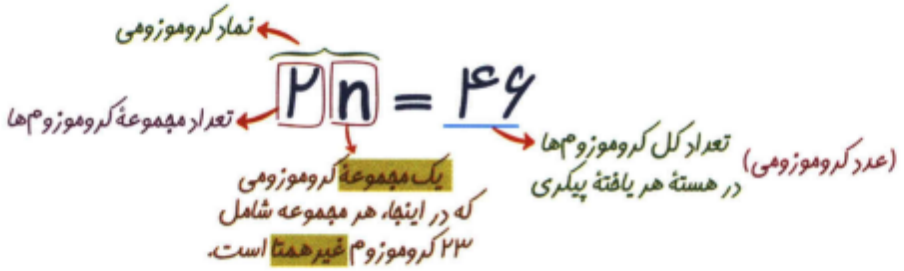
* هر کروموزوم (ساده / مضاعف) ← از 1 نوع DNA ساخته شده

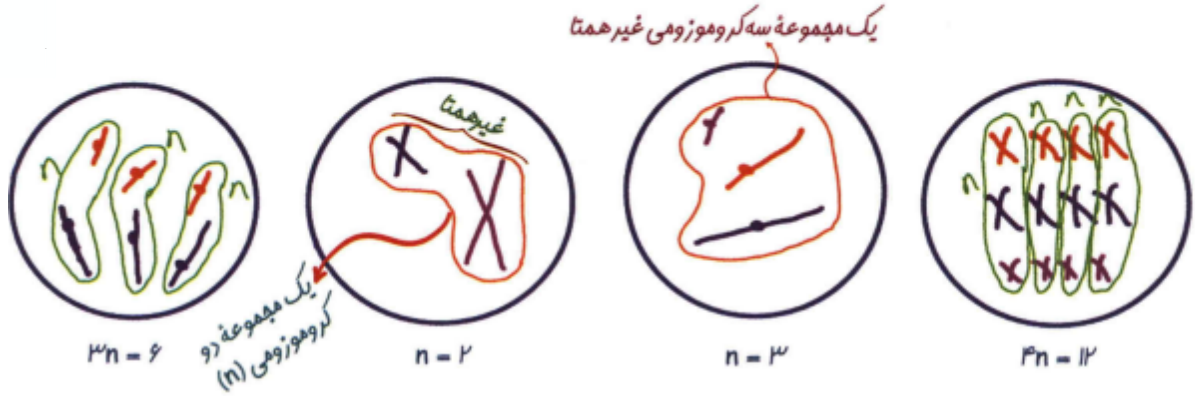
* هر DNA ← 2 رشته پلی نوکلئوتیدی

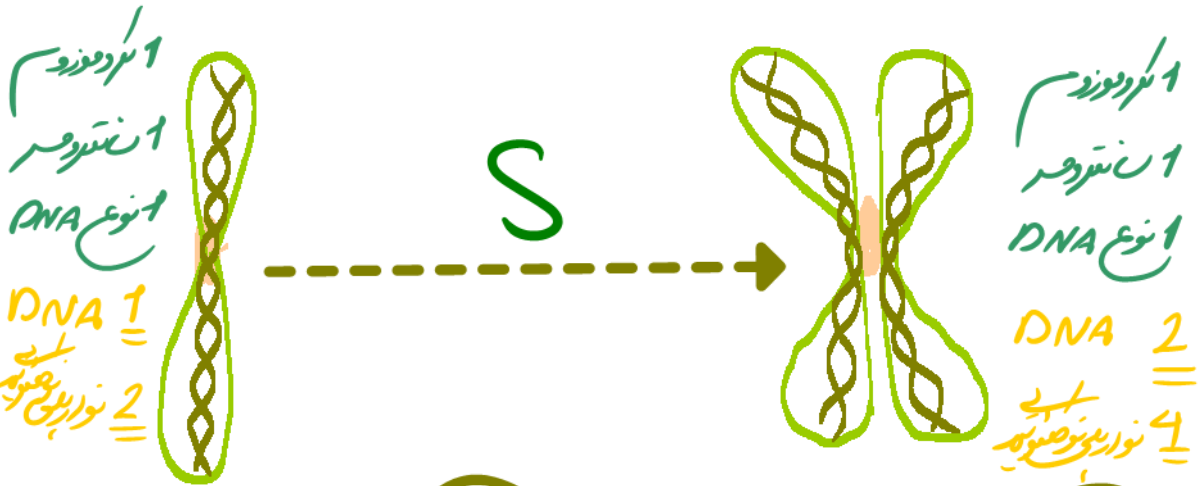
2 عدد DNA

1 عدد DNA









کروموزوم ساده
« تک کروماتیدی »

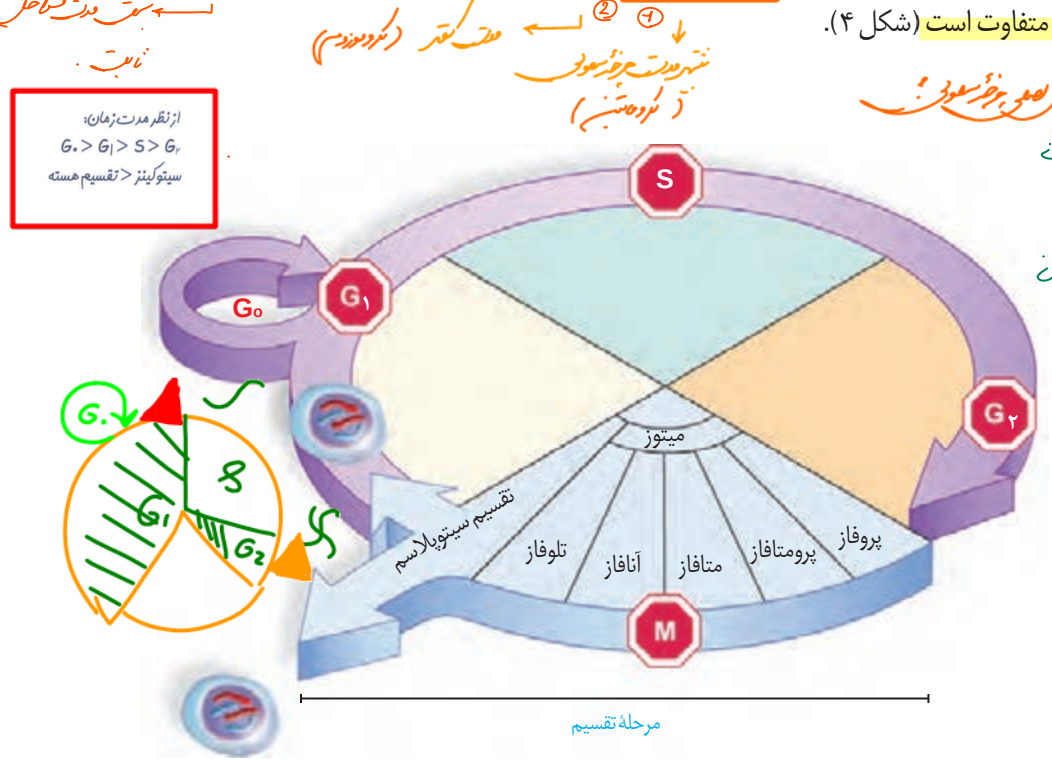
کروموزوم مضاعف
« دو کروماتیدی »

بعضی یاخته‌ها مانند یاختهٔ جنسی انسان، **تک‌لاد (هاپلوئید)** هستند؛ یعنی یک مجموعه فام‌تن دارند. یاخته‌های تک‌لاد را با نماد کلی «n» نشان می‌دهند. «n» تعداد فام‌تن‌های یک مجموعه است؛ مثلاً در انسان n=۲۳ است. در یک مجموعهٔ فام‌تنی، هیچ فام‌تنی با فام‌تن دیگر همتا نیست.

چرخهٔ یاخته‌ای

مراحلی که یک یاخته از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی می‌گذراند را **چرخهٔ یاخته‌ای** می‌گویند. این چرخه، شامل مراحل **اینترفاز** و تقسیم است. در یاخته‌های مختلف، مدت این مراحل متفاوت است (شکل ۴).

از نظر مدت زمان:
$G_0 > G_1 > S > G_2$
سیتوکینز < تقسیم هسته

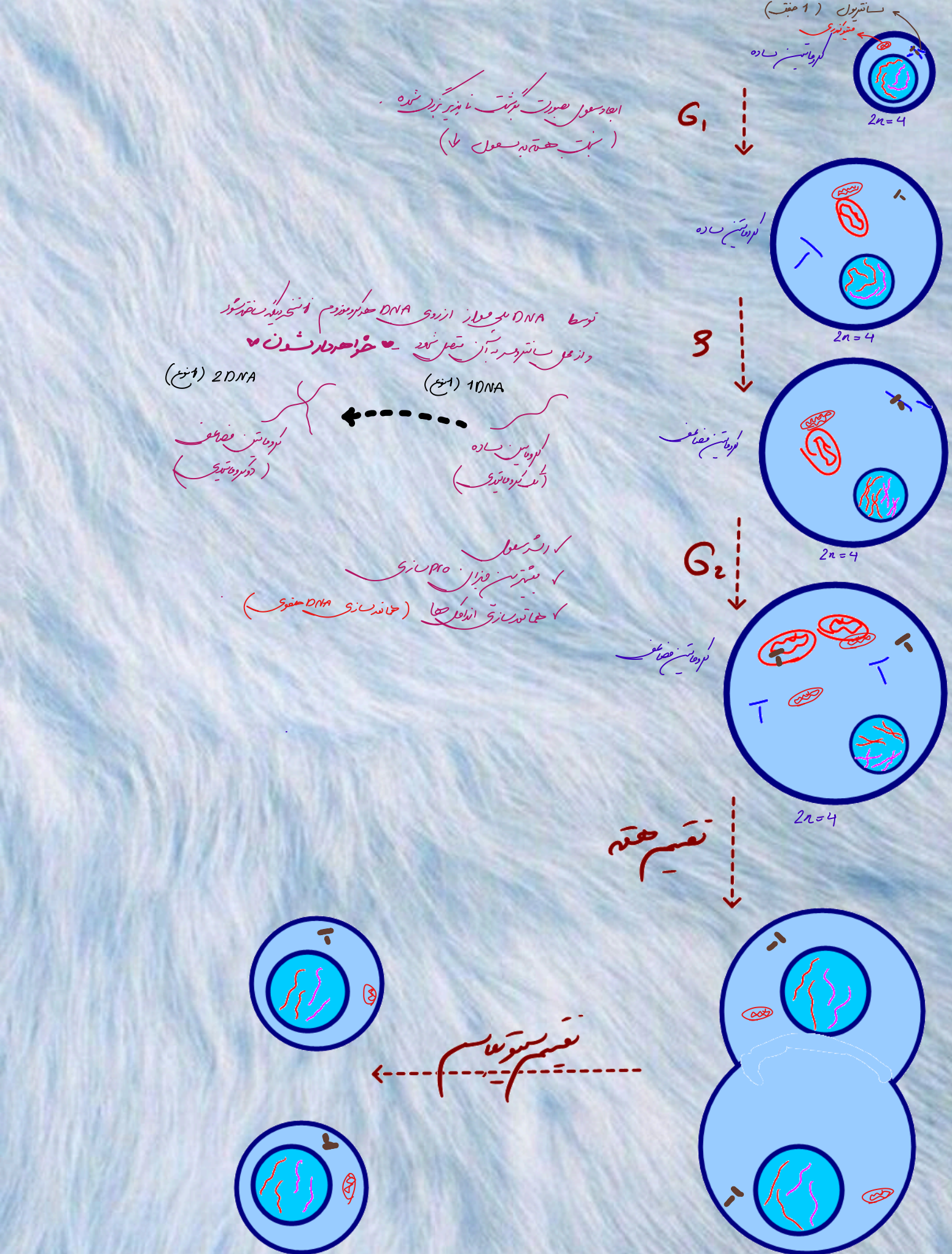


شکل ۴ـ مراحل مختلف چرخهٔ یاخته

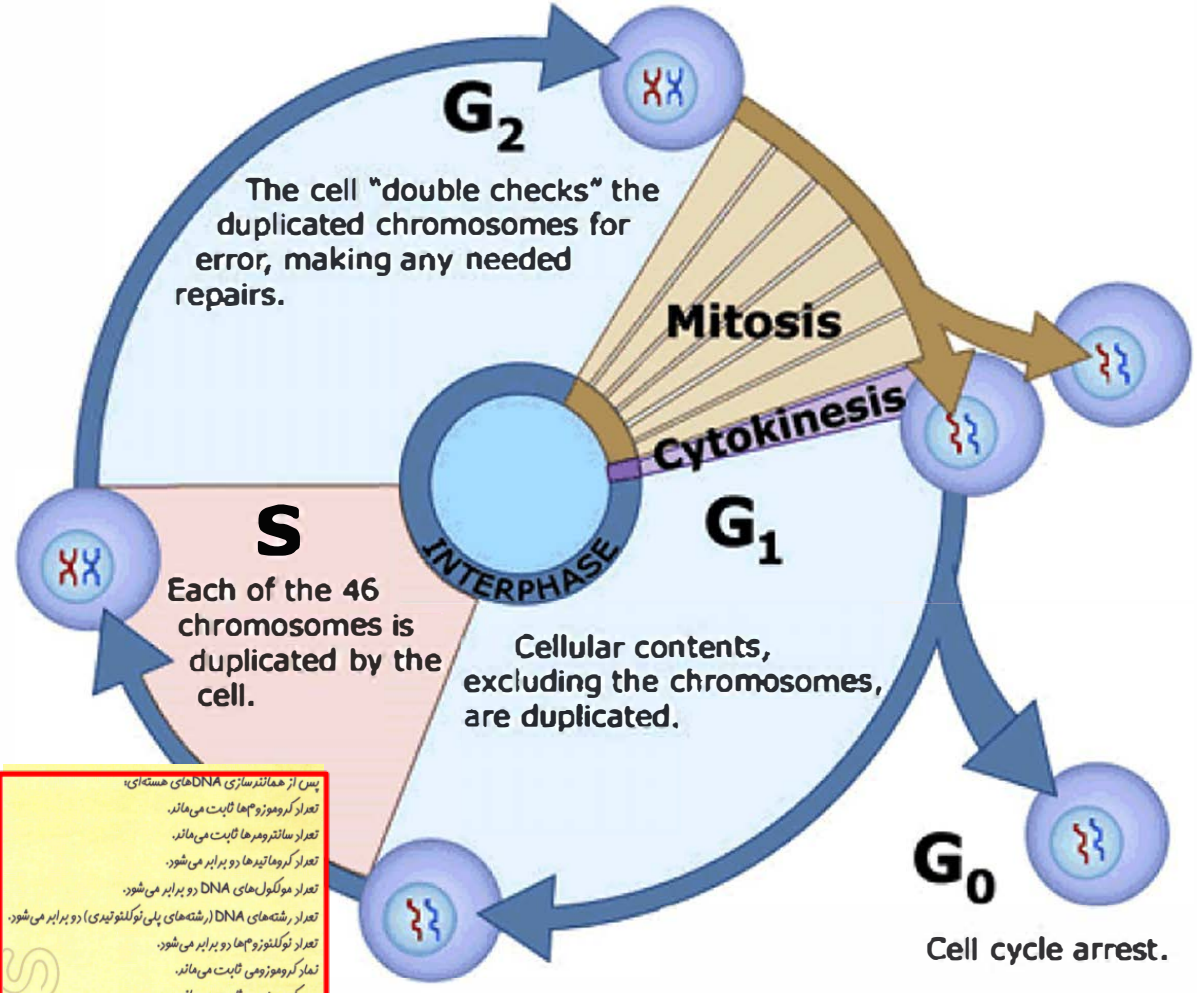
اینترفاز:

یاخته‌ها بیشتر مدت زندگی خود را در این مرحله می‌گذرانند. کارهایی مانند رشد، ساخت مواد مورد نیاز و انجام کارهای معمول یاخته در این مرحله انجام می‌شود. اینترفاز شامل مراحل G_1، S و G_2 است.

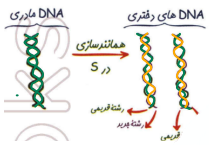
مرحلهٔ وقفهٔ اوّل یا G_1: مرحلهٔ رشد یاخته‌هاست و یاخته‌ها مدت زمان زیادی در این مرحله می‌مانند. یاخته‌هایی که به‌طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند، معمولاً در این مرحله متوقف می‌شوند. این یاخته‌ها به‌طور موقت یا دائم به مرحله‌ای به نام G_0 وارد می‌شوند. یاختهٔ عصبی نمونه‌ای از این یاخته‌هاست.

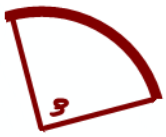


سانتریول (1 جفت)
میتوکندری
کروماتین ساده
2n=4
G1
ابعاد سلول بصورت برگشت ناپذیر بزرگ شده.
(نسبت هسته به سلول ↓)
کروماتین ساده
2n=4
S
توسط DNA پلی مواز از روی DNA هر کروموزوم 1 نسخه دیگه ساخته شود
و از محل سانترومر به آن متصل شود ♥ خواهردار شدن ♥
(1 نوع) 2DNA
(1 نوع) 1DNA
کروماتین مضاعف
(دو کروماتیدی)
کروماتین ساده
(تک کروماتیدی)
کروماتین مضاعف
2n=4
G2
✓ رشد سلول
✓ بیشترین میزان pro سازی
✓ همانندسازی اندامک ها (همانندسازی DNA هسته)
کروماتین مضاعف
2n=4
تقسیم هسته
تقسیم سیتوپلاسم



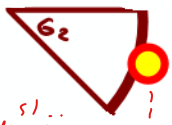
پس از همانندسازی DNAهای هسته‌ای:
تعداد کروموزوم‌ها ثابت می‌ماند.
تعداد سانترومرها ثابت می‌ماند.
تعداد کروماتیدها دو برابر می‌شود.
تعداد مولکول‌های DNA دو برابر می‌شود.
تعداد رشته‌های DNA (رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی) دو برابر می‌شود.
تعداد نوکلئوزوم‌ها دو برابر می‌شود.
تعداد کروموزومی ثابت می‌ماند.
عدد کروموزومی ثابت می‌ماند.





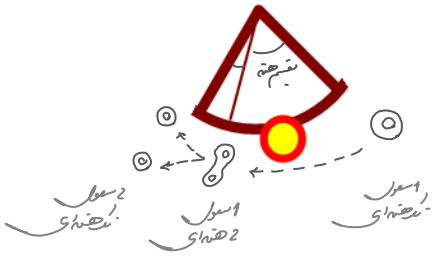
مرحلهٔ S: دوبرابر شدن دِنای (DNA) هسته، در این مرحله انجام می‌شود که نتیجهٔ آن همانندسازی است. (همانندسازی دِنا فرایندی است که طی آن از یک مولکول دِنا، دو مولکول یکسان ایجاد می‌شود.)

مرحلهٔ وقفهٔ دوم یا G_2: این مرحله نسبت به مراحل قبلی اینترفاز، کوتاه‌تر است و در آن، یاخته‌ها آمادهٔ مرحلهٔ تقسیم می‌شوند. در این مرحله، ساخت پروتئین‌ها و عوامل مورد نیاز برای تقسیم یاخته افزایش پیدا می‌کنند و یاخته‌ها آمادهٔ تقسیم می‌شوند.



تقسیم یاخته:

در این مرحله، دو فرایند تقسیم هسته (رشتمان یا کاستمان) و تقسیم سیتوپلاسم انجام می شود. در سال‌های گذشته تا حدودی با این فرایندها آشنا شدید. با تقسیم سیتوپلاسم، در نهایت یاخته‌های جدید ایجاد می‌شود.



مقایسهٔ مراحل اینترفاز چرخهٔ یاخته‌ای

موارد مقایسه	G_1	S	G_2
ترتیب مراحل در اینترفاز	۱	۲	۳
مدت زمان	بیش‌ترین	حد واسط	کم‌ترین
وقایع	رشد یاخته	همانندسازی دنا	افزایش ساخت پروتئین‌ها و عوامل مورد نیاز برای تقسیم و آماده شدن یاخته برای تقسیم
نقطهٔ وارسی	دارد	ندارد	دارد
وظیفهٔ نقطهٔ وارسی	نقطهٔ وارسی G_1 یاخته را از سلامت دنا مطمئن می‌کند و اگر دنا آسیب دیده باشد و اصلاح نشود، فرایندهای مرگ یاخته‌ای به راه می‌افتد.	-	اگر پروتئین‌های دوک تقسیم یا عوامل لازم برای رشتمان فراهم نباشد، نقطهٔ وارسی G_2 اجازهٔ عبور یاخته از این مرحله را نمی‌دهد.
پروتئین‌سازی	دارد	دارد (به ویژه هیستون‌ها)	دارد
همانندسازی دنا	دارد (سیتوپلاسمی)	دارد (هسته‌ای و سیتوپلاسمی)	دارد (سیتوپلاسمی)
توقف یاخته‌هایی که تقسیم نمی‌شوند	بله	خیر	خیر
وضعیت فام‌تن‌ها	تک فامینکی	در ابتدا تک‌فامینکی و در انتها دوفامینکی	دو فامینکی
تعداد فام‌تن‌های هستهٔ یاختهٔ پیکری انسان	۴۶	۴۶	۴۶
میزان فشردگی مادهٔ وراثتی	حداقل	حداقل	حداقل

مرحلهٔ تقسیم	مرحلهٔ اینترفاز	G_0	سلول‌هایی که به‌طور موقت یا دائم تقسیم نمی‌شوند، وارد این مرحله می‌شوند، مثل بیشتر نورون‌ها و سلول‌های ماهیچهٔ اسکلتی، سلول‌های پادتن‌ساز، آلوند آبکش، گویچه قرمز، اسپرم و تخمک، ماکروفاژ، یاختهٔ دندریتی (تذکر: نورون‌ها به ندرت تقسیم می‌شوند.)
		G_1	مرحلهٔ رشد سلول‌ها و انجام کارهای معمول آنهاست و مدت زیادی در این مرحله می‌مانند.
		S	همانندسازی یعنی دو برابرشدن DNA هسته‌ای در این مرحله است. در این مرحله، کروماتیدهای خواهری پدید می‌آیند.
		G_2	در این مرحله سلول‌ها آمادهٔ تقسیم می‌شوند و کارهایی مثل ساخت پروتئین‌ها، دو برابر شدن سانتریول‌ها در اینجا رخ می‌دهد.
	میتوز (تقسیم هسته)	پروفاز	رشته‌های کروماتین، فشرده، ضخیم و کوتاه می‌شوند.
		پرومتافاز	رشته‌های دوک به سانترومر کروموزوم‌ها متصل می‌شوند.
		متافاز	کروموزوم‌ها که بیشترین فشردگی را دارند، در استوای سلول ردیف می‌شوند.
		آنافاز	با کوتاه شدن رشته‌های دوک و تجزیهٔ بخشی از پروتئین سانترومر، کروماتیدهای خواهری از هم جدا می‌شوند.
		تلوفاز	رشته‌های دوک تخریب‌شده (در سلول‌های جانوری) و کروموزوم‌ها شروع به باز شدن می‌کنند.
	تقسیم سیتوپلاسم	سیتوکینز	با جدا شدن فضای سیتوپلاسمی، از یک سلول مادر و بزرگ‌تر، دو سلول دختر و کوچک‌تر پدید می‌آید. (تقسیم سطح به همه سلول‌های دختری، همیشه بیشتر از سلول مادر است.)

ج بده ۱: مرحله‌ای از اینترفاز چرخهٔ یاخته‌ای که .....

۱ کوتاه‌تر از سایر مراحل است ← G_2

۲ طولانی‌تر از سایر مراحل است ← G_1

۳ فاقد نقطهٔ وارسی است ← S

۴ مرحلهٔ رشد یاخته‌هاست ← G_1

۵ یاخته‌هایی که به‌طور موقت یا دائم تقسیم نمی‌شوند در بخشی از آن متوقف می‌شوند ← G_1

۶ همانندسازی دنای هسته انجام می‌شود ← S

۷ یاخته‌ها در آن آمادهٔ مرحلهٔ تقسیم می‌شوند ← G_2

۸ در آن، ساخت پروتئین‌ها و عوامل مورد نیاز برای تقسیم یاخته افزایش پیدا می‌کند ← G_2

۹ نقطهٔ وارسی آن، یاخته را از سلامت دنا مطمئن می‌کند ← G_1

۱۰ نقطهٔ وارسی آن می‌تواند از ورود یاخته به مرحلهٔ تقسیم جلوگیری نماید ← G_2

۱۱ بلافاصله پس از تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود ← G_1

۱۲ پروتئین‌ها در آن ساخته می‌شوند ← همهٔ مراحل

۱۳ در آن، میزان فشردگی مادهٔ وراثتی هسته تغییر می‌کند ← S

۱۴ در آن، فام‌تن‌های هسته به صورت دوفامینکی هستند ← انتهای $S - G_2$

۱۵ در آن، تهیهٔ تصویر کاریوتیپ از فام‌تن‌ها امکان‌پذیر است ← هیچ‌کدام



الف	تعداد سانتریول	تعداد دستهٔ سه‌تایی ریزلوله	تعداد ریزلوله
قبل G_2	1 جفت 2 تا	18 تا	54 تا
بعد G_2	2 جفت 4 تا	36 تا	108 تا

شکل سانتریولها: استوانه‌ای

نحوهٔ قرارگیری آنها در یک جفت: عمود

شکل ریزلوله‌ها: لوله‌ای

نحوهٔ قرارگیری آنها در یک دسته 3تایی: خطی

شکل دسته‌های 3تایی ریزلوله‌ای: خطی

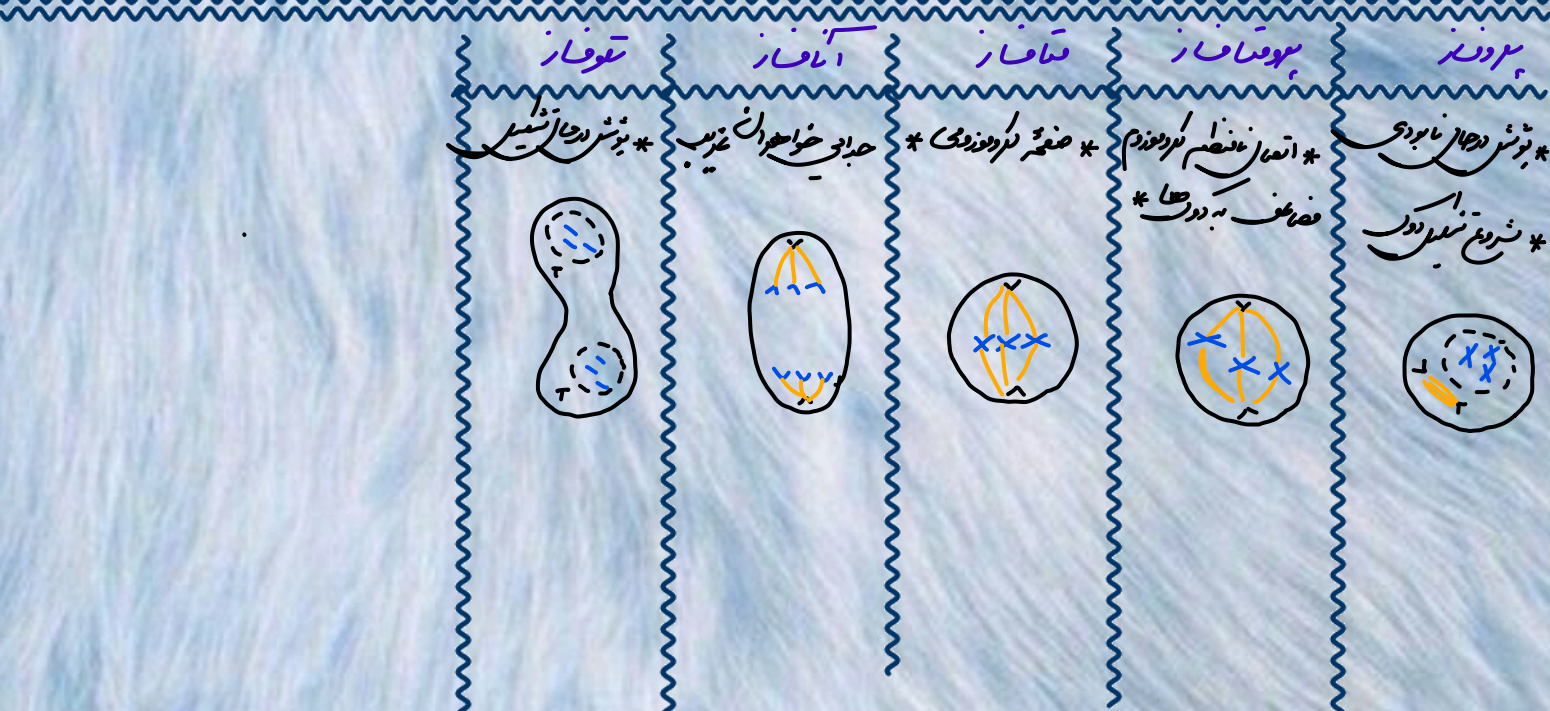
نحوهٔ قرارگیری آنها در سانتریول: بازاویه کمترمه

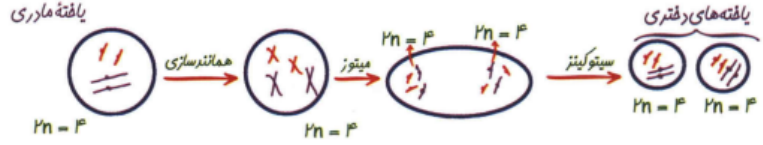
مراحل تقسیم میتوز

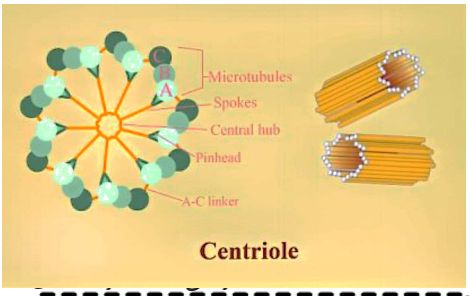
پمات

- پروفاز (اولیه) P
- پروفتافاز PM
- متافاز (وسط) M
- آنافاز (جدایی) A
- تلوفاز (آخر) T

پروفاز	پروفتافاز	متافاز	آنافاز	تلوفاز
* پوشش در حال نابودی * شروع تشکیل دوک	* اتصال نامنظم کروموزوم مضاعف به دوک‌ها *	* صفحه کروموزومی *	جدایی خواهران غریب	* پوشش در حال تشکیل



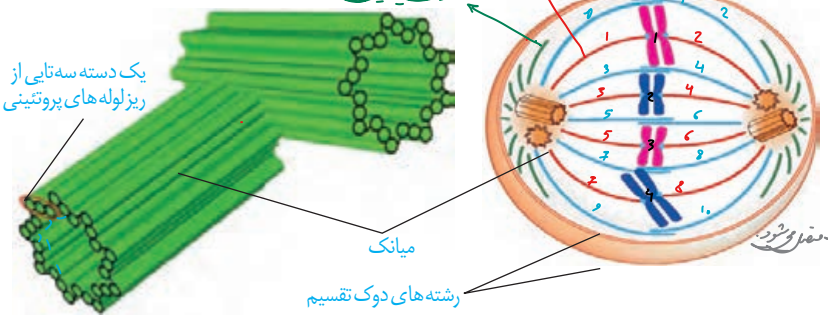




گفتار ۲ رِشتِمان (میتوز)

در **رشتِمان** مادّهٔ ژنتیک، که در مرحلهٔ S همانندسازی شده بود، تقسیم می‌شود و به یاخته‌های جدید می‌رسد. فام‌تن‌ها که در هسته پراکنده‌اند، ابتدا باید به‌طور دقیق در وسط یاخته آرایش یابند و به مقدار مساوی بین یاخته‌های حاصل تقسیم شوند. برای حرکت و جدا شدن صحیح فام‌تن‌ها، ساختارهایی به نام **دوک تقسیم** ایجاد می‌شود (شکل ۵ـ الف). دوک تقسیم، مجموعه‌ای از ریزلوله‌های پروتئینی است که هنگام تقسیم، پدیدار و سانترومر فام‌تن به آن متصل می‌شود. با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به سانترومر، فام‌تن‌ها از هم جدا می‌شوند و به قطبین می‌روند.

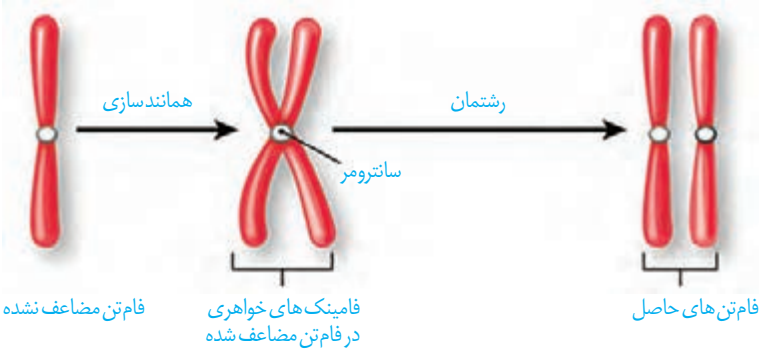
در یاخته‌های جانوری، **میانک‌ها (سانتریول‌ها)** ساخته‌شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند. هر میانک ساختاری استوانه‌ای شکل است. در یاخته دو عدد میانک به‌صورت عمود بر هم وجود دارند که در اینترفاز، برای تقسیم یاخته، دوبرابر می‌شوند. هر میانک، از نُه دستهٔ سه‌تایی از ریزلوله‌های پروتئینی تشکیل شده‌است. ساختار میانک‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است.



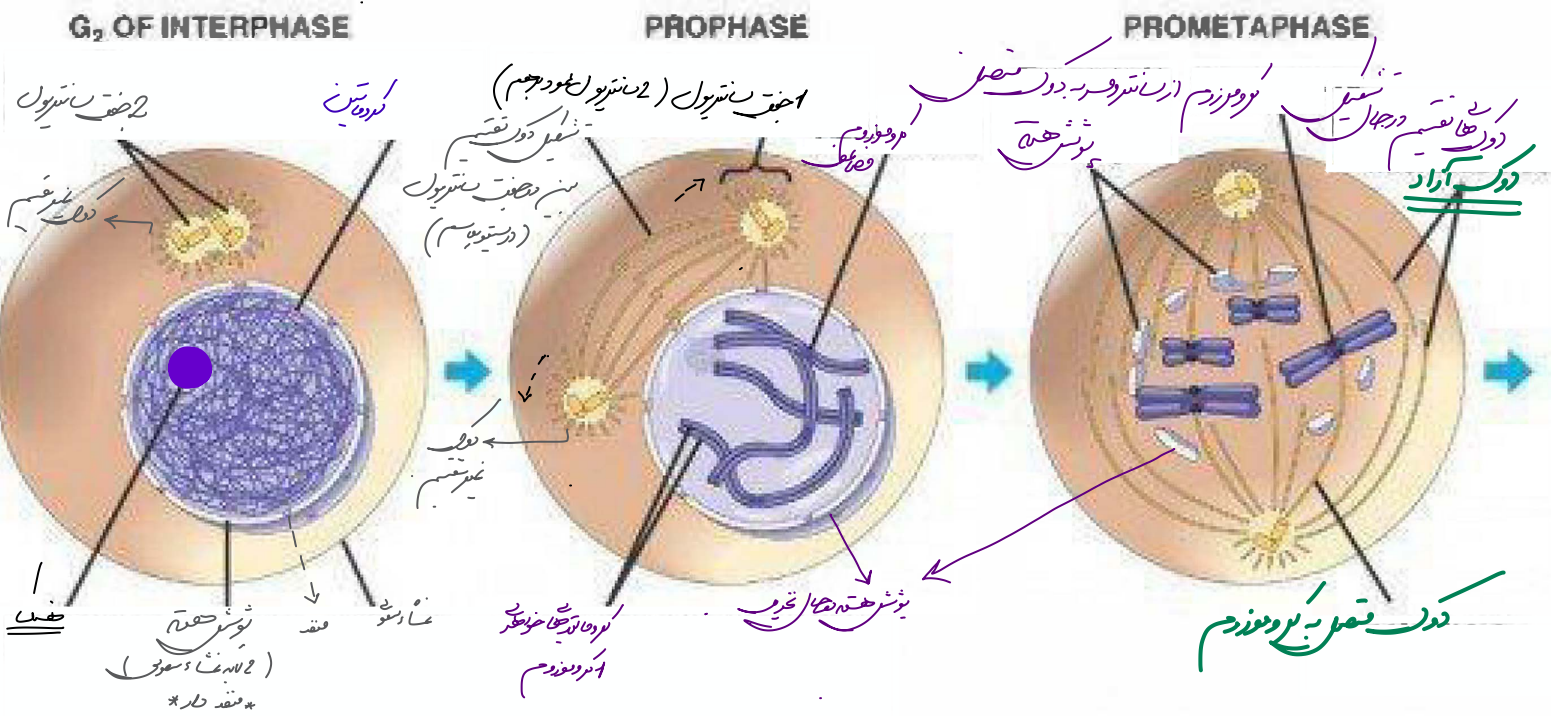
شکل ۵ـ الف) دوک تقسیم
ب) جفت میانک

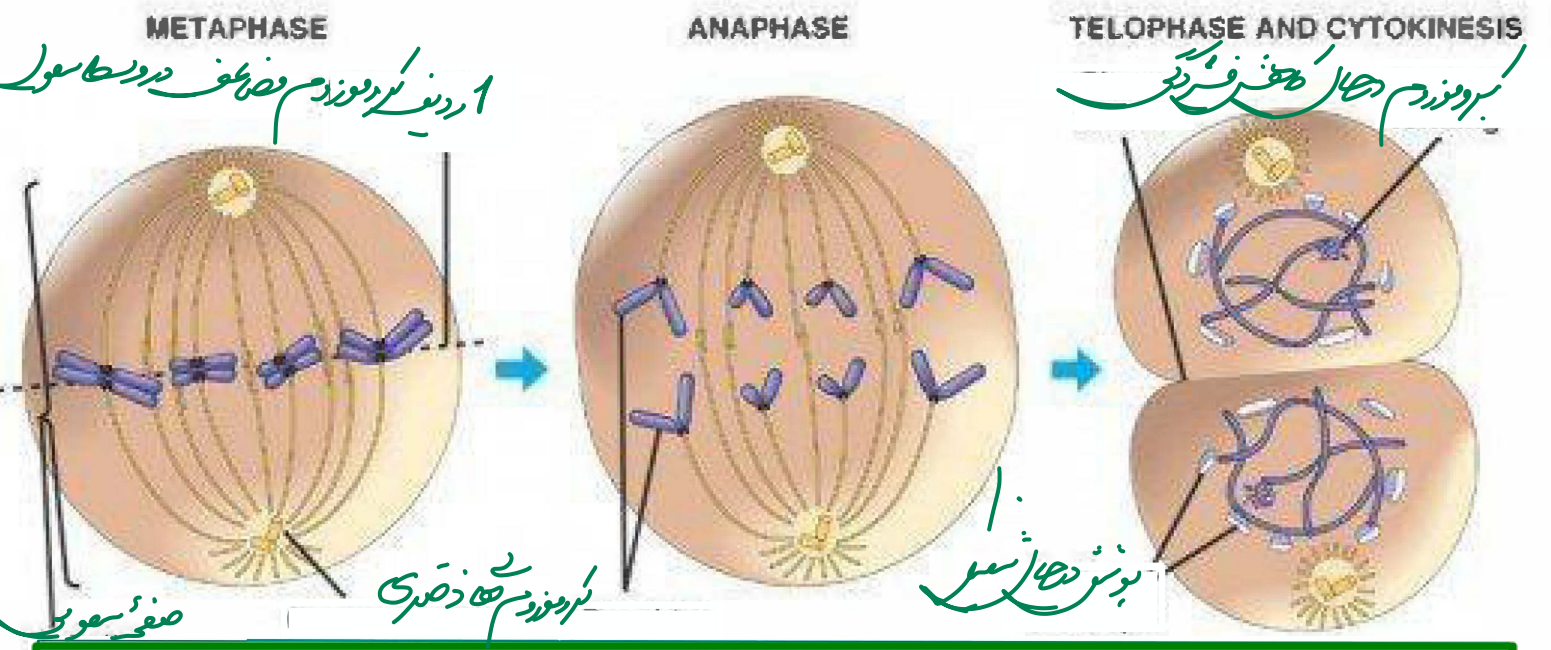
رشتمان، فرایندی پیوسته است، ولی زیست‌شناسان برای سادگی، آن را مرحله‌بندی می‌کنند.

طرح ساده‌ای از تقسیم فام‌تن‌ها در رشتمان را در شکل ۶ مشاهده می‌کنید.



شکل ۶ـ طرح ساده‌ای از تقسیم فام‌تن‌ها در رشتمان





وقایع تقسیم یاخته	
مرحله	رخداد
تقسیم هسته (میتوز) — پروفاز	۱ـ شروع فشرده‌سازی کروموزوم‌ها (کروموزوم‌ها فشرده، ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند) ۲ـ تشکیل دوک تقسیم (حرکت جفت سانتریول‌ها به دو قطب یاخته)
پرومتافاز	۱ـ تجزیهٔ پوشش هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی ۲ـ اتصال رشته‌های دوک به سانترومر کروموزوم‌ها
متافاز	۱ـ آرایش کروموزوم‌ها در وسط (سطح استوایی) یاخته ۲ـ حداکثر فشردگی کروموزوم‌ها
آنافاز	۱ـ تجزیهٔ پروتئین اتصالی در ناحیهٔ سانترومر ۲ـ کوتاه‌شدن رشته‌های دوک و کشیده‌شدن کروموزوم‌های تک‌کروماتیدی به دو قطب یاخته
تلوفاز	۱ـ تخریب رشته‌های دوک ۲ـ تشکیل مجدد پوشش هسته ۳ـ شروع باز شدن کروموزوم‌ها و تبدیل‌شدن به کروماتین
تقسیم سیتوپلاسم	تقسیم سیتوپلاسم و تشکیل دو یاختهٔ جدید

تقسیم سلولی

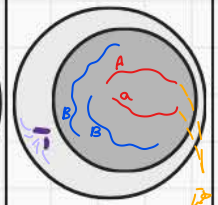
اینترفاز «کروماتین»

G_1

«2n = 4»

کروماتین ساده (تک کروماتیدی)

DNA تا 4 / 4 کروموزوم



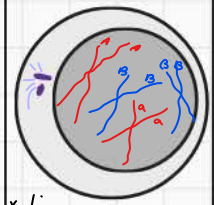
* رشد سلول *

S

«2n = 4»

کروماتین فشرده‌تر (دو کروماتیدی)

DNA تا 8 / 4 کروموزوم



* همانندسازی DNA و تشکیل کروموزوم‌ها

✓ فشرده‌شدن کروموزوم‌ها

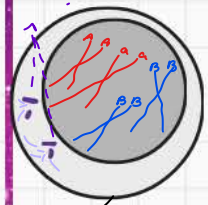
G_2

«2n = 4»

کروماتین فشرده‌تر (دو کروماتیدی)

DNA تا 8 / 4 کروموزوم

2 جفت سانتریول



* همانندسازی اندامک‌ها

* رشد سلول

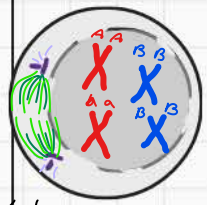
* شروع تشکیل دوک تقسیم

تقسیم هسته (میتوز)

پروفاز

«2n = 4»

* کروموزوم‌ها فشرده



✓ دور شدن دو جفت سانتریول از یکدیگر

✓ شروع تشکیل دوک تقسیم

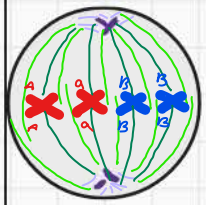
✓ شروع تخریب پوشش هسته

✓ شروع فشردگی کروموزوم‌ها

متافاز

«2n = 4»

* کروموزوم‌ها فشرده



* بیشترین فشردگی

* قرارگیری کروموزوم‌ها در وسط دوک

آنافاز

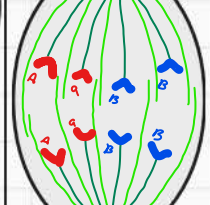
درون‌رفتن نوعی تومور؟!

4n = 8

(2n = 4)

* دو طرف دوک

«کروموزوم‌های ساده»



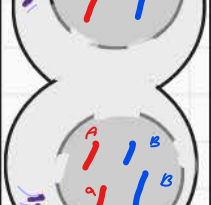
* حرکت کروماتیدهای خواهری به سمت قطبین

تلوفاز

2n = 4

4n = 8 ← (2 هسته‌ای) دو طرف سلول

* دو طرف هسته



✓ شروع تشکیل پوشش هسته

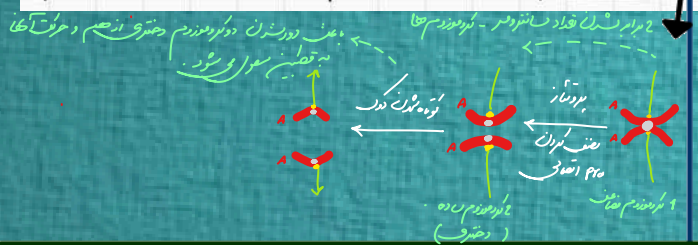
✓ تجزیه دوک تقسیم

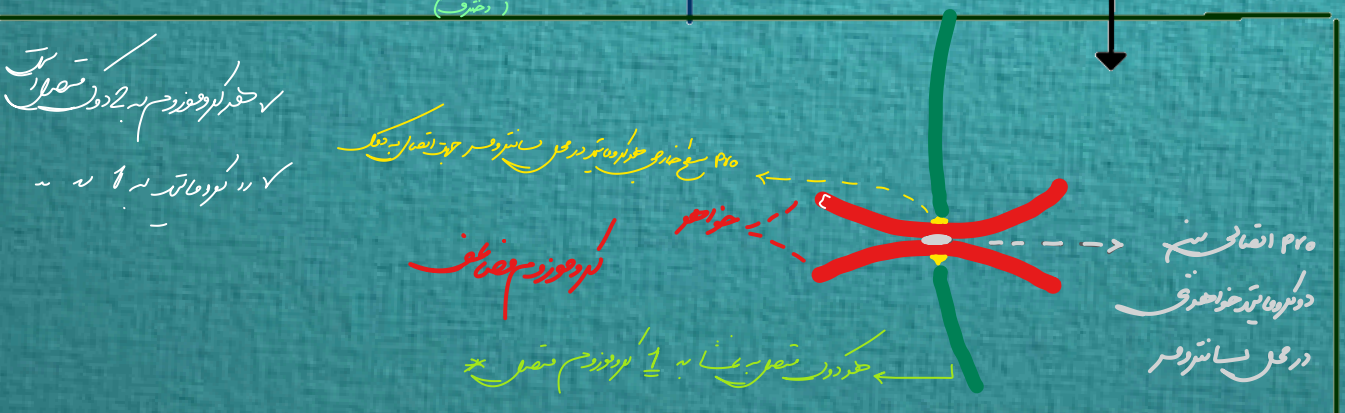
تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز)

2 سلول تک هسته‌ای

هر هسته 2n = 4







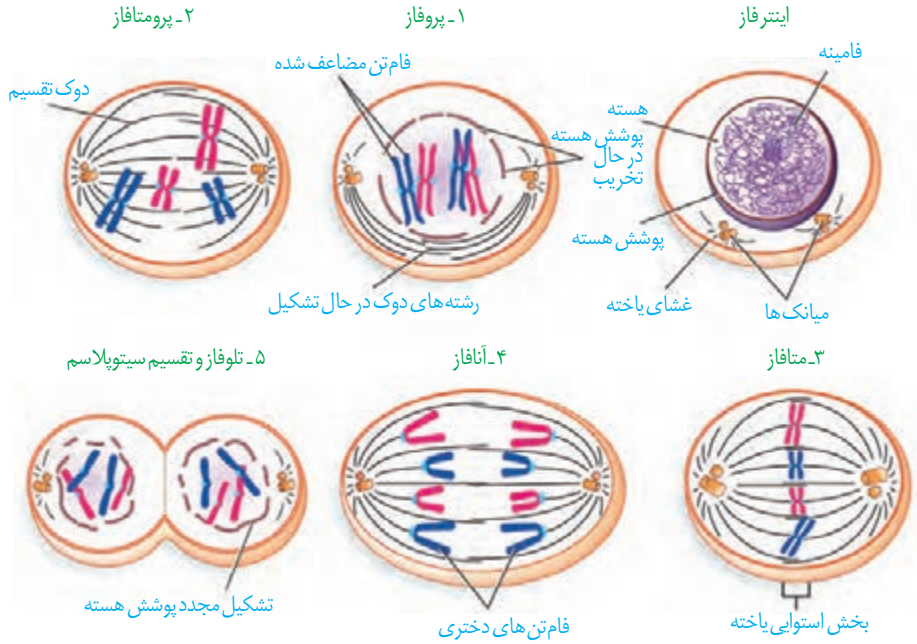
1 پروفاز: در این مرحله، رشته‌های فامینه فشرده، ضخیم و کوتاه‌تر می‌شوند. به‌طوری که به‌تدریج با میکروسکوپ نوری می‌توان آنها را مشاهده کرد. ضمن فشرده شدن فام‌تن، میانک‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آنها دوک تقسیم تشکیل می‌شود. در این مرحله پوشش هسته شروع به تخریب می‌کند.

2 پرومتافاز: در این مرحله، پوشش هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی تجزیه می‌شوند تا رشته‌های دوک بتوانند به فام‌تن‌ها برسند. در همین حال سانترومر فام‌تن‌ها به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.

3 متافاز: فام‌تن‌ها بیشترین فشردگی را پیدا می‌کنند و در وسط (سطح استوایی) یاخته ردیف می‌شوند.

4 آنافاز: در این مرحله، با تجزیهٔ پروتئین اتصالی در ناحیهٔ سانترومر، فامینک‌ها از هم جدا می‌شوند. فاصله گرفتن فامینک‌ها با کوتاه شدن رشته‌های دوک متصل به فام‌تن انجام می‌شود. فام‌تن‌ها که اکنون تک فامینکی‌اند، به دو سوی یاخته (قطب) کشیده می‌شوند.

5 تلوفاز: رشته‌های دوک تخریب شده و فام‌تن‌ها شروع به باز شدن می‌کنند تا به صورت فامینه درآیند. پوشش هسته نیز مجدداً تشکیل می‌شود. در پایان تلوفاز، یاخته، دو هسته مشابه دارد. مراحل تقسیم رشتمان در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷ـ طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم رشتمان

تقسیم سیتوپلاسم = سیتوکینز

پس از رشتمان، اجزای یاخته بین دو سیتوپلاسم تقسیم می‌شوند. با تقسیم سیتوپلاسم دو یاختهٔ جدید تشکیل می‌شود.

مقایسه دو نوع تقسیم سیتوپلاسم	تقسیم سیتوپلاسم در یاختهٔ جانوری	تقسیم سیتوپلاسم در یاختهٔ گیاهی
ایجاد کمربندی از رشته‌های اکتین و میوزین	✓	
ایجاد صفحهٔ یاخته‌ای		✓
تقسیم سیتوپلاسم می‌تواند به صورت نابرابر باشد	✓	✓
تقسیم سیتوپلاسم با فرورفتگی غشایی آغاز می‌شود	✓	
شروع مراحل آن از تلوفاز است	✓	
شروع مراحل آن از آنافاز است		✓

* پوشش هسته *

- ✓ شروع تخریب: P
- ✓ تکمیل تخریب: PM
- ✓ دهال تخریب: P - PM
- ✓ وجود پوشش هسته ← نقطه کنترل: اواسط P - اواخر T - ابتدای تفکیک سنتریول‌ها
- ✓ نبود پوشش هسته (دهال‌های نبود در تقسیم‌های میوز و سنتریول‌ها): فاقد PM
  - M
  - A
  - اوایل T
- * تشکیل پوشش هسته بعد از تخریب آن به وقت بیشتری نیاز دارد.
  - در تقسیم‌های میوز
  - از P تا PM

فشردگی ماده ژنتیک

- * وجود فشردگی: در همه مراحل به جز تولید مولکول‌های DNA (اوایل S)
- * نبود فشردگی: توسط PTS ها هیستون (در پروتامین‌ها) رفع می‌شود ماده ژنتیک
- * نبود فشردگی: زمان تولید مولکول‌های DNA
- * فشردگی کم: در اینترفاز (G1, S, G2) ← کروماتین
- * شروع افزایش فشردگی: در پروفاز
- * افزایش فشردگی: در پروفاز و پرومتافاز
- * رسیدن به بیشترین فشردگی: در متافاز
- * حفظ فشردگی: در آنافاز (در MII فشردگی حفظ)
- * کاهش فشردگی: در تلوفاز
- ✓ هر چه فشردگی ↑ ← طول کروموزم ↓ ، تعداد کروموزم ↑ ، تعداد فام‌تنه و سرعت ↓
- * سرعت کاهش فشردگی ماده ژنتیک بیشتر از افزایش فشردگی است.
  - تلوفاز
  - پروفاز - پرومتافاز

تتراپول‌ها

- * هاپلوئیدی: تتراپول در میتوز: 1 بار در G_2
- * شروع به دورشدن: در جفت سانتریول: در پروفاز
- * دو جفت سانتریول در حال دور شدن از هم: P - PM - M - اوایل A
- * MII فاقد: دو جفت سانتریول: A
- * MI فاقد: در جفت سانتریول: P
- * تولید شدن: در جفت سانتریول: نداریم
- * فاقد پروتئین: سانتریول: 1 جفت: نداریم

آتریم‌ها

- * پروفاز: آنافاز ← تخریب PTS اتصالی در سنتروسم
- ✓ شکست پوشش هسته (هیدرولیز): تلوفاز ← دوک تقسیم
- ✓ pH ↑ در سیتوپلاسم
- ✓ مصرف H_2O
- * لیپاز: پروفاز - پرومتافاز
  - تخریب غشاهای سلولی
- ✓ ↑ اسیدهای چرب در سیتوپلاسم ← در تلوفاز با تولید ATP در سیتوپلاسم اسیدهای چرب ↓
- ✓ طی تقسیم هسته سلول دوقلو: pH سیتوپلاسم کاهش می‌یابد.

دوک‌های تقسیم

- * شروع تشکیل دوک تقسیم: پروفاز
- * تشکیل دوک تقسیم: پرومتافاز
- * دو نوع دوک تقسیم در حال تشکیل: دوک میتوز، دوک میوز
- * انواع دوک تقسیم در حال اولیه شدن: دوک میتوز، دوک میوز
- * شکل دوک تقسیم: دوک میتوز
- * تجزیه دوک تقسیم: تلوفاز

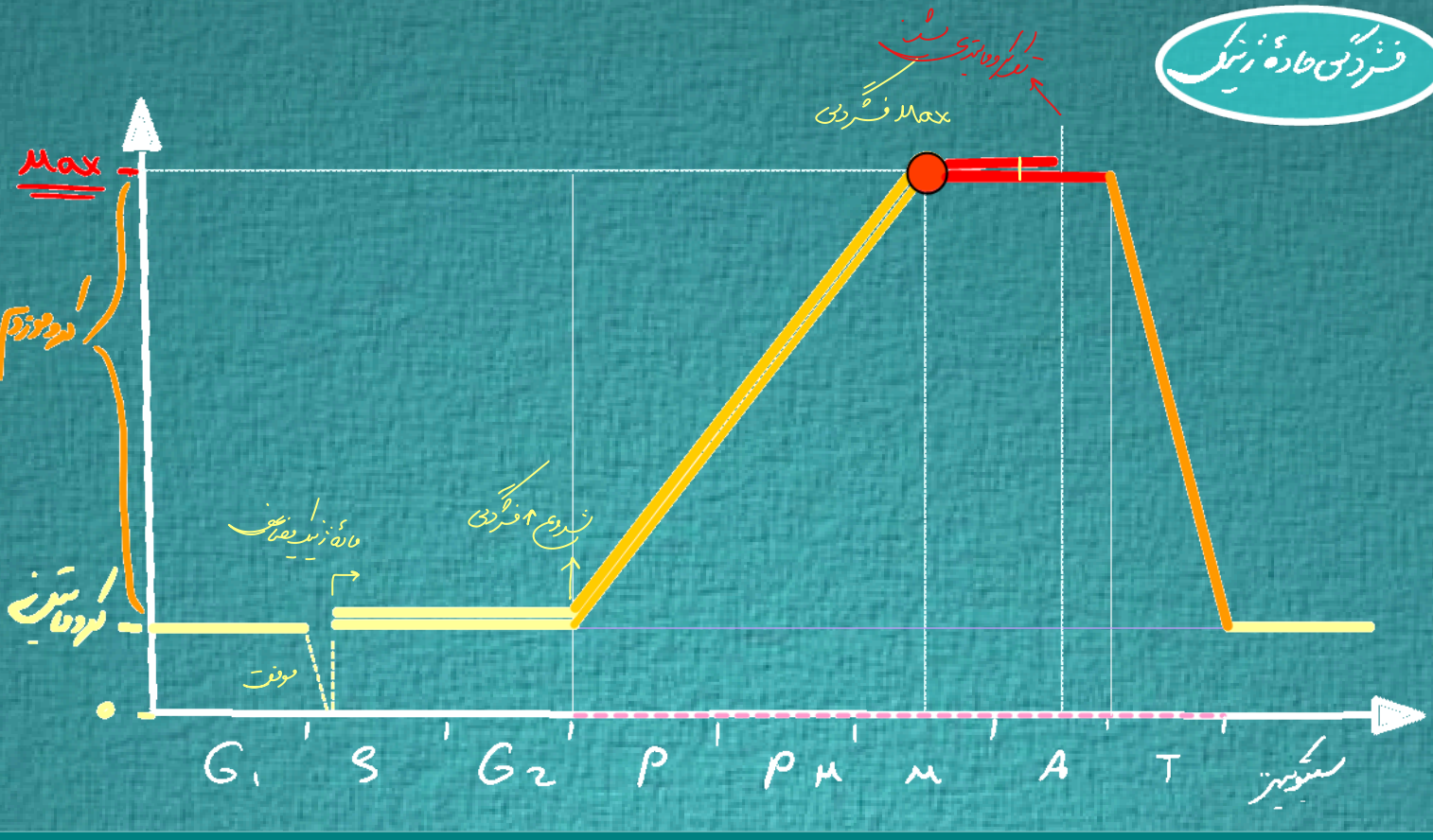
دوک‌های تقسیم

- * دوک‌های تقسیم فعال از PM ← MII
- * دوک تقسیم در سلول‌های
  - ✓ تخم‌ها: دوک میوز
  - ✓ جانوری: دوک میتوز
- * تعداد دوک‌های تقسیم: 1

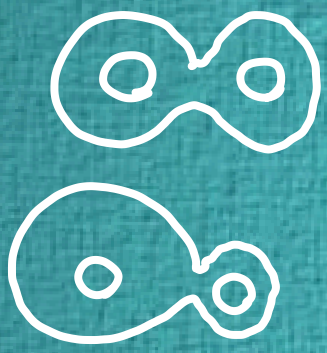
کروماتین or کروموزم

فضای or ساده

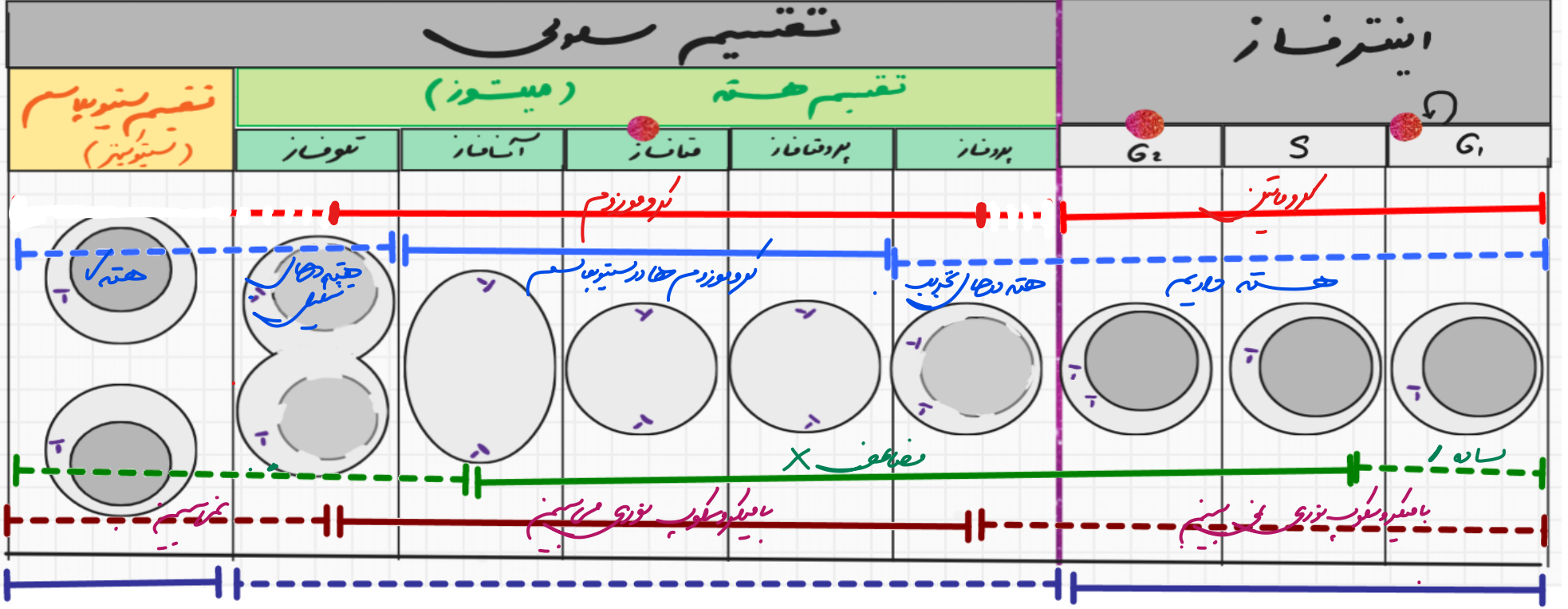
فشردگی ماده ژنتیک

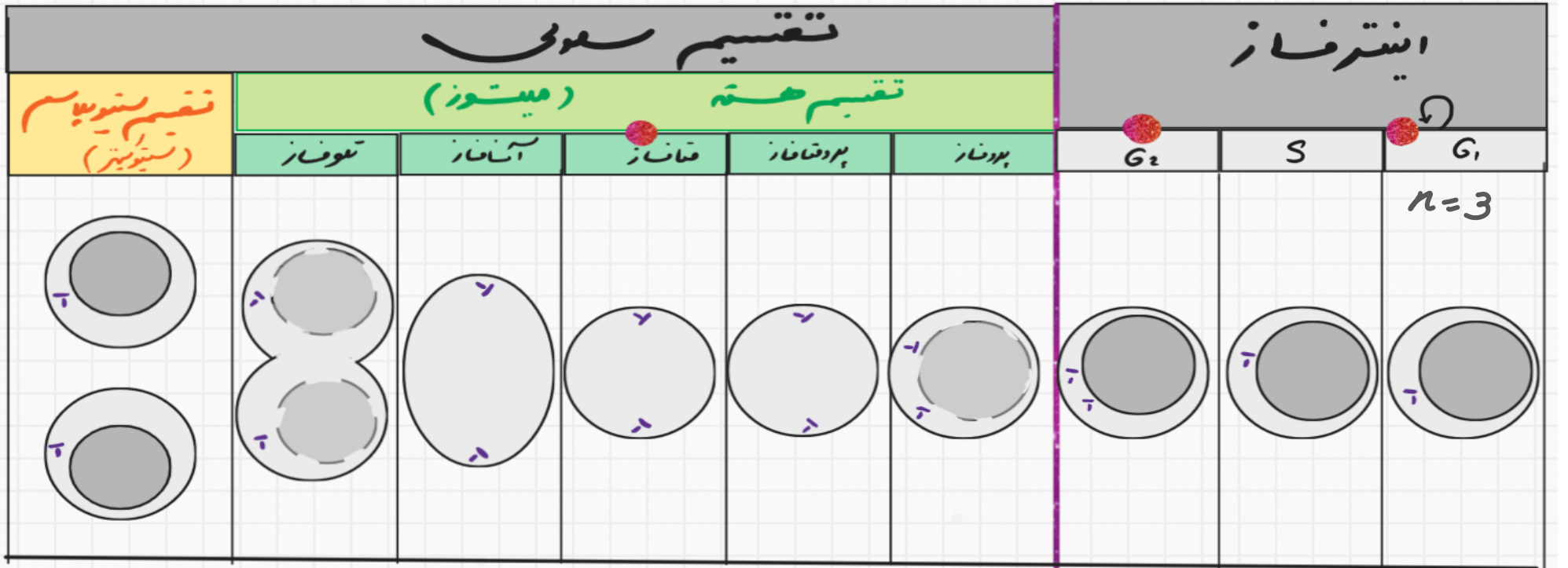


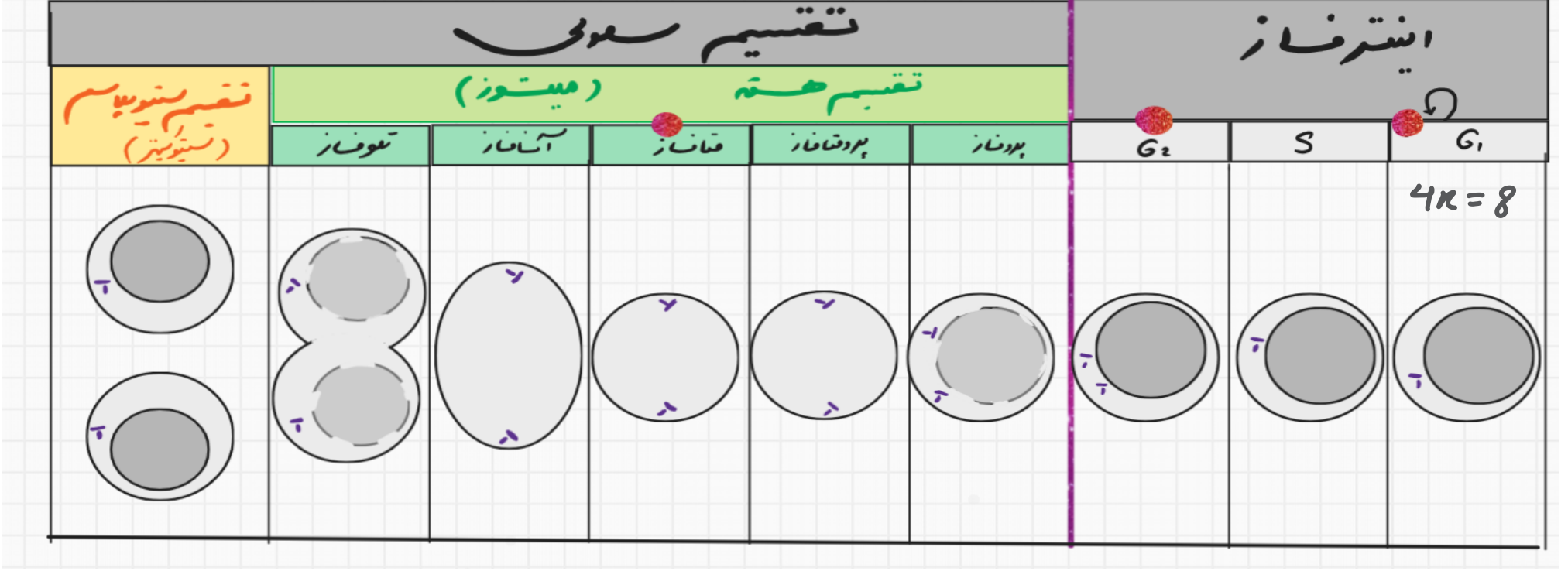
G	S	G_2	P	PM	M	A	T	سیتوکینز

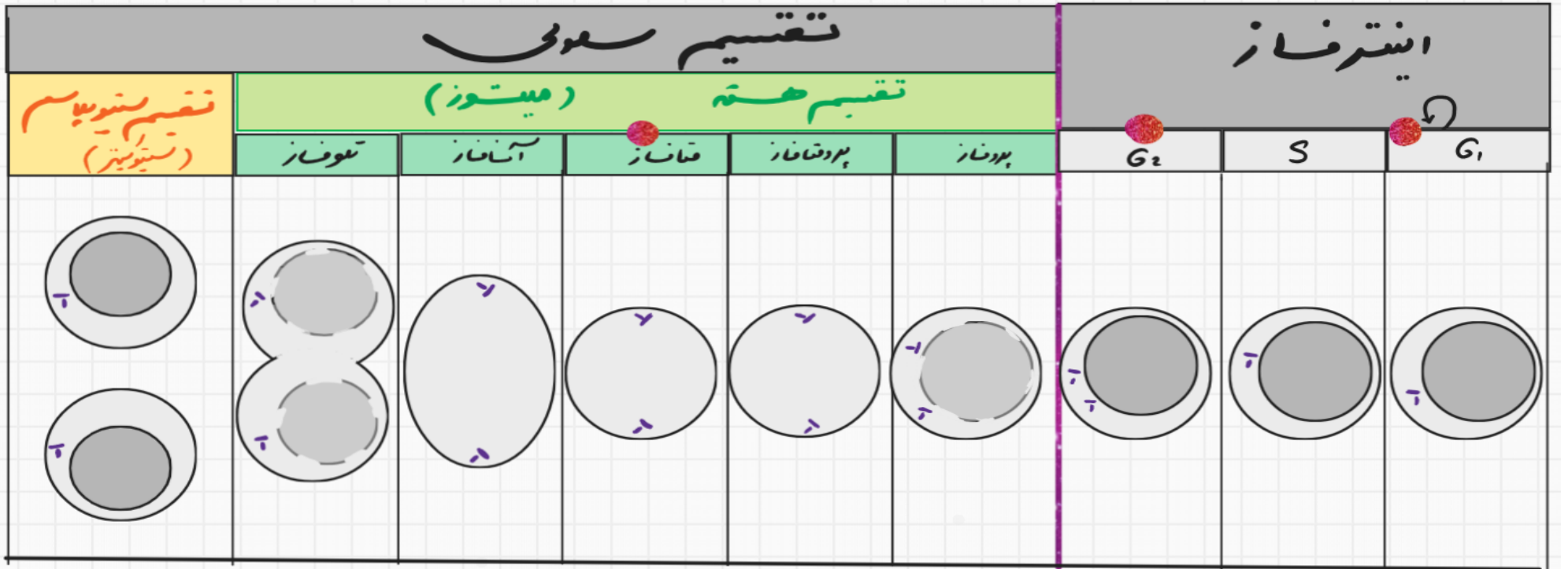


تقسیم سیتوپلاسم
- اجباری: برابر
- اختیاری: نابرابر

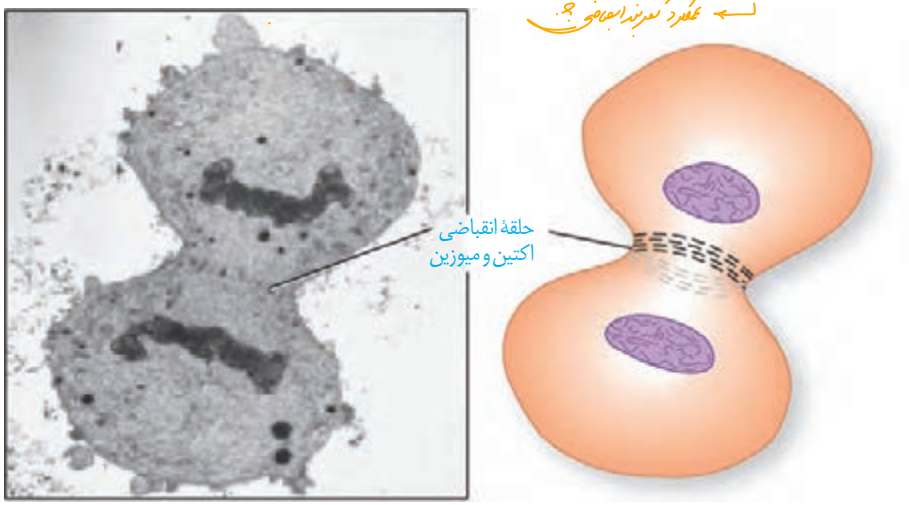

تقسیم سلولی
اینترفاز
تقسیم هسته (میتوز)
تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز)
تلوفاز
آنافاز
متافاز
پروفتافاز
پروفاز
G2
S
G1
کروموزوم
کروماتین
هسته
هسته داریم
کروموزوم ها در سیتوپلاسم
هسته در حال تجزیه
مضاعف X
ساده
نمی بینیم
با میکروسکوپ نوری می بینیم
با میکروسکوپ نوری نمی بینیم


تقسیم سلولی
اینترفاز
تقسیم هسته (میتوز)
تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز)
تلوفاز
آنافاز
متافاز
پروفتافاز
پروفاز
G2
S
G1
n=3


اینترفاز
تقسیم سلولی
تقسیم هسته (میتوز)
تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز)
G1
S
G2
پروفاز
پرومتافاز
متافاز
آنافاز
تلوفاز
4n = 8

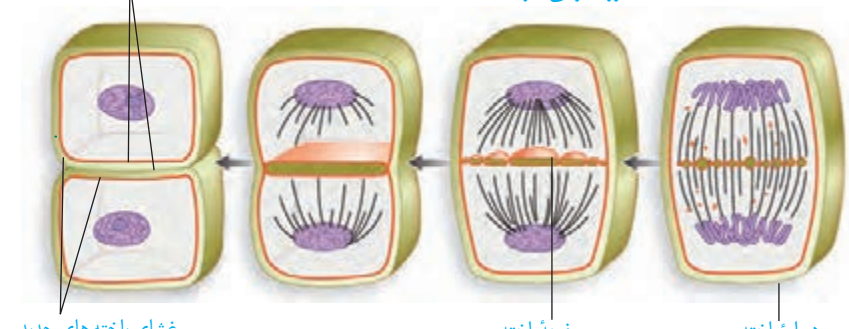

اینترفاز
تقسیم سلولی
تقسیم هسته (میتوز)
تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز)
G1
S
G2
پروفاز
پرومتافاز
متافاز
آنافاز
تلوفاز

در یاخته‌های جانوری تقسیم سیتوپلاسم با ایجاد فرورفتگی در یاخته شروع می‌شود (شکل ۸). این فرورفتگی حاصل انقباض حلقه‌ای از جنس اکتین و میوزین است که مانند کمربندی در سیتوپلاسم قرار می‌گیرد و به غشا متصل است. با تنگ شدن این حلقهٔ انقباضی در نهایت دو یاخته از هم جدا می‌شوند (شکل ۸).



شکل ۸ـ تقسیم سیتوپلاسم در یک یاختهٔ جانوری

در یاخته‌های گیاهی حلقهٔ انقباضی تشکیل نمی‌شود. در این یاخته‌ها نخست ساختاری به نام **صفحهٔ یاخته‌ای** در محلّ تشکیل دیوارهٔ جدید، ایجاد می‌شود. این صفحه با تجمع ریزکیسه‌های دستگاه گلژی و به‌هم پیوستن آن‌ها تشکیل می‌شود. این ریزکیسه‌ها، دارای پیش‌سازهای تیغهٔ میانی و دیوارهٔ یاخته‌اند. با اتصال این صفحه به دیوارهٔ یاختهٔ مادری دو یاختهٔ جدید از هم جدا می‌شوند (شکل ۹). ساختارهایی مانند لان و پلاسمودسم که سال گذشته با آن‌ها آشنا شدید در هنگام تشکیل دیوارهٔ جدید، پایه‌گذاری می‌شوند.



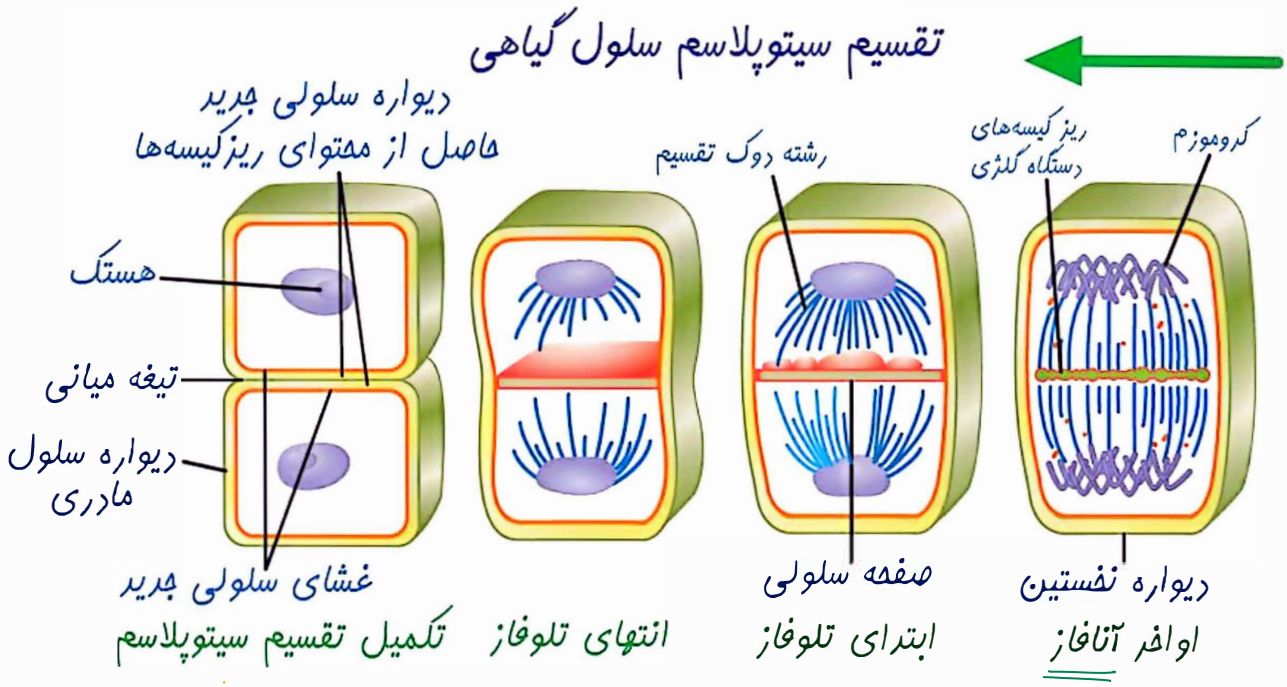
شکل ۹ـ تقسیم سیتوپلاسم در یاختهٔ گیاهی

* ترکیبات دیوارهٔ نخستین: سلولز (پلی‌ساکارید رشته‌ای) + پکتین (پلی‌ساکارید غیررشته‌ای) + پروتئین‌ها

* لان: نازک‌شدگی دیوارهٔ نخستین دویافتهٔ مجاور هم؛ عدم وجود دیوارهٔ پسین و عدم نازک‌شدگی تیغهٔ میانی!

* پلاسمودسم: منافذ برای ارتباط مستقیم سیتوپلاسمی یافته‌های مجاور هم که در محل لان‌ها به فراوانی یافت می‌شوند.

مقایسه دو نوع تقسیم سیتوپلاسم	تقسیم سیتوپلاسم در یاختهٔ جانوری	تقسیم سیتوپلاسم در یاختهٔ گیاهی
ایجاد کمربندی از رشته‌های اکتین و میوزین	✓	
ایجاد صفحهٔ یاخته‌ای		✓
تقسیم سیتوپلاسم می‌تواند به صورت نابرابر باشد	✓	✓
تقسیم سیتوپلاسم با فرورفتگی غشایی آغاز می‌شود	✓	
شروع مراحل آن از تلوفاز است	✓	
شروع مراحل آن از آنافاز است		✓



توضیحات مرحلهٔ تقسیم سیتوپلاسم در سلول گیاهی:

✓ اواخر آنافاز ← کروموزوم‌ها و رشته‌های دوک قابل‌مشاهده‌اند و هسته هنوز تشکیل نشده است ← تجمع ریزکیسه‌ها در وسط یاخته

✓ اوایل تلوفاز ← هسته تشکیل شده‌است. رشته‌های دوک در حال تخریب هستند ← ریزکیسه‌ها به هم می‌پیوندند و ریزکیسه‌های بزرگ‌تر را می‌سازند.

✓ اواخر تلوفاز ← رشته‌های دوک در حال تخریب‌شدن هستند ← شکل‌گیری ریزکیسهٔ بزرگ

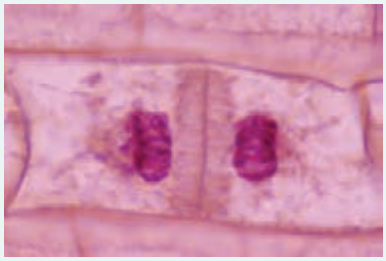
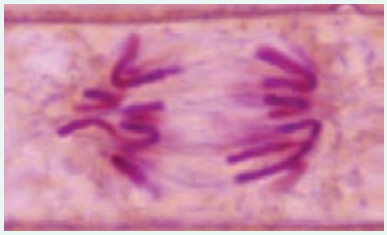
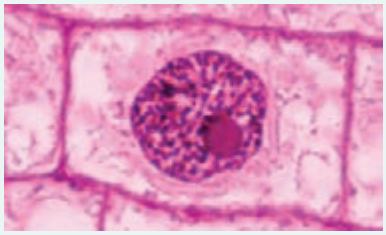
✓ بعد از تلوفاز ← غشا و دیوارهٔ یاخته‌ای جدید تشکیل شده است.

شکل	ریزکیسه‌ها در بخش میانی یاخته جمع می‌شوند. دیوارهٔ یاخته	ریزکیسه‌ها به هم می‌پیوندند و ریزکیسه‌های بزرگ‌تر می‌سازند. صفحهٔ یاخته	در نهایت یک ریزکیسهٔ بزرگ ساخته می‌شود.	دیوارهٔ یاختهٔ جدید (حاصل از محتوای ریزکیسه‌ای) غشای یاخته‌های جدید حاصل از غشای ریزکیسه‌ها
مرحله در تقسیم رشتمان	اواخر آنافاز	اوایل تلوفاز	اواسط تلوفاز	انتهای تلوفاز
حلقه انقباضی = کمربند سیتوپلاسمی = فعالیت اکتین و میوزین	ندارند	ندارند	ندارند	ندارند
پوشش هسته	وجود ندارد.	شروع به تشکیل	تشکیل شده است	تشکیل شده است
وسط یاخته (اغلب)	جمع شدن ریزکیسه ها	تشکیل صفحه یاخته	تشکیل یک ریزکیسه بزرگ	دیواره یاخته جدید و غشای یاخته جدید
تعداد یاخته	۱	۱	۱	۲
تعداد هسته	وجود ندارد	۲	۲	در هر یاخته : ۱
وضعیت فام‌تن	فشرده شده (حداکثر فشردگی را دارد) (نه اینکه حداکثر فشردگی را پیدا کند)	شروع به کاهش فشردگی	ادامه کاهش فشردگی	به صورت فامینه
پروتئین، در تقسیم سیتوپلاسم، نقش دارد؟	در یاخته‌های جانوری، اکتین و میوزین پروتئین‌هایی هستند که در تقسیم سیتوپلاسم نقش دارند. در گیاهان، این پروتئین‌ها نقشی در تقسیم سیتوپلاسم ندارند ولی رشته‌های دوک، ترکیبات پروتئینی هستند که در تقسیم سیتوپلاسم مؤثرند.			
سایر نکات	به منظور حضور ریزکیسه‌ها در بخش میانی، برون‌رانی و درون‌بری رخ نمی‌دهد.	رشته‌های دوک اندازهٔ متفاوتی دارند و تخریب آن‌ها در حال انجام است.		دیواره و غشای یاخته‌ای جدید تشکیل می‌شود.

فعّالیت ۲

با توجه به آنچه دربارهٔ چرخه یاخته‌ای فراگرفته‌اید تصاویر میکروسکوپی زیر را بر اساس مراحل آن، با شماره‌گذاری مرتب کنید.



تقسیم یاخته، فرایندی تنظیم شده است

بعضی یاخته‌های بدن جانداران، مانند یاخته‌های بنیادی مغز استخوان و یاخته‌های مریستمی گیاهان می‌توانند دائماً تقسیم شوند. همین یاخته‌ها در شرایط خاصی، مثلاً شرایط نامساعد محیطی یا افزایش بیش از حدّ تعداد یاخته‌ها، تقسیم خود را کاهش می‌دهند و یا متوقف می‌کنند. برعکس، یاخته‌های عصبی به ندرت تقسیم می‌شوند. این یاخته‌ها چگونه تشخیص می‌دهند در چه زمان یا به چه مقداری باید تقسیم شوند؟ چه عواملی تنظیم‌کنندهٔ سرعت و تعداد تقسیم یاخته‌اند؟ چگونه تعداد چرخه‌های یاخته تنظیم می‌شوند و چرا این تنظیم در برخی یاخته‌ها به‌هم می‌خورد؟

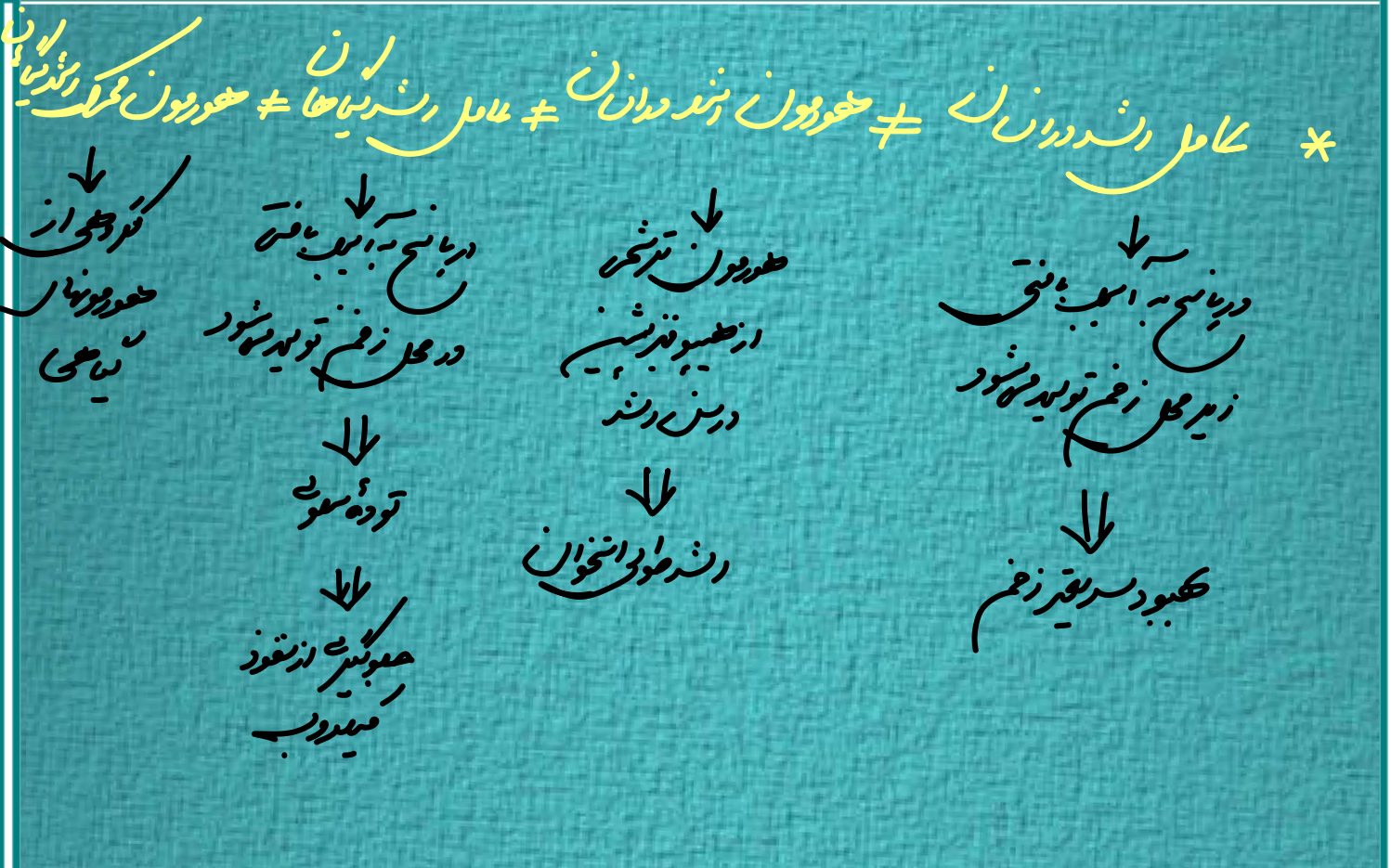
عوامل تنظیم‌کنندهٔ تقسیم یاخته

یاخته‌ها در پاسخ به بعضی عوامل محیطی و مواد شیمیایی سرعت تقسیم خود را تنظیم می‌کنند.

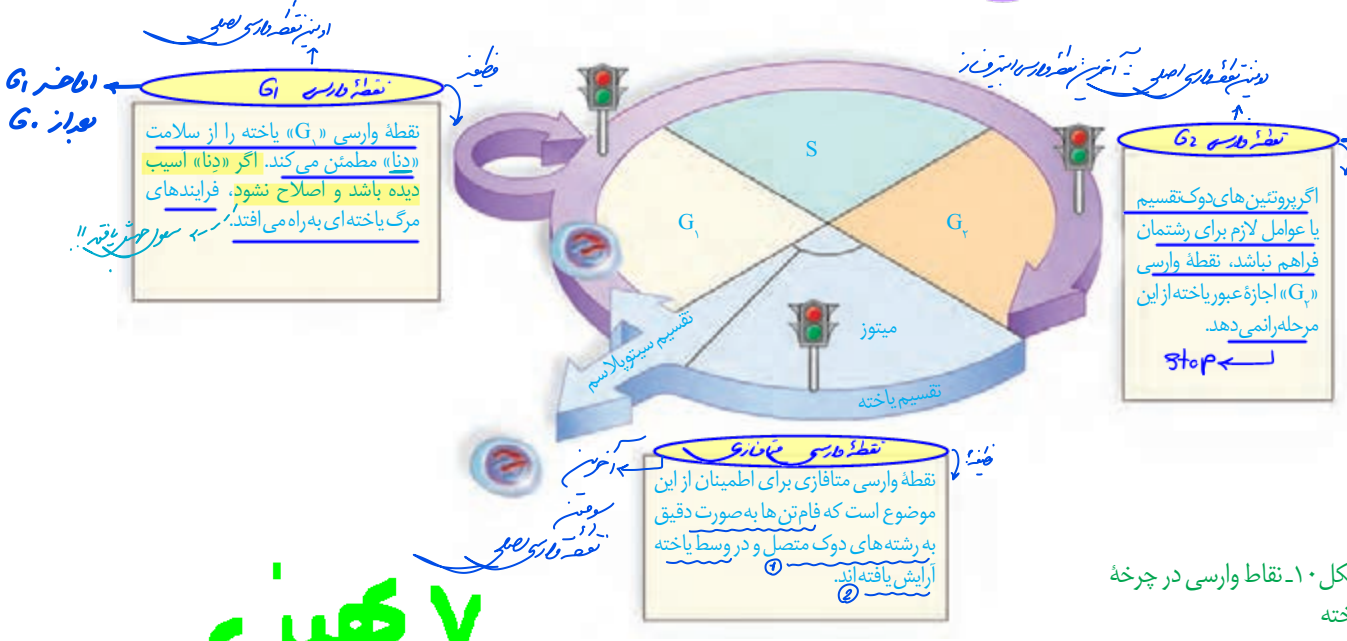
انواعی از پروتئین‌ها وجود دارد که با فرایندهایی منجر به تقسیم یاخته‌ای می‌شوند. پروتئین‌های دیگری نیز وجود دارند که در شرایط خاصی، مانع از تقسیم یاخته‌ها می‌شوند. این پروتئین‌ها در سرعت تقسیم یاخته مانند پدال گاز و ترمز عمل می‌کنند؛ یا در گیاهان در محل آسیب‌دیده، **نوعی عامل رشد** تولید می‌شوند تا با تقسیم سریع، تودهٔ یاخته ایجاد کنند. این تودهٔ یاخته مانع نفوذ میکروب‌ها می‌شود؛ یا **نوعی عامل رشد**، در پوست انسان زیر محل زخم تولید می‌شود که با افزایش سرعت تقسیم یاخته‌ها، سرعت بهبود زخم را افزایش می‌دهد. مثال دیگر این مواد، **اریتروپویتین** است که در سال گذشته با آن آشنا شدید. با توجه به آنچه آموختید این ماده بر کدام بخش بدن اثر می‌گذارد و نتیجهٔ آن چیست؟

مقایسهٔ تقسیم سیتوپلاسم در یاخته‌های جانوری و گیاهی

موارد مقایسه	یاختهٔ جانوری	یاختهٔ گیاهی
زمان آغاز	هم‌زمان با تلوفاز	هم‌زمان با آنافاز
زمان پایان	پس از تقسیم هسته	پس از تقسیم هسته
عامل مؤثر	فرورفتگی ناشی از حلقهٔ انقباضی اکتین و میوزین	تشکیل صفحهٔ یاخته‌ای با تجمع و به‌هم‌پیوستن ریزکیسه‌های دستگاه گلژی
پروتئین‌های دخیل	پروتئین‌های انقباضی اکتین و میوزین	ریزلوله‌های پروتئینی دوک
ایجاد فرورفتگی در غشا	بله	بله
تشکیل حلقهٔ انقباضی	بله	خیر
تشکیل صفحهٔ یاخته‌ای	خیر	بله
تشکیل لان و پلاسمودسم	خیر	بله
نقش دستگاه گلژی	-	ایجاد ریزکیسه‌های دارای پیش‌سازهای تیغهٔ میانی و دیوارهٔ یاخته
نقش شبکهٔ آندوپلاسمی	آزادسازی یون کلسیم برای انقباض رشته‌های اکتین و میوزین	-
نقش راکیزه	تأمین انرژی برای انقباض رشته‌های اکتین و میوزین	از کتاب درسی مستقیماً قابل برداشت نیست.



در چرخهٔ یاخته‌ای، چند **نقطهٔ وارسی** وجود دارد. نقاط وارسی، نقاطی از چرخهٔ یاخته‌اند که به آن اطمینان می‌دهند که مرحلهٔ قبل کامل شده است و عوامل لازم برای مرحلهٔ بعد آماده‌اند. در شکل ۱۰ بعضی از این نقاط را می‌بینید.



شکل ۱۰ـ نقاط وارسی در چرخهٔ یاخته

۷ بهمن

تقسیم بی‌رویهٔ یاخته

یاخته‌ها با تقسیم، افزایش و با مرگ، کاهش می‌یابند. اگر تعادل بین تقسیم یاخته و مرگ یاخته‌ها به هم بخورد، چه وضعی پیش می‌آید؟ نتیجه می‌تواند ایجاد یک تومور باشد. **تومور**، توده‌ای است که در اثر تقسیمات تنظیم نشده ایجاد می‌شود. تومورها به دو نوع خوش‌خیم و بدخیم تقسیم می‌شوند.

نوع خوش‌خیم رشدی کم دارد و یاخته‌های آن در جای خود می‌مانند و منتشر نمی‌شوند. این نوع تومور معمولاً آن‌قدر بزرگ نمی‌شود که به بافت‌های مجاور خود آسیب بزند. البته در مواردی که تومور بیش از اندازه بزرگ شود، می‌تواند در انجام اعمال طبیعی اندام اختلال ایجاد کند. **لیپوما** یکی از انواع تومورهای خوش‌خیم است که در افراد بالغ متداول است. در این تومور، یاخته‌های چربی تکثیر شده و تودهٔ یاخته ایجاد می‌کنند (شکل ۱۱ـ الف).



ب)



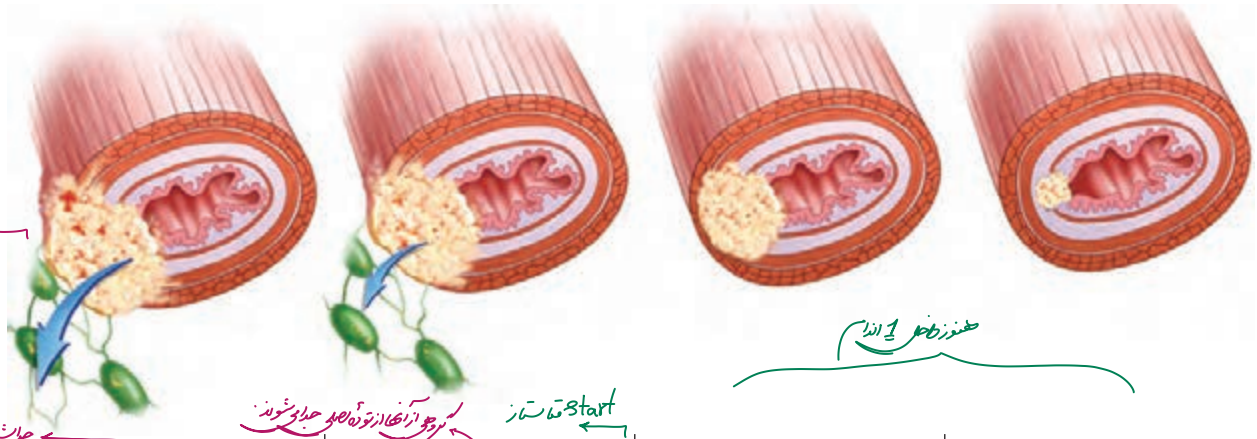
الف)

شکل ۱۱ـ الف) تومور خوش‌خیم، لیپوما در نزدیکی آرنج
ب) ملانوما نوعی تومور بدخیم یاخته‌های رنگدانه‌دار پوست

	تومورهای خوش‌خیم	تومورهای بدخیم
تقسیم کنترل نشده	بله	بله
برهم‌خوردن تعادل بین تقسیم و مرگ یاخته	بله	بله
رشد کم	بله	خیر
باقی‌ماندن یاخته‌ها در جای خود	بله	خیر
امکان آسیب به بافت‌های مجاور	بله (در صورت بزرگ‌شدن بیش از حد)	بله
حمله به بافت‌های مجاور	خیر	بله
ورود توده به جریان خون یا لنف (متاستاز)	خیر	بله
استقرار در نواحی دورتر بدن و رشد در آنجا	خیر	بله
علت اصلی، بعضی تغییرات در مادهٔ ژنتیکی	-	بله
استفاده از آزمایش خون	خیر	بله
افزایش مویرگ‌های خونی در اطراف تومور	بله	بله
جراحی، شیمی‌درمانی و پرتودرمانی	خیر	بله
بافت‌برداری	-	بله
احتمال مرگ برای انسان	بسیار کم	متغیر
افزایش مصرف فولیک‌اسید و B_{12}	بله	بله

تومور بدخیم یا سرطان به بافت‌های مجاور حمله می‌کند؛ یاخته‌هایی از این تومورها می‌توانند جدا شوند و همراه با جریان خون، یا به ویژه لنف به نواحی دیگر بدن بروند، در آنجا مستقر شوند و رشد کنند (شکل ۱۲). علت اصلی سرطان، بعضی تغییرات در مادهٔ ژنتیکی یاخته است که باعث می‌شود چرخهٔ یاخته از کنترل خارج شود (شکل ۱۱ـ ب).

شکل ۱۲ـ مراحل رشد و پخش یاخته‌های سرطانی



۱ـ یاختهٔ سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های بافت می‌کند.

۲ـ یاخته‌های سرطانی در بافت‌ها گسترش می‌یابند، ولی هنوز به دستگاه لنفی مجاور راه پیدا نکرده‌اند.

۳ـ یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیر خود، دسترسی پیدا می‌کنند.

۴ـ یاخته‌های سرطانی از راه لنف به بافت‌های دورتر می‌روند و پس از استقرار موجب سرطانی شدن آنها می‌شوند.

تشخیص و درمان سرطان

روش‌های متعددی برای تشخیص و درمان سرطان‌ها وجود دارد و گاهی ترکیبی از این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. **بافت‌برداری**[1] روشی است که در آن، تمام یا بخشی از بافت سرطانی یا مشکوک به سرطان برداشته می‌شود. آزمایش خون به این شناسایی کمک می‌کند.

روش‌های رایج درمان سرطان شامل جراحی، شیمی‌درمانی و پرتودرمانی است. در پرتودرمانی، یاخته‌هایی که به سرعت تقسیم می‌شوند، به‌طور مستقیم تحت‌تأثیر پرتوهای قوی قرار می‌گیرند. شیمی‌درمانی با استفاده از داروها باعث سرکوب تقسیم یاخته‌ها در همهٔ بدن می‌شود. این روش‌های درمانی می‌توانند به یاخته‌های مغز استخوان*، پیاز مو* و پوشش دستگاه گوارش* نیز آسیب برسانند. مرگ این یاخته‌ها از عوارض جانبی شیمی‌درمانی است که باعث ریزش مو، تهوع و خستگی می‌شود.

حتی بعضی افراد که تحت‌تأثیر تابش‌های شدید یا شیمی‌درمانی قوی قرار می‌گیرند مجبور به پیوند مغز استخوان می‌شوند تا بتوانند یاخته‌های خونی مورد نیاز را بسازند.

۱- Biopsy

مراحل رشد و پخش شدن یاخته‌های سرطانی در رودهٔ باریک	مرحلهٔ اول	مرحلهٔ دوم	مرحلهٔ سوم	مرحلهٔ چهارم
مشاهدهٔ درگیری مخاط	✓	✓	✓	✓
مشاهدهٔ درگیری زیرمخاط	✓	✓	✓	✓
مشاهدهٔ درگیری لایهٔ ماهیچه‌ای	✗	✓	✓	✓
مشاهدهٔ درگیری لایهٔ بیرونی	✗	✗	✓	✓
مشاهدهٔ درگیری گره‌های لنفی	✗	✗	✓	✓
انتقال یاخته‌های سرطانی به محل‌های دور	✗	✗	✗	✓

↑ تعداد سهول ← تقسیم سهولی
↓ تعداد سهول ← تمرکز سهولی
} تقسیم سهولی به تمرکز سهولی

برنامه ریزی نشده
تصادفی

تقسیم سهولی < تمرکز سهولی ⇐ بافت پراکندگی

تمرکز سهولی < تقسیم سهولی ⇐ توموری

توموری ← خوش خیم
بدخیم = سرطان

× عوامل مؤثر در پیشگیری سرطان

عوامل مؤثر در ایجاد سرطان

۱ موارد مؤثر در تشخیص سرطان

۱ روش های رایج درمان سرطان

وراثت* و محیط*، هر دو در ایجاد سرطان نقش دارند

پروتئین‌ها، تنظیم‌کنندهٔ چرخهٔ یاخته و مرگ آن هستند. پروتئین‌ها محصول عملکرد ژن‌ها هستند. بنابراین، مشخص است که در ایجاد سرطان، ژن‌ها نقش دارند. ژن‌های زیادی شناخته شده‌اند که در بروز سرطان مؤثرند. علت شیوع بیشتر بعضی سرطان‌ها در بعضی جوامع، همین مسئله است.

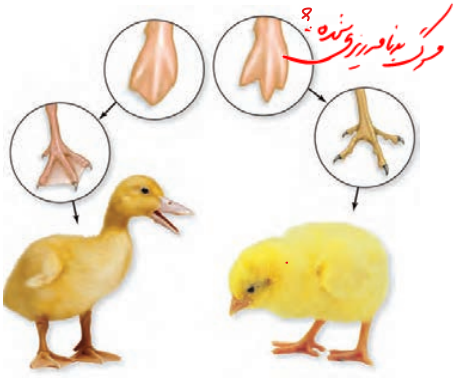
عوامل محیطی هم در بروز سرطان مؤثرند. پرتوهای فرابنفش، بعضی آلاینده‌های محیطی و دود خودروها به ساختار «دِنا» آسیب می‌زنند. سایر پرتوها و مواد شیمیایی سرطان‌زا، موادغذایی دودی شده مثل گوشت و ماهی دودی، بعضی ویروس‌ها، قرص‌های ضدبارداری، نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات از عوامل مهم سرطان‌زایی‌اند.

فعّالیت ۳

با استفاده از منابع علمی بررسی کنید که کدام نوع از سرطان‌ها در کشور ما شیوع بیشتری دارند. چرا بعضی انواع سرطان در بخش‌های خاصی از کشور ما شایع‌ترند؟

مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ یاخته

مرگ یاخته‌ها می‌تواند تصادفی باشد؛ مثلاً در بریدگی، یاخته‌ها آسیب می‌بینند و از بین می‌روند. به این حالت، **بافت مردگی**[1] گفته می‌شود. ولی مرگ برنامه‌ریزی[2] شدهٔ یاخته‌ای شامل یک سری فرایندهای دقیقاً برنامه‌ریزی شده است که در بعضی یاخته‌ها و در شرایط خاص ایجاد می‌شود. این فرایند با رسیدن علایمی به یاخته شروع می‌شود. به دنبال این رخداد، در چند ثانیه پروتئین‌های تخریب‌کننده در یاخته شروع به تجزیهٔ اجزای یاخته و مرگ آن می‌کنند.



حذف یاخته‌های پیر یا آسیب‌دیده[1]، مانند آنچه در آفتاب‌سوختگی اتفاق می‌افتد، مثالی از مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ یاخته‌ای است؛ چون پرتوهای خورشید دارای اشعهٔ فرابنفش[1] اند آفتاب‌سوختگی می‌تواند سبب آسیب به «دِنا» یاخته‌ها و بروز سرطان شود. مرگ برنامه‌ریزی شدهٔ یاخته‌ای، با از بین بردن یاخته‌های آسیب‌دیده، آنها را حذف می‌کند. مثال دیگر، حذف یاخته‌های اضافی[2] از بخش‌های عملکردی مانند پرده‌های بین انگشتان پا در پرندگان است (شکل ۱۳).

مورد مقایسه	مرگ تصادفی	مرگ برنامه ریزی شده
نام دیگر	بافت مردگی = نکروز	آپوپتوز
شامل یک‌سری فرایندهای دقیقاً برنامه ریزی شده	✗	✓
این فرایند با رسیدن علائمی به یاخته شروع می‌شود	✗	✓
در چند ثانیه، پروتئین‌های تخریب کننده در یاخته شروع به تجزیهٔ اجزای یاخته و مرگ آن می‌کنند	✗	✓
مثال	بریدگی، نکروز کبدی (به دلیل مصرف الکل)	حذف یاخته‌های پیر یا آسیب دیده مثلاً در آفتاب سوختگی / حذف یاخته‌های اضافی از بخش عملکردی مانند حذف پردهٔ بین انگشتان پا در پرندگان / مرگ برنامه ریزی شده در اثر فعالیت لنفوسیت T کشنده و یاخته‌های کشندهٔ طبیعی (با ترشح پرفورین و آنزیم مرگ برنامه ریزی شده، برای مبارزه با یاختهٔ سرطانی و آلوده به ویروس)
در آن، پاسخ التهابی رخ می‌دهد؟	بله	خیر
اثرات مثبت بر بدن دارد یا منفی؟	منفی	مثبت
سبب افزایش فاگوسیتوز می‌شود؟	بله	بله

شکل ۱۳ـ حذف پرده‌های میانی انگشتان در دوران جنینی برخی پرندگان در اثر مرگ برنامه‌ریزی‌شده

فعّالیت ۴

با استفاده از خمیر بازی (چند رنگ) و بارعایت موارد بهداشتی، مراحل تقسیم رشتمان را طراحی کنید. برای این کار، عدد فام‌تنی یاختهٔ فرضی را ۴ یا ۶ در نظر بگیرید. هر مجموعه فام‌تن را با یک رنگ انتخاب کنید و با توجه به این فعالیت به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) در متافاز فام‌تن های همتا نسبت به هم چگونه روی رشته‌های دوک قرار می‌گیرند؟

ب) با توجه به عدد فام‌تنی انتخابی، تعداد فام‌تن‌ها و فامینک‌ها را قبل و بعد از رشتمان تعیین کنید.

۱ـ Necrosis

یاخته 2n = 4 (AaBb)	عدد کروموزومی	ژنوتیپ	وضعیت کروموزومی	سانتریول	فشردگی کروموزوم	تعداد کروموزوم تعداد سانترومر	تعداد کروماتید تعداد مولکول DNA	تعداد رشته نوکلئوتیددار DNA	نقطه وارسی
G_1, G_0	2n = 4	AaBb	کروماتین	۲	کم	۴	۴	۸	دارد
S	2n = 4	AaBb	کروماتین	۲	کم	۴	۸	۱۶	ندارد
G_2	2n = 4	AaBb	کروماتین	۴	کم	۴	۸	۱۶	دارد
پروفاز	2n = 4	AaBb	کروموزوم	۴	دارد	۴	۸	۱۶	ندارد
پرومتافاز	2n = 4	AaBb	کروموزوم	۴	دارد	۴	۸	۱۶	ندارد
متافاز	2n = 4	AaBb	کروموزوم	۴	حداکثر فشردگی دارد	۴	۸	۱۶	دارد
آنافاز	4n = 8 (هر قطب 2n = 4)	هر قطب AaBb کل یاخته AAaaBBbb	کروموزوم	۴	دارد	۸	۸	۱۶	ندارد
کل یاخته تلوفازی	دو تا هسته 2n = 4	هر هسته AaBb	درآخر کروماتین	۴	ابتدا دارد در انتها کم می‌شود	۸	۸	۱۶	ندارد
هر هسته تلوفاز	2n = 4	AaBb	درآخر کروماتین	۲	ابتدا دارد در انتها کم می‌شود	۴	۴	۸	ندارد
هر یاخته دختر	2n = 4	AaBb	کروماتین	۲	بسیار کم	۴	۴	۸	ندارد

جدول مراحل چرخه یاخته‌ای

یاخته 2n	کروموزوم = سانترومر	کروماتید = مولکول DNA	رشته نوکلئوتیددار DNA	فشردگی کروموزومی
G_1	2n تک کروماتیدی	2n	4n	زیادی ندارد
S	2n مضاعف	4n	8n	ندارد
G_2	2n مضاعف	4n	8n	ندارد
پروفاز ۱	2n مضاعف	4n	8n	دارد
متافاز ۱	2n مضاعف	4n	8n	دارد
آنافاز ۱	2n مضاعف	4n	8n	دارد
هر هسته تلوفاز ۱ (اسپرماتوسیت و اووسیت ثانویه یا اولین گویچه قطبی)	n مضاعف	2n	4n	دارد
هر یاخته پروفاز ۲	n مضاعف	2n	4n	دارد
هر یاخته آنافاز ۲	2n تک کروماتیدی	2n	4n	دارد
هر یاخته تلوفاز ۲ (اسپرماتید یا تخمک یا دومین گویچه قطبی) (گرده نارس گیاهان)	n تک کروماتیدی	n	2n	در آخر فشردگی کمی دارد.

	G_1	S	G_2	پروفاز	پرومتافاز	متافاز	آنافاز	تلوفاز
عدد کروموزومی= تعداد سانترومر	۲n=۴۶	۲n=۴۶	۲n=۴۶	۲n=۴۶	۲n=۴۶	۲n=۴۶	۴n=۹۲	۹۲=۴n
تعداد کروماتید = تعداد دنای خطی	۴۶	ابتدا ۴۶ انتها ۹۲	۹۲	۹۲	۹۲	۹۲	۹۲	۹۲
تعداد رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی	۹۲	ابتدا ۹۲ انتها ۱۸۴	۱۸۴	۱۸۴	۱۸۴	۱۸۴	۱۸۴	۱۸۴
تعداد کروموزوم‌های جنسی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۴	۴
سلول هسته	دارد	دارد	دارد	دارد	ابتدا دارد انتها ندارد	ندارد	ندارد	ابتدا ندارد انتها دارد
کروموزوم‌ها چند کروماتیدی؟	۱	ابتدا ۱ انتها ۲	۲	۲	۲	۲	ابتدا ۲ انتها ۱	۱
مادهٔ وراثتی به شکل کروموزوم دیده می‌شود؟	✗	✗	✗	ابتدا ✗ انتها ✓	✓	✓	✓	ابتدا ✓ انتها ✗
فشردگی و قطر کروموزوم‌ها؟	–	–	–	افزایش	افزایش	افزایش (تا رسیدن به حداکثر)	ثابت (در حداکثر)	کاهش
طول کروموزوم‌ها؟	–	–	–	کاهش	کاهش	کاهش (تا رسیدن به حداقل)	ثابت (در حداقل)	افزایش
وضعیت رشته‌های دوک؟	✗	✗	✗	شروع تشکیل	اتصال کروموزوم‌ها به آنها	افزایش و کاهش طول به‌طوری‌که کروموزوم‌ها در استوای سلول ردیف شوند.	کاهش طول رشته‌های متصل به کروموزوم و افزایش طول رشته‌های غیرمتصل به کروموزوم	تخریب
تعداد سانتریول‌ها	۲	۲	ابتدا ۲ انتها ۴	۴	۴	۴	۴	۴

مقایسهٔ میتوز و میوز و یاخته‌های حاصل از آنها:

$2n = 16$ ← میتوز ← ۲ یاخته $(2n = 16)$

$2n = 16$ ← میوز ← ۴ یاخته $(n = 8)$

$4n = 16$ ← میتوز ← ۲ یاخته $(4n = 16)$

$4n = 16$ ← میوز ← ۴ یاخته $(2n = 8)$

$6n = 12$ ← میتوز ← ۲ یاخته $(6n = 12)$

$6n = 12$ ← میوز ← ۴ یاخته $(3n = 6)$

$4n = 20$ ← میتوز ← ۲ یاخته $(4n = 20)$

$4n = 20$ ← میوز ۱ ← ۲ یاخته $(2n = 10)$ دو کروماتیدی ← میوز ۲ ← ۴ یاخته $(2n = 10)$ تک‌کروماتیدی

۱ یاخته $(2n = 46)$ ← میتوز ← ۲ یاخته $(2n = 46)$

۱ یاخته $(2n = 46)$ ← میوز ← ۴ یاخته $(n = 23)$

۱ یاخته $(2n = 46)$ تک‌کروماتیدی ← همانندسازی در S ← ۱ یاخته $(2n = 46)$ دو کروماتیدی

میوز ۱

جداشدن کروموزوم‌های همتا

۲ یاخته $(n = 23)$ دو کروماتیدی

بین میوز ۱ تا میوز ۲، عدم همانندسازی DNA ولی سانتریول‌ها دو برابر می‌شوند.

میوز ۲

جداشدن کروماتیدهای خواهری

۴ یاخته $(n = 23)$ تک‌کروماتیدی

هر مرحله‌ای از تقسیم رشتمان که در آن .....

۱ افزایش فشردگی فام‌تن‌ها آغاز می‌شود ← پروفاز

۲ فام‌تن‌ها به تدریج با میکروسکوپ نوری دیده می‌شوند ← پروفاز

۳ ضمن فشرده شدن فام‌تن‌ها، میانک‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند ← پروفاز

۴ پوشش هسته شروع به تخریب شدن می‌کند ← پروفاز

۵ تخریب پوشش هسته تکمیل می‌شود ← پرومتافاز

۶ پوشش شبکهٔ آندوپلاسمی تجزیه می‌شود ← پرومتافاز

۷ برای نخستین بار، فام‌تن‌ها به طور کامل در تماس با سیتوپلاسم قرار می‌گیرند ← پرومتافاز

۸ رشته‌های دوک به فام‌تن‌ها متصل می‌شوند ← پرومتافاز

۹ فام‌تن‌ها حداکثر فشردگی را پیدا می‌کنند ← متافاز

۱۰ فام‌تن‌ها حداکثر فشردگی را دارند ← متافاز و آنافاز

۱۱ فام‌تن‌ها در سطح استوایی یاخته ردیف می‌شوند ← متافاز

۱۲ پروتئین اتصالی ناحیهٔ سانترومر تجزیه می‌شود ← آنافاز

۱۳ فامینک‌های هر فام‌تن دوفامینکی، از هم جدا می‌شوند ← آنافاز

۱۴ تعداد سانترومرها دو برابر می‌شود ← آنافاز

۱۵ به هر سانترومر، یک رشتهٔ دوک متصل است ← آنافاز

۱۶ تعداد فام‌تن‌ها دوبرابر می‌شود ← آنافاز

۱۷ فام‌تن‌ها مضاعف می‌شوند ← هیچ‌کدام! این اتفاق در مرحلهٔ S اینترفاز رخ می‌دهد.

۱۸ رشته‌های دوک تخریب می‌شوند ← تلوفاز

۱۹ فام‌تن‌ها شروع به باز شدن می‌کنند تا به صورت فامینه در بیایند ← تلوفاز

۲۰ فشردگی فام‌تن‌ها کاملاً از بین می‌رود ← هیچ‌کدام! دقت کنید که حتی در اینترفاز نیز، حداقل فشردگی (به سبب وجود نوکلئوزوم) وجود دارد.

۱۰ تعداد هسته‌های یاخته افزایش می‌یابد ← تلوفاز

۲۱ در پایان آن، یاخته دو هستهٔ مشابه دارد ← تلوفاز

۲۲ در یاخته‌های جانوری، تقسیم سیتوپلاسم همزمان با آن آغاز می‌شود ← تلوفاز

۲۳ در یاخته‌های گیاهی، تقسیم سیتوپلاسم همزمان با آن آغاز می‌شود ← آنافاز

۲۴ پوشش هسته در آن مشاهده می‌شود ← پروفاز (همواره)، پرومتافاز (بخش ابتدایی) و تلوفاز (پس از تشکیل)

در مقایسهٔ میتوز با میوز ۱ و میوز ۲، بهتر است بدانید که:

میتوز	میوز ۱	میوز ۲
هرکدام از کروموزوم‌های همتا روی یک جفت رشتهٔ دوک جداگانه قرار می‌گیرند.	هر جفت کروموزوم همتا روی رشته‌های دوک مقابل قرار می‌گیرند.	در حالت طبیعی (یعنی در یک سلول دیپلوئید)، هیچ کروموزوم همتایی وجود ندارد.
در آنافاز، کروماتیدهای خواهری از هم جدا می‌شوند.	در آنافاز ۱، کروموزوم‌های همتا از هم جدا می‌شوند.	در آنافاز ۲، کروماتیدهای خواهری از هم جدا می‌شوند.
پس از میتوز، دو سلول دختری با عدد کروموزومی سلول مادر به‌وجود می‌آید.	پس از میوز، دو سلول با عدد کروموزومی نصف سلول مادر به‌وجود می‌آید که هرکدام از این سلول‌ها، کروموزوم‌های دوکروماتیدی دارند.	پس از میوز ۲، چهار سلول با عدد کروموزومی نصف سلول مادر به‌وجود می‌آید که هرکدام از این سلول‌ها، کروموزوم‌های تک‌کروماتیدی دارند.

جدول زیر تغییر تعداد و کمیت مادهٔ ژنتیک در طول چرخهٔ سلولی در انسان در صورت وقوع میتوز و میوز را نشان می‌دهد:

$G_0 > G_1 > S > G_2$

		تعداد مولکول DNA هسته‌ای	تعداد کروموزوم	تعداد سانترومر	نوع کروموزوم
اینترفاز	G_1	۴۶	۴۶	۴۶	تک‌کروماتیدی
	S	۹۲	۴۶	۴۶	دوکروماتیدی
	G_2	۹۲	۴۶	۴۶	دوکروماتیدی
میتوز	پروفاز	۹۲	۴۶	۴۶	دوکروماتیدی
	پرومتافاز	۹۲	۴۶	۴۶	دوکروماتیدی
	متافاز	۹۲	۴۶	۴۶	دوکروماتیدی
	آنافاز	۲×۴۶=۹۲	۲×۴۶=۹۲	۲×۴۶=۹۲	تک‌کروماتیدی
	تلوفاز (برای هر سلول)	۴۶	۴۶	۴۶	تک‌کروماتیدی
میوز ۱	پروفاز ۱	۹۲	۴۶	۴۶	دوکروماتیدی
	متافاز ۱	۹۲	۴۶	۴۶	دوکروماتیدی
	آنافاز ۱	۲×۴۶=۹۲	۲×۲۳=۴۶	۲×۲۳=۴۶	دوکروماتیدی
	تلوفاز ۱ (برای هر سلول)	۴۶	۲۳	۲۳	دوکروماتیدی
میوز ۲	پروفاز ۲	۴۶	۲۳	۲۳	دوکروماتیدی
	متافاز ۲	۴۶	۲۳	۲۳	دوکروماتیدی
	آنافاز ۲	۲×۲۳=۴۶	۲×۲۳=۴۶	۲×۲۳=۴۶	تک‌کروماتیدی
	تلوفاز ۲ (برای هر سلول)	۲۳	۲۳	۲۳	تک‌کروماتیدی

P_I ← ✓ ابتدا تتراد تشکیل می‌شود و بعد ↑ فشردگی داریم. ✓ محل وقوع کراسینگ اور (جابه‌جایی دو طرفه بین کروموزوم‌ها)

حتماً) ✓ ناپدید شدن پوشش هسته و غشا آندوبه‌سمی و آزاد شدن کروموزوم‌ها در سیتوپلاسم

✓ تشکیل دوک تقسیم. ✓ هر سلول n تا تتراد توانایی تشکیل دارد.

M_I ← اینکه در هنگامی که کروموزومی وارد شود به آرایش تتراد‌ها روی دوک متافازی بستگی دارد.

در این مرحله صفحه کروموزومی ایجاد شده قطر (↑) و طول (↓) نسبت به صفحه کروموزومی میتوز دارد.

A_I ← ✓ دوک‌های آزاد کوتاه نمی‌شوند.

✓ جدا شدن 2 مجموعه کروموزوم از هم رخ می‌دهد.

✓ هر قطب عدد کروموزومی نصف سلول اولیه را دارد.

* ایجاد تتراد ← P_I
* وجود تتراد ← M_I ، P_I
* تخریب تتراد ← A_I
* کروموزوم مضاعف ← وجود: $\overbrace{P_1 , M_1 , A_1 , T_1}^{\text{کل میوز I}} , P_{II} , M_{II}$
  ← تشکیل: S
  ← تخریب: A_{II}

* عملکرد میپاز ← P ، P_{II} میتوز
  ← P_I و P_{II} میوز
  (↓ غشاء داخل سلول)

* عملکرد پروتئاز ← A ، T میتوز
  ← T میوز I
  ← A ، T میوز II
  (aa ↑)

دوک تقسیم ← میتوز ← آزاد $2n+2$
← متصل $2n$
← میوز I ← آزاد $n+2$
← متصل n
← میوز II ← آزاد $2n+2$
← متصل $2n$



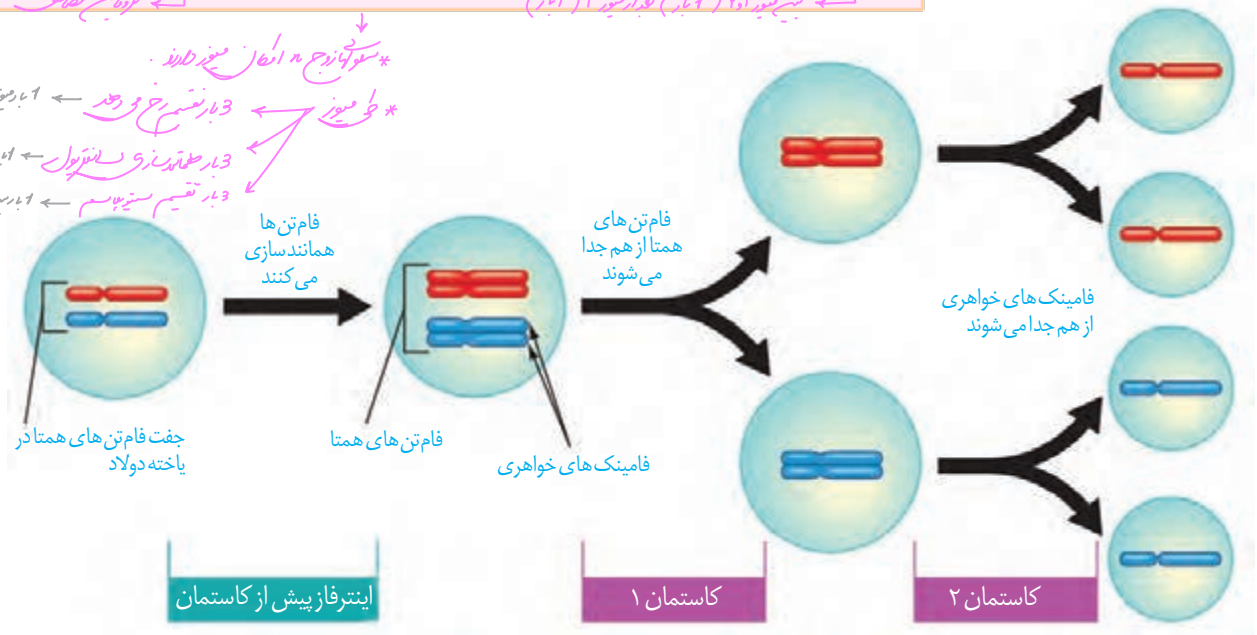
گفتار ۳ کاستمان (میوز) و تولیدمثل جنسی

در گذشته با تولیدمثل جنسی و غیرجنسی آشنا شدید. با توجه به آنچه آموخته‌اید، چه تفاوت‌های اصلی در این دو نوع تولیدمثل وجود دارد؟ هریک از این روش‌ها چه مزایایی دارد؟ چه روش‌های تولیدمثل غیرجنسی را می‌شناسید؟ کدام نوع تقسیم با تولیدمثل جنسی ارتباط بیشتری دارد؟

کاستمان، کاهش تعداد فام‌تن‌ها

در تولیدمثل جنسی، دو یاختهٔ جنسی (گامت) با هم ترکیب و هسته‌های آنها با هم ادغام می‌شوند. یاخته‌های مؤثر در تولیدمثل جنسی با نوعی تقسیم کاهشی به نام کاستمان ایجاد می‌شوند. به نظر شما اهمیت این نوع تقسیم در جانداران چیست؟

کاستمان از دو مرحلهٔ کلی کاستمان ۱ و ۲ تشکیل شده است؛ پس از تقسیم هسته نیز تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود (شکل ۱۴). پیش از این تقسیم نیز، مانند رشتمان، اینترفاز رخ می‌دهد.

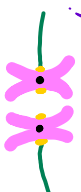


شکل ۱۴ـ طرح ساده‌ای از تقسیم کاستمان

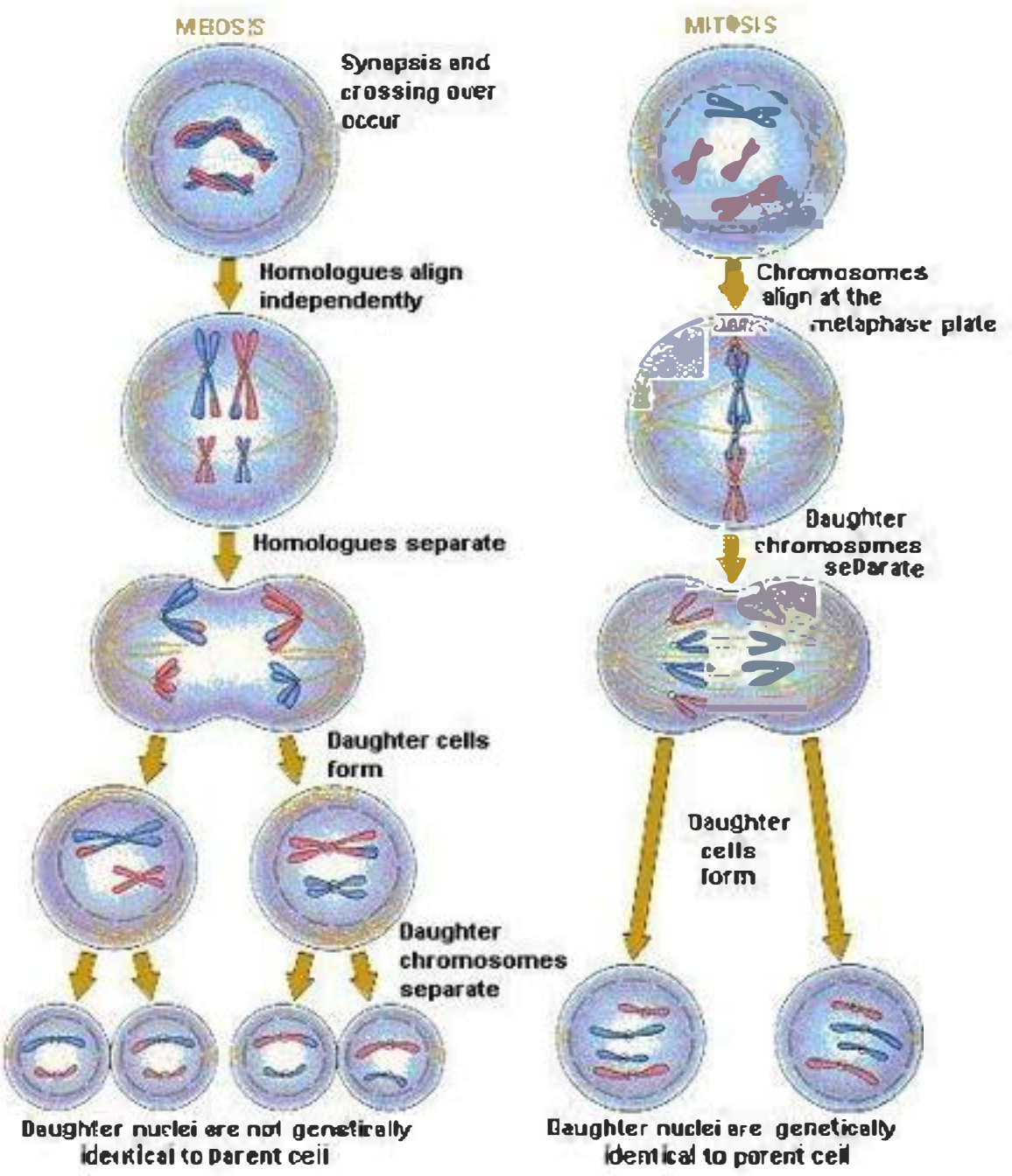
کاستمان ۱

در این مرحله از تقسیم کاستمان، عدد فام‌تنی نصف می‌شود. این بخش از کاستمان چهار مرحله دارد که عبارت‌اند از: پروفاز ۱، متافاز ۱، آنافاز ۱ و تلوفاز ۱ (شکل ۱۶).

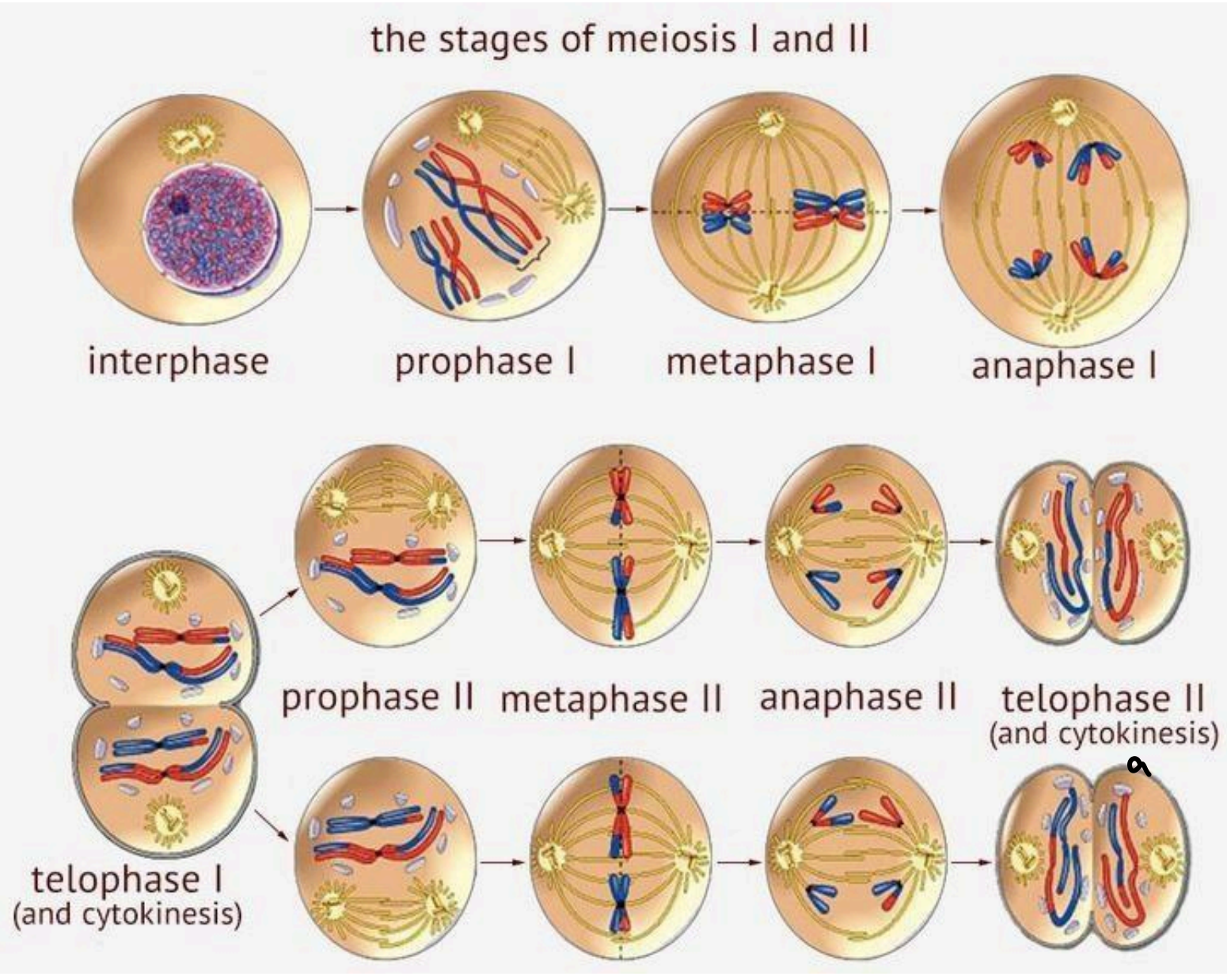
پروفاز ۱: فام‌تن‌های همتا از طول در کنار هم قرار می‌گیرند و فشرده می‌شوند. به این ساختار چهار فامینکی، **چهارتایه (تتراد)** گفته می‌شود. چهارتایه از ناحیهٔ سانترومر به رشته‌های دوک متصل می‌شوند. سایر وقایع این مرحله، شبیه پروفاز و پرومتافاز رشتمان است (شکل ۱۵).



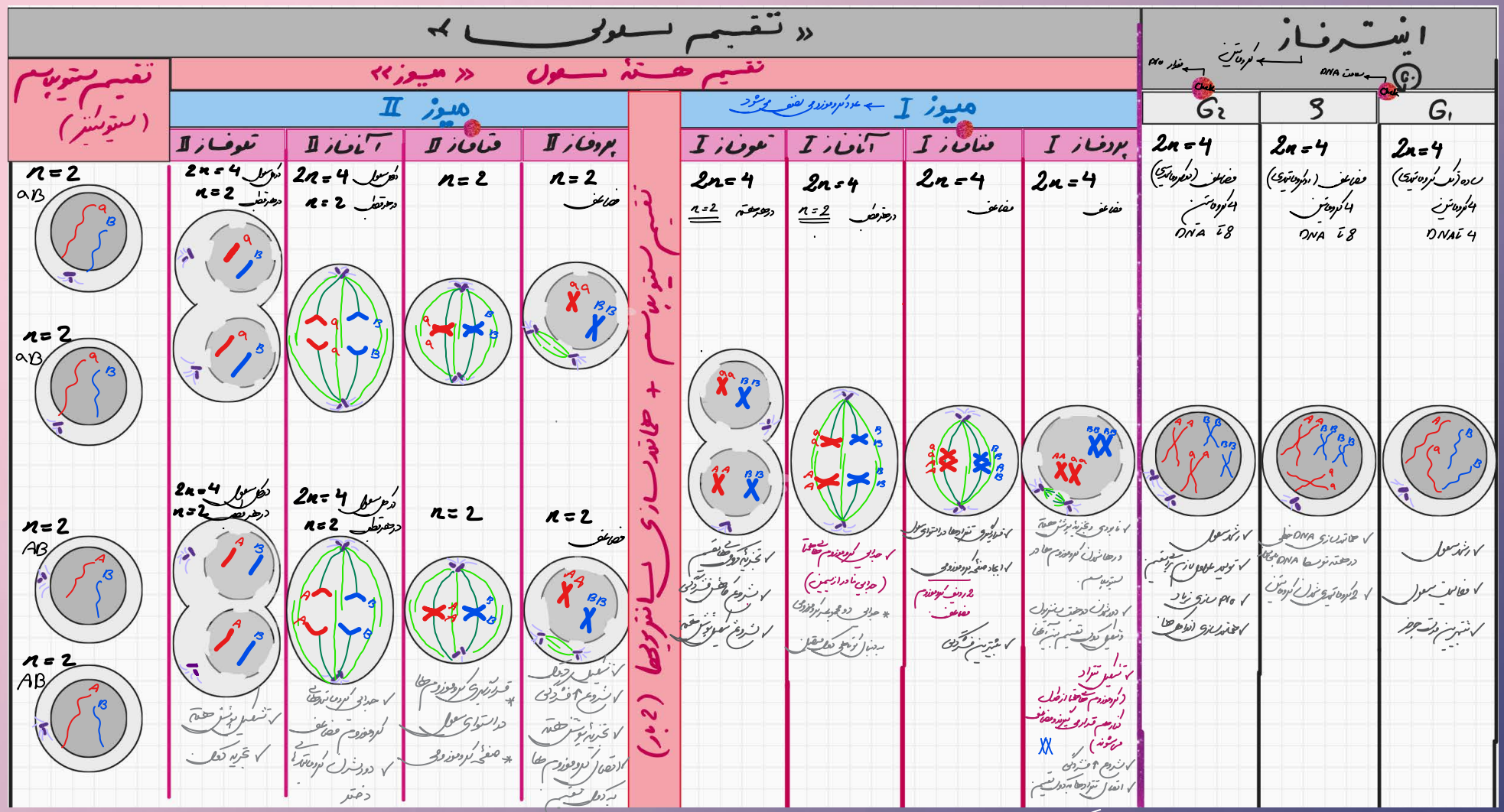




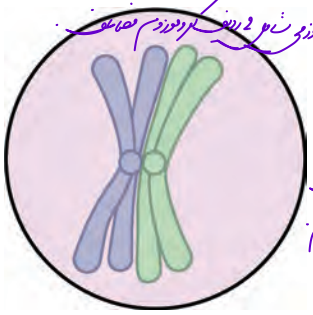
رخداد	میتوز	میوز
کاهش تعداد کروموزوم‌ها در یاخته‌های حاصل	خیر	بله
جداشدن کروماتیدهای خواهری از هم	بله	بله (آنافاز ۲)
مؤثر در روند گامت‌زایی	بله (تقسیم اووگونی و اسپرماتوگونی)	بله
تشکیل تتراد	خیر	بله
اتصال یک رشتهٔ دوک به هر سانترومر	خیر	بله (پروفاز ۱)



* کراسینگ اور ← جابه‌جایی دوطرفه بین دوکروماتید غیرخواهری در دوکروموزوم همتا که در هردوفاز میوز I رخ می‌دهد و باعث تنوع در وراثت صفات پیوسته می‌شود.



« تقسیم سلولی »
اینترفاز
کروماتین
مقدار pro
سرعت DNA
G0
G1
S
G2
2n=4
ساده (تک کروماتیدی) 4 کروماتین DNA تا 4
مضاعف (دو کروماتیدی) 4 کروماتین DNA تا 8
مضاعف (دو کروماتیدی) 4 کروماتین DNA تا 8
✓ رشد سلول
✓ همانندسازی DNA خطی در هسته توسط DNA پلیمراز
✓ 2 کروماتیدی شدن کروماتین
✓ رشد سلول
✓ تولید مواد لازم برای تقسیم
✓ pro سازی زیاد
✓ همانندسازی اندامک ها
تقسیم هسته سلول « میوز »
میوز I ← عدد کروموزومی نصف می‌شود
پروفاز I
2n=4
مضاعف
✓ نابودی و تجزیه پوشش هسته و رها شدن کروموزوم ها در سیتوپلاسم
✓ دور شدن دو جفت سانتریول و تشکیل دوک تقسیم بین آنها
✓ تشکیل تتراد (کروموزوم های همتا از طول کنار هم قرار می‌گیرند و مضاعف می‌شوند)
✓ شروع فشردگی
✓ اتصال تتراد ها به دوک تقسیم
متافاز I
2n=4
مضاعف
✓ قرارگیری تتراد ها در استوای سلول
✓ ایجاد صفحه کروموزومی
2 ردیف کروموزوم مضاعف
✓ بیشترین فشردگی
آنافاز I
2n=4
n=2 در هر قطب
✓ جدایی کروموزوم های همتا (جدایی نادر از یکدیگر)
* جدایی دو مجموعه کروموزومی به دنبال کوتاهی دوک متصل
تلوفاز I
2n=4
n=2 در هر هسته
✓ تجزیه دوک های تقسیم
✓ شروع کاهش فشردگی
✓ شروع تشکیل پوشش هسته
تقسیم سیتوپلاسم + همانندسازی پانتروسومها (2 بار)
میوز II
پروفاز II
n=2
مضاعف
n=2
مضاعف
✓ تشکیل دوک
✓ شروع فشردگی
✓ تجزیه پوشش هسته
✓ اتصال کروموزوم ها به دوک تقسیم
متافاز II
n=2
n=2
✓ قرارگیری کروموزوم ها در استوای سلول
* صفحه کروموزومی
آنافاز II
2n=4 دوک سلول
n=2 در هر قطب
2n=4 دوک سلول
n=2 در هر قطب
✓ جدایی کروماتیدهای کروموزوم مضاعف
✓ دور شدن کروماتیدهای دختر
تلوفاز II
2n=4 دوک سلول
n=2 در هر قطب
2n=4 دوک سلول
n=2 در هر قطب
✓ تشکیل پوشش هسته
✓ تجزیه دوک
تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز)
n=2
aB
n=2
aB
n=2
AB
n=2
AB
✓ اتصال هر تتراد به 2 دوک
✓ اتصال هر کروموزوم مضاعف به 1 دوک.



متافاز۱: چهارتایه‌ها در استوای یاخته، روی رشته‌های دوک قرار می‌گیرند.

آنافاز۱: فام‌تن‌های همتا که مضاعف شده‌اند، از هم جدا می‌شوند و به سمت قطبین یاخته حرکت می‌کنند. نحوهٔ کوتاه‌شدن رشته‌های دوک، شبیه فرایند رشتمان است.

تلوفاز۱: با رسیدن فام‌تن‌ها به دو سوی یاخته، پوشش هسته دوباره تشکیل می‌شود.

معمولاً در پایان کاستمان ۱ تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود. نتیجهٔ کاستمان ۱ ایجاد دو یاخته است (شکل ۱۶).

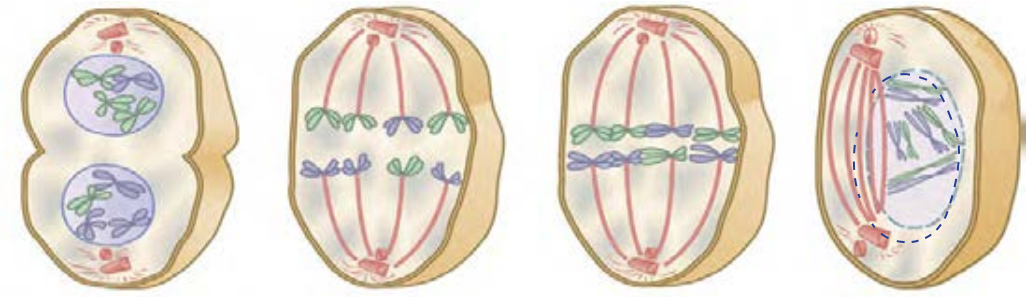
با توجه به شکل ۱۶ می‌توانید بگویید عدد فام‌تنی یاخته‌های حاصل، چه تفاوتی با یاختهٔ مادری دارد؟

کاستمان ۲

شکل ۱۵ـ طرح ساده‌ای از یک چهارتایه

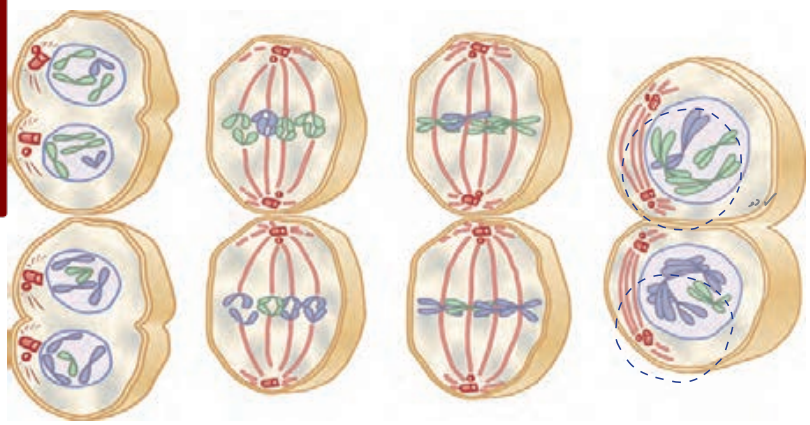
در این مرحله یاخته‌های حاصل از کاستمان ۱، مراحل پروفاز۲، متافاز۲، آنافاز۲ و تلوفاز۲ را می‌گذرانند.

وقایع کاستمان۲ بسیار شبیه رشتمان است و در پایان آن، از هر یاخته دو یاخته شبیه هم ایجاد می‌شود که نصف فام‌تن‌های یاخته‌های مادر را دارند. این فام‌تن‌ها مضاعف نیستند. در پایان کاستمان۲، تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود. در مجموع و با پایان تقسیم کاستمان از یک یاخته 2n، چهار یاخته n فام‌تنی حاصل می‌شود.



پروفاز۱ — متافاز۱ — آنافاز۱ — تلوفاز۱

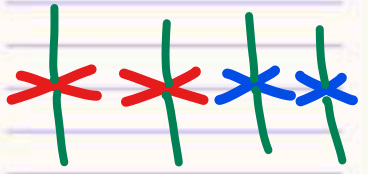
بررسی مراحل تقسیم میوز		
تقسیم میوز	میوز ۱	پروفاز ۱	ناپدیدشدن پوشش هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی و تشکیل تتراد و رشته‌های دوک تقسیم و اتصال آن‌ها به سانترومرها
		متافاز ۱	ردیف‌شدن تتراد‌ها در استوای یاخته
		آنافاز ۱	جداشدن کروموزوم‌های همتا از یکدیگر
		تلوفاز ۱	تشکیل مجدد پوشش هسته در اطراف کروموزوم‌ها
	بین میوز ۱ و ۲ اینترفاز کوتاهی وجود دارد اما کروموزوم‌ها همانندسازی نمی‌کنند.		
	میوز ۲	پروفاز ۲	ناپدیدشدن پوشش هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی و تشکیل تتراد و رشته‌های دوک تقسیم و اتصال آن‌ها به سانترومرها
		متافاز ۲	ردیف‌شدن کروموزوم‌ها در استوای یاخته
		آنافاز ۲	جداشدن کروماتیدهای خواهری هر کروموزوم از یکدیگر
		تلوفاز ۲	تشکیل پوشش هسته در اطراف کروموزوم‌ها



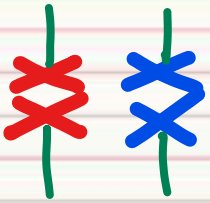
پروفاز۲ — متافاز۲ — آنافاز۲ — تلوفاز۲

شکل ۱۶ـ طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم کاستمان

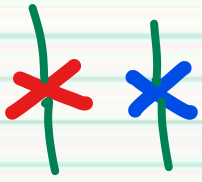
صفحهٔ کروموزومی در متافاز میتوز $2n=4$

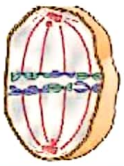
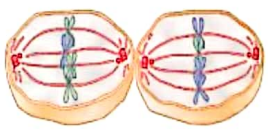
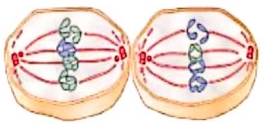


صفحهٔ کروموزومی در متافاز میتوز I $2n=4$

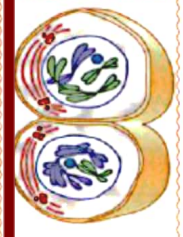
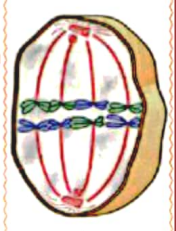
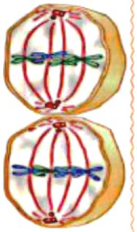
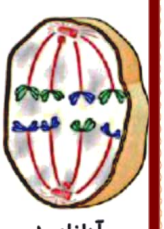
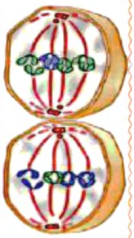
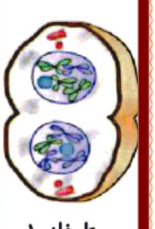


صفحهٔ کروموزومی در متافاز میتوز II $2n=4$

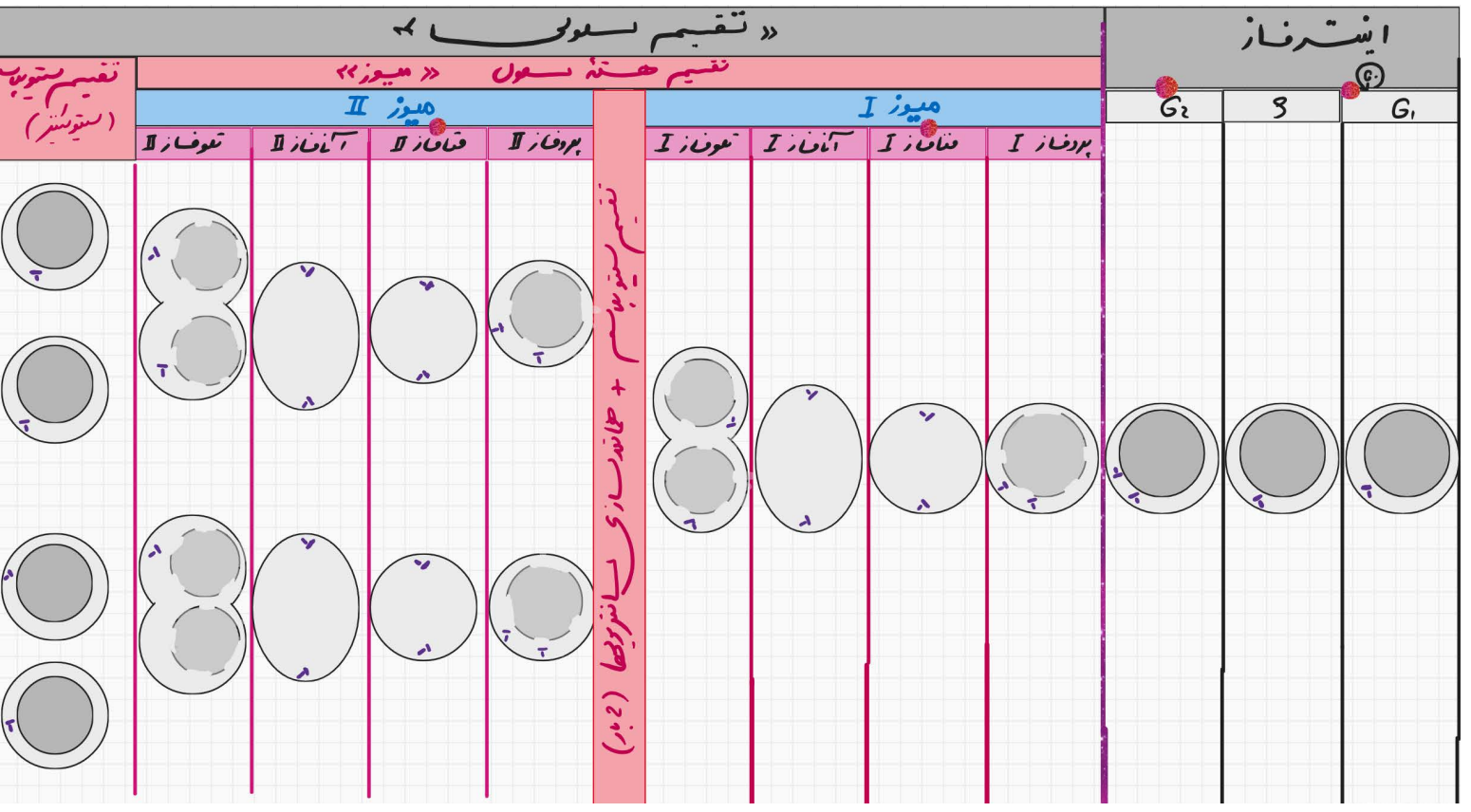


	اتفاقات	وضعیت فام‌تن	شکل
پروفاز ۱	فام‌تن‌های **همتا** از طول در کنار هم قرار می‌گیرند و فشرده می‌شوند. **تترادها** از سانترومر به (بعضی از) رشته‌های دوک متصل می‌شوند. رشته‌های فامینه به تدریج با **میکروسکوپ نوری** مشاهده می‌شوند. سانتریول‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آن‌ها دوک تقسیم تشکیل می‌شود. **پوشش هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی** تجزیه می‌شوند.	دوکروماتیدی	
متافاز ۱	تترادها در **استوای یاخته، روی رشته‌های دوک** قرار می‌گیرند.	دوکروماتیدی	
آنافاز ۱	**فام‌تن‌های همتا** از هم جدا می‌شوند و به سمت قطبین یاخته حرکت می‌کنند.	دوکروماتیدی	
تلوفاز ۱	با رسیدن فام‌تن‌ها به دو سوی یاخته، **پوشش هسته دوباره** تشکیل می‌شود.	دوکروماتیدی	
معمولن در پایان میوز ۱ تقسیم سیتوپلاسم انجام می‌شود. نتیجهٔ کاستمان ۱ ایجاد دو یاخته است که هر کدام نصف یاختهٔ اولیه، فام‌تن دارند.			
پروفاز ۲	رشته‌های فامینه **فشرده، ضخیم و کوتاه‌تر** می‌شوند. رشته‌های فامینه به تدریج با **میکروسکوپ نوری** مشاهده می‌شوند. سانتریول‌ها به دو طرف یاخته حرکت می‌کنند و بین آن‌ها دوک تقسیم تشکیل می‌شود. **پوشش هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی** تجزیه می‌شوند تا رشته‌های دوک بتوانند به فام‌تن‌ها برسند. سانترومر فام‌تن‌ها به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.	دوکروماتیدی	
متافاز ۲	فام‌تن‌ها در **وسط (سطح استوایی)** یاخته ردیف می‌شوند.	دوکروماتیدی	
آنافاز ۲	ترتیب اتفاقات: تجزیهٔ پروتئین اتصالی در ناحیهٔ سانترومر ← جداشدن فامینک‌های خواهری از هم جدا ← کوتاه‌شدن رشته‌های دوک متصل به فام‌تن ← فاصله‌گرفتن فامینک‌های جداشده از یکدیگر ← کشیده‌شدن فام‌تن‌های تک‌فامینکی به دو سوی یاخته.	تک‌کروماتیدی	
تلوفاز ۲	رشته‌های دوک **تخریب** می‌شود. فام‌تن‌ها **شروع به بازشدن** می‌کنند تا به صورت فامینه درآیند. **پوشش هسته نیز مجددن** تشکیل می‌شود. در پایان تلوفاز، یاخته، **دو هستهٔ** مشابه دارد.	تک‌کروماتیدی	

میوز

وقایع	پروفاز		متافاز		آنافاز		تلوفاز	
	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
حرکت سانتریول‌ها به قطبین یاخته	بله	بله	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر
افزایش فشردگی کروموزوم‌ها	بله	بله	بله (حداکثر)	بله (حداکثر)	خیر	خیر	خیر	خیر
متصل‌شدن رشته‌های دوک به سانترومر	بله (یکی)	بله (دو تا)	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر
متصل‌بودن رشته‌های دوک به سانترومر	بله (یکی)	بله (دو تا)	بله (یکی)	بله (دو تا)	بله (یکی)	بله (دو یا یکی)	نمیتوان دقیق اظهار نظر کرد	
تشکیل ساختارهای تترادی	بله	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر
تجزیهٔ پروتئین‌های اتصالی ناحیهٔ سانترومر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	بله	خیر	خیر
کوتاه‌شدن رشته‌های دوک	خیر	خیر	خیر	خیر	بله	بله	بله	بله
تجزیهٔ پوشش هسته	بله	بله	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر
تشکیل پوشش هسته	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	بله	بله
وضعیت کروموزوم‌ها	مضاعف (دو کروماتیدی)	تک کروماتیدی	مضاعف (دو کروماتیدی)	تک کروماتیدی	مضاعف (دو کروماتیدی)	تک کروماتیدی	مضاعف (دو کروماتیدی)	تک کروماتیدی
جداشدن کروموزوم‌های همتا	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	بله	خبر	خیر
شکل	 پروفاز ۱	 پروفاز ۲	 متافاز ۱	 متافاز ۲	 آنافاز ۱	 آنافاز ۲	 تلوفاز ۱	 تلوفاز ۲


« تقسیم سلولی »
اینترفاز
G0
G2
S
G1
تقسیم هستهٔ سلول « میوز »
میوز I
پروفاز I
متافاز I
آنافاز I
تلوفاز I
میوز II
پروفاز II
متافاز II
آنافاز II
تلوفاز II
تقسیم سیتوپلاسم + جداشدن کروماتیدها (2 بار)
تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز)


« تقسیم سلولی »
اینترفاز
G0
G2
S
G1
تقسیم هستهٔ سلول « میوز »
میوز I
پروفاز I
متافاز I
آنافاز I
تلوفاز I
میوز II
پروفاز II
متافاز II
آنافاز II
تلوفاز II
تقسیم سیتوپلاسم + جداشدن کروماتیدها (2 بار)
تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز)

مقایسهٔ وقایع مختلف در انواع تقسیم			
موارد مقایسه	میتوز	میوز ۱	میوز ۲
تشکیل دوک تقسیم	پروفاز	پروفاز	پروفاز
اتصال سانترومر فام‌تن‌ها به رشته‌های دوک	پرومتافاز	پروفاز	پروفاز
آغاز تجزیهٔ پوشش هسته	پروفاز	پروفاز	پروفاز
پایان تجزیهٔ پوشش هسته	پرومتافاز	پروفاز	پروفاز
تجزیهٔ پروتئین اتصالی موجود در ناحیهٔ سانترومر	آنافاز	رخ نمی‌دهد!	آنافاز
آغاز تجزیهٔ رشته‌های دوک	آنافاز	آنافاز	آنافاز
پایان تجزیهٔ رشته‌های دوک	تلوفاز	تلوفاز	تلوفاز
تشکیل مجدد پوشش هسته	تلوفاز	تلوفاز	تلوفاز
جدا شدن فامینک‌ها از یکدیگر	آنافاز	رخ نمی‌دهد!	آنافاز
جدا شدن فام‌تن‌های همتا از یکدیگر	رخ نمی‌دهد!	آنافاز	رخ نمی‌دهد!
دو برابر شدن تعداد فام‌تن‌ها و سانترومرها	آنافاز	رخ نمی‌دهد!	آنافاز
تشکیل چهارتایه (تتراد) یا ساختارهای چهار کروماتیدی	رخ نمی‌دهد!	پروفاز	رخ نمی‌دهد!

در هر مرحله‌ای از تقسیم میوز که .....

۱ تعداد فام‌تن‌ها دو برابر می‌شود ← آنافاز ۲

۲ عدد فام‌تنی نصف می‌شود ← پایان میوز ۱

۳ تعداد کروماتیدها دو برابر می‌شود ← این مورد در مرحلهٔ S اینترفاز رخ می‌دهد. بنابراین مربوط به تقسیم میتوز یا میوز نیست.

۴ تعداد مولکول‌های دنای هسته‌ای دو برابر می‌شوند ← این مورد در مرحلهٔ S اینترفاز رخ می‌دهد و جزو تقسیم نیست!

۵ تعداد سانترومرها دو برابر می‌شوند ← آنافاز ۲

۶ ساختار چهارتایه تشکیل می‌شود ← پروفاز ۱

۷ به هر سانترومر، یک رشتهٔ دوک متصل می‌شود ← پروفاز ۱

۸ به هر سانترومر، دو رشتهٔ دوک متصل می‌شود ← پروفاز ۲

۹ امکان وقوع پدیدهٔ چلیپایی شدن (کراسینگ‌اور) وجود دارد ← پروفاز ۱ (دوازدهم – فصل ۴)

۱۰ فام‌تن‌های همتا، از هم جدا می‌شوند ← آنافاز ۱

۱۱ کروماتیدهای خواهری از هم جدا می‌شوند ← آنافاز ۲

۱۲ پوشش هسته در اطراف فام‌تن‌های دو فامینکی تشکیل می‌شود ← تلوفاز ۱

۱۳ پوشش هسته در اطراف فام‌تن‌های تک فامینکی تشکیل می‌شود ← تلوفاز ۲

۱۴ تقسیم سیتوپلاسم مربوط به میوز ۱، آغاز می‌شود ← تلوفاز ۱

۱۵ تقسیم سیتوپلاسم مربوط به میوز ۲، آغاز می‌شود ← تلوفاز ۲

۱۶ فام‌تن‌ها در یک ردیف در استوای یاخته قرار دارند ← متافاز ۲

۱۷ فام‌تن‌ها در دو ردیف، در استوای یاخته قرار دارند ← متافاز ۱

۱۸ پروتئین اتصالی ناحیهٔ سانترومر تجزیه می‌شود ← آنافاز ۲

۱۹ پوشش هسته تجزیه می‌شود ← پروفاز ۱ و ۲

۲۰ پوشش هسته تشکیل می‌شود ← تلوفاز ۱ و ۲

۲۱ فشردگی مادهٔ وراثتی شروع به افزایش یافتن می‌کند ← پروفاز ۱ و ۲

۲۲ فشردگی مادهٔ وراثتی شروع به کاهش یافتن می‌کند ← تلوفاز ۱ و ۲

فعّالیت ۵

۱ـ تقسیم کاستمان ۱ از نظر نحوهٔ آرایش فام‌تن‌ها و جدا شدن آنها تفاوت اساسی با تقسیم رشتمان دارد. آیا می‌توانید با توجه به شکل‌های رشتمان و کاستمان، این تفاوت‌ها را بیان کنید؟

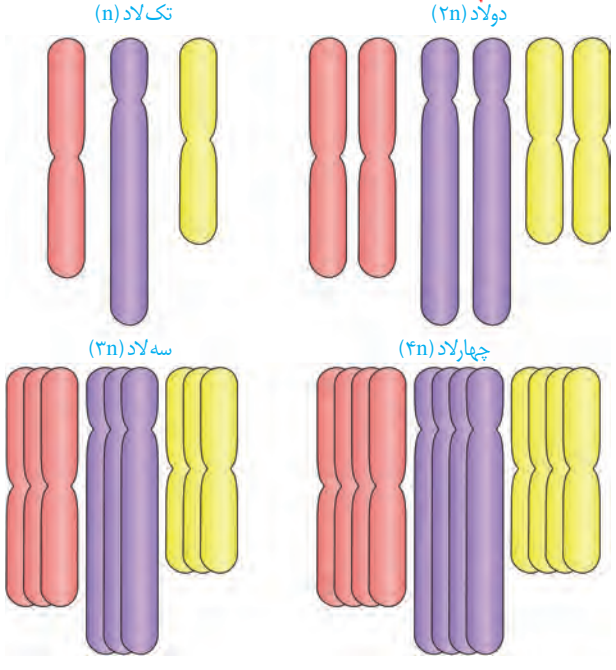
۲ـ تقسیم کاستمان ۲ را با تقسیم رشتمان مقایسه کنید. چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی بین این دو فرایند وجود دارد؟

۳ـ با استفاده از خمیر بازی و بارعایت موارد بهداشتی، طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم کاستمان را بسازید. برای این کار، عدد فام‌تنی یاختهٔ فرضی را ۴، ۶ و یا ۸ در نظر بگیرید. بهتر است که هر مجموعه از فام‌تن‌ها با یک رنگ انتخاب شوند.

تغییر در تعداد فام‌تن‌ها

گرچه تقسیم یاخته‌ای با دقت زیاد انجام می‌شود، ولی به ندرت ممکن است اشتباهاتی در روند تقسیم رخ دهد. **چندلادی (پلی‌پلوئیدی)** شدن و با هم ماندن فام‌تن‌ها، نمونه‌هایی از این خطاهای کاستمانی هستند. اشتباه در تقسیم می‌تواند، هم در تقسیم رشتمان و هم در تقسیم کاستمان رخ دهد. ولی چون یاخته‌های حاصل از کاستمان در ایجاد نسل بعد دخالت مستقیم دارند، از اهمیت بیشتری برخوردارند.

چندلادی شدن: اگر در مرحلهٔ آنافاز همهٔ فام‌تن‌ها بدون اینکه از هم جدا شوند به یک یاخته بروند، آن یاخته دو برابر فام‌تن خواهد داشت و یاختهٔ دیگر فاقد فام‌تن خواهد بود. در آزمایشگاه می‌توان با تخریب رشته‌های دوک تقسیم این وضعیت را ایجاد کرد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷ـ طرح ساده‌ای از تعداد فام‌تن‌ها

جدانشدن در آنافاز ۱	ویژگی	جدانشدن در آنافاز ۲
همهٔ گامت‌های ایجادشده	**تعداد گامت‌های ایجادشدهٔ غیرطبیعی**[1]	گروهی از گامت‌های ایجادشده
نیمی از گامت‌ها بدون فام‌تن و نیمی دیگر دارای آن هستند.	**وضعیت گامت‌ها از نظر وجود داشتن فام‌تن در آن‌ها**	بیشتر گامت‌ها دارای فام‌تن و برخی فاقد فام‌تن
نیمی از گامت‌ها، نسبت به گامت طبیعی دو برابر فام‌تن دارند.	**وضعیت گامت‌ها از نظر تعداد فام‌تن**	یکی از گامت‌ها دو برابر حالت طبیعی فام‌تن دارد. گروهی از گامت‌ها، به میزان طبیعی، فام‌تن دارند.
• همهٔ یاخته‌های تخم غیرطبیعی هستند. • نیمی از یاخته‌های تخم دارای فام‌تن بیشتر از حالت طبیعی و نیم دیگر دارای فام‌تن کم‌تر از حالت طبیعی	**وضعیت تخم‌های ایجادشده از لقاح گامت‌های ایجادشده باگامت طبیعی**	• نیمی از تخم‌ها طبیعی و نیمی دیگر غیرطبیعی • ۲۵٪ تخم‌ها دارای فام‌تن بیشتر از حالت طبیعی • ۲۵٪ تخم‌ها دارای فام‌تن کم‌تر از حالت طبیعی • ۵۰٪ تخم‌ها حالت طبیعی دارند.

خطا در تقسیم

میتوز: سلولهای حاصل از میتوز در بدن خود فرد است. فقط بدن فردی که خطا در آن رخ داده تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

میوز: در صورت لقاح سلول حاصل از خطا، تمامی سلولهای زاده دچار مشکل هستند.

* خطای میوزی

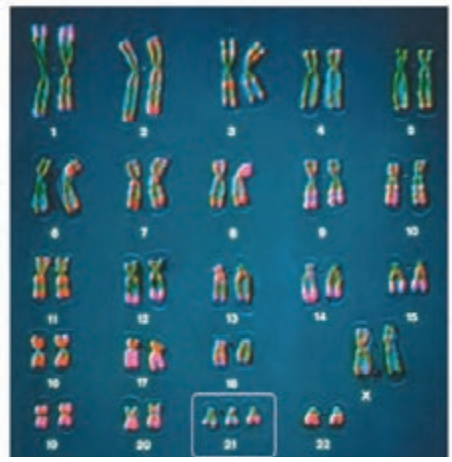
با هم ماندن کروموزوم‌ها ← ۱ یا چند کروموزوم جدا نمی‌شوند

پلی پلوئیدی شدن ← همه " "

به یاخته یا جانداری که یاخته‌های آن بیش از دو مجموعه فام‌تن داشته باشد، چندلاد گفته می‌شود؛ مثلاً گندم زراعی $6n$ و موز $3n$ است (شکل ۱۷).

با هم ماندن فام‌تن‌ها: در این حالت، یک یا چند فام‌تن در مرحلهٔ آنافاز (رشتمان و کاستمان) از هم جدا نمی‌شوند. بنابراین، در یاخته‌های حاصل، کاهش یا افزایش یک یا چند فام‌تن مشاهده می‌شود (شکل ۱۸). نمونهٔ این حالت، **نشانگان داون** است. به آمیزه‌ای از نشانه‌های یک بیماری، یا یک حالت **نشانگان** می‌گویند. افراد مبتلا به داون، در یاخته‌های پیکری خود ۴۷ فام‌تن دارند (شکل ۱۸). فام‌تن اضافی مربوط به شمارهٔ ۲۱ است؛ یعنی یاخته‌های پیکری این افراد ۳ فام‌تن شمارهٔ ۲۱ دارند. علت بروز این حالت آن است که یکی از یاخته‌های جنسی ایجادکنندهٔ فرد، به‌جای یک فام‌تن شمارهٔ ۲۱، دارای دو فام‌تن ۲۱ بوده است. بالابودن سنّ مادران در هنگام بارداری از عوامل مهم بروز این بیماری است؛ زیرا با افزایش سنّ مادر، احتمال خطای کاستمانی در تشکیل یاخته‌های جنسی وی بیشتر می‌شود. علت این موضوع را در فصل‌های آینده خواهید آموخت.

عوامل محیطی نیز می‌توانند موجب اختلال در تقسیم کاستمان شوند. دخانیات، الکل، مجاورت با پرتوهای مضر و آلودگی‌ها نیز می‌توانند در روند جدا شدن فام‌تن‌ها در هر دو جنس، اختلال ایجاد کنند.

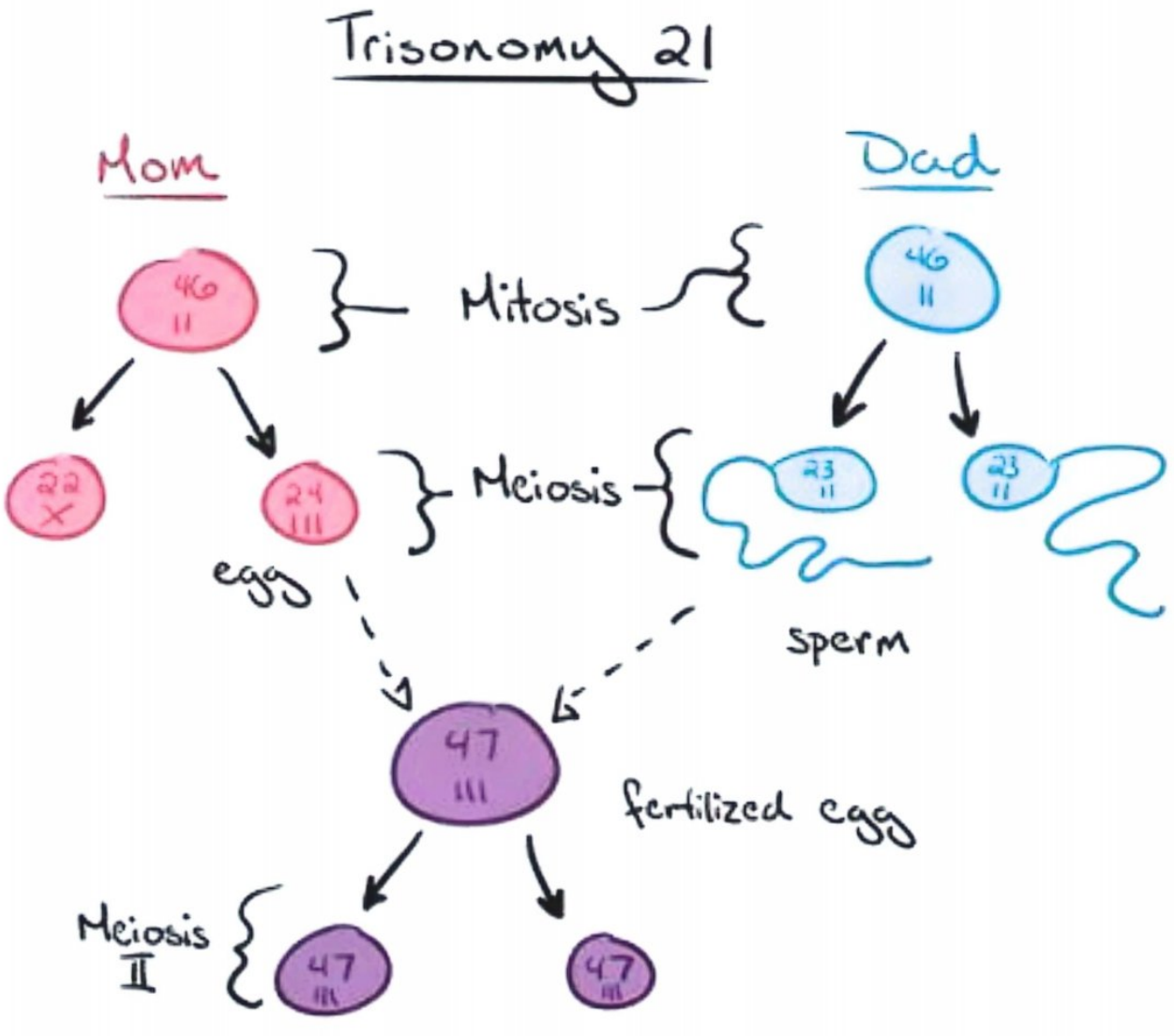




شکل ۱۸ـ کاریوتیپ یک فرد مبتلا به داون. آیا می‌توانید جنسیت این فرد را تشخیص دهید؟

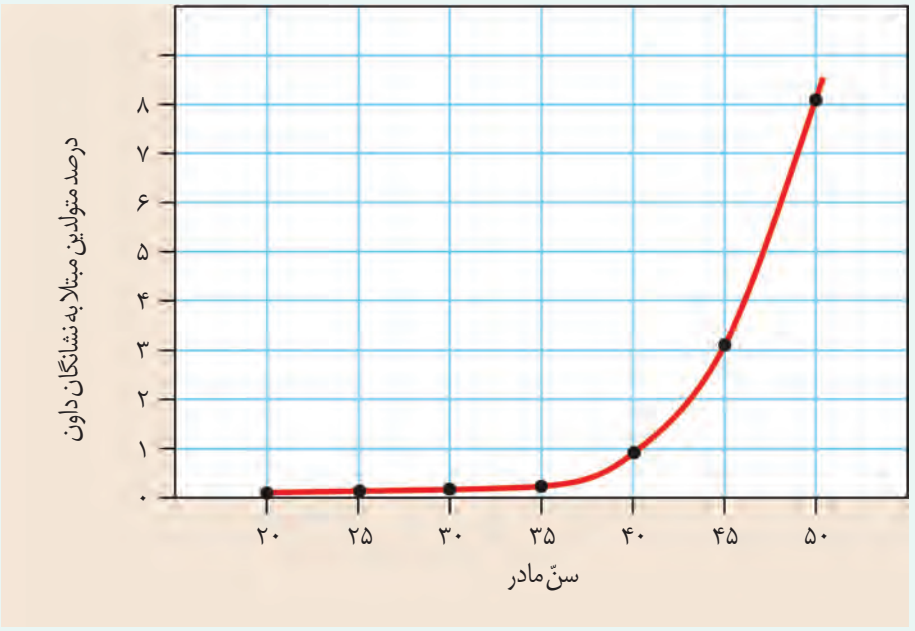
فعّالیت ۶

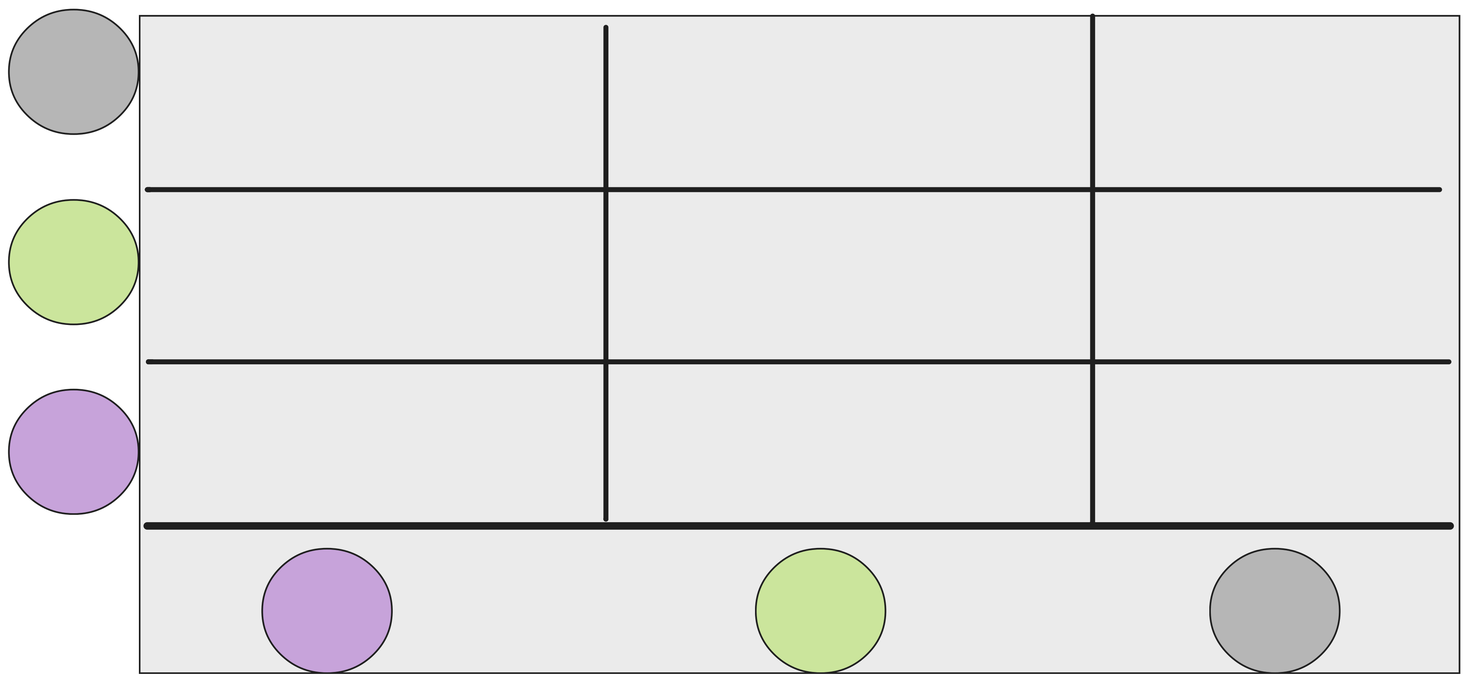
با استفاده از منابع علمی، با انواع دیگری از بیماری‌های ناشی از باهم‌ماندن فام‌تن‌ها آشنا شوید و گزارش این بررسی را در کلاس ارائه کنید.

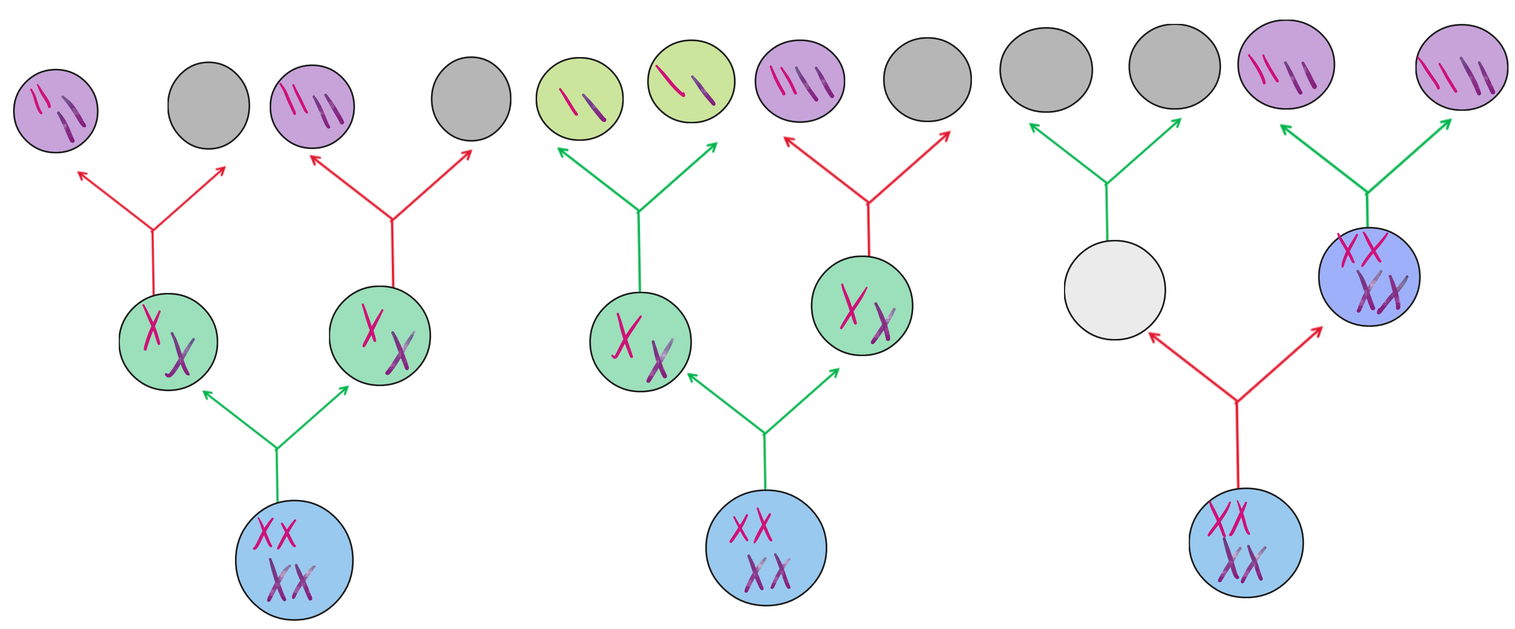

Trisonomy 21
Mom
Dad
46
II
Mitosis
46
II
22
X
24
III
Meiosis
23
II
23
II
egg
sperm
47
III
fertilized egg
Meiosis
II
47
III
47
III

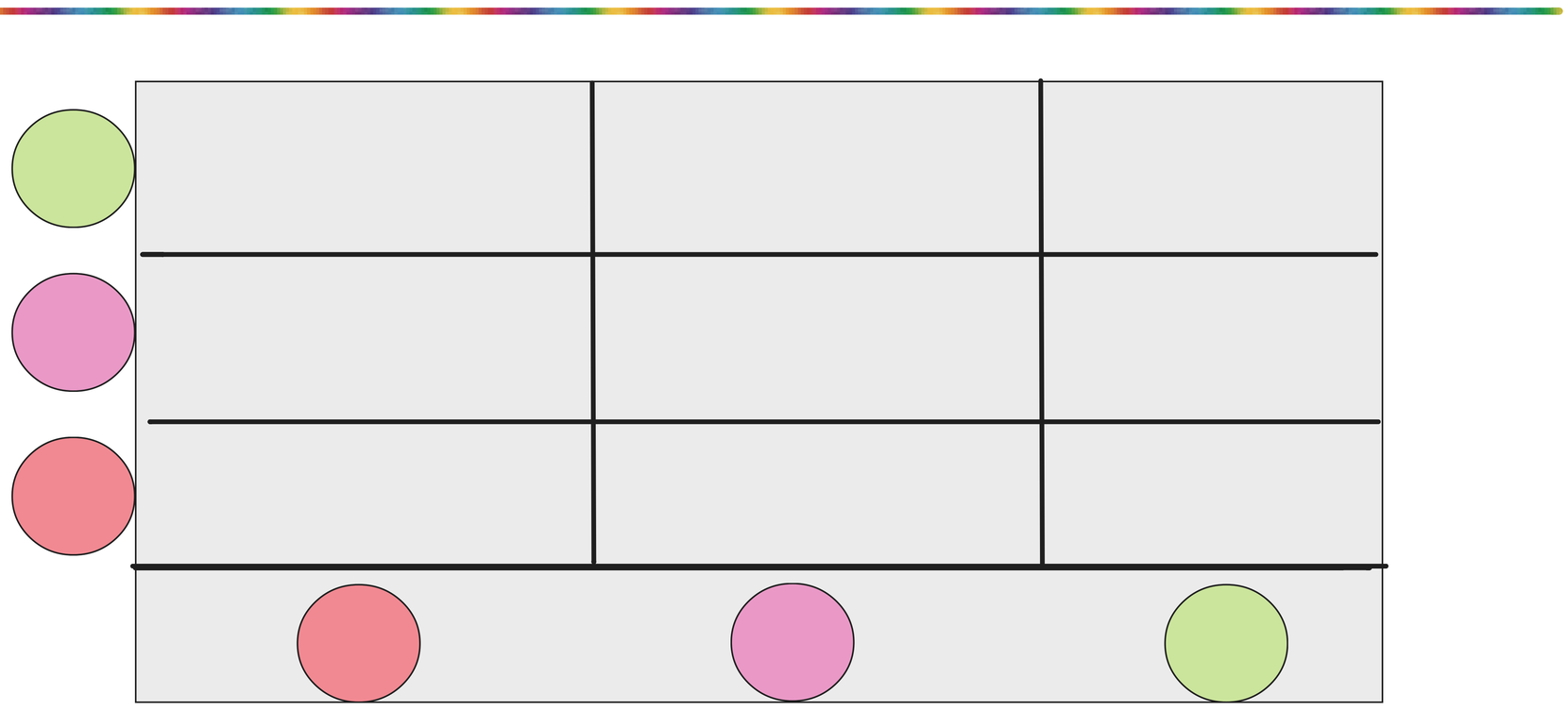
فعّالیت ۷

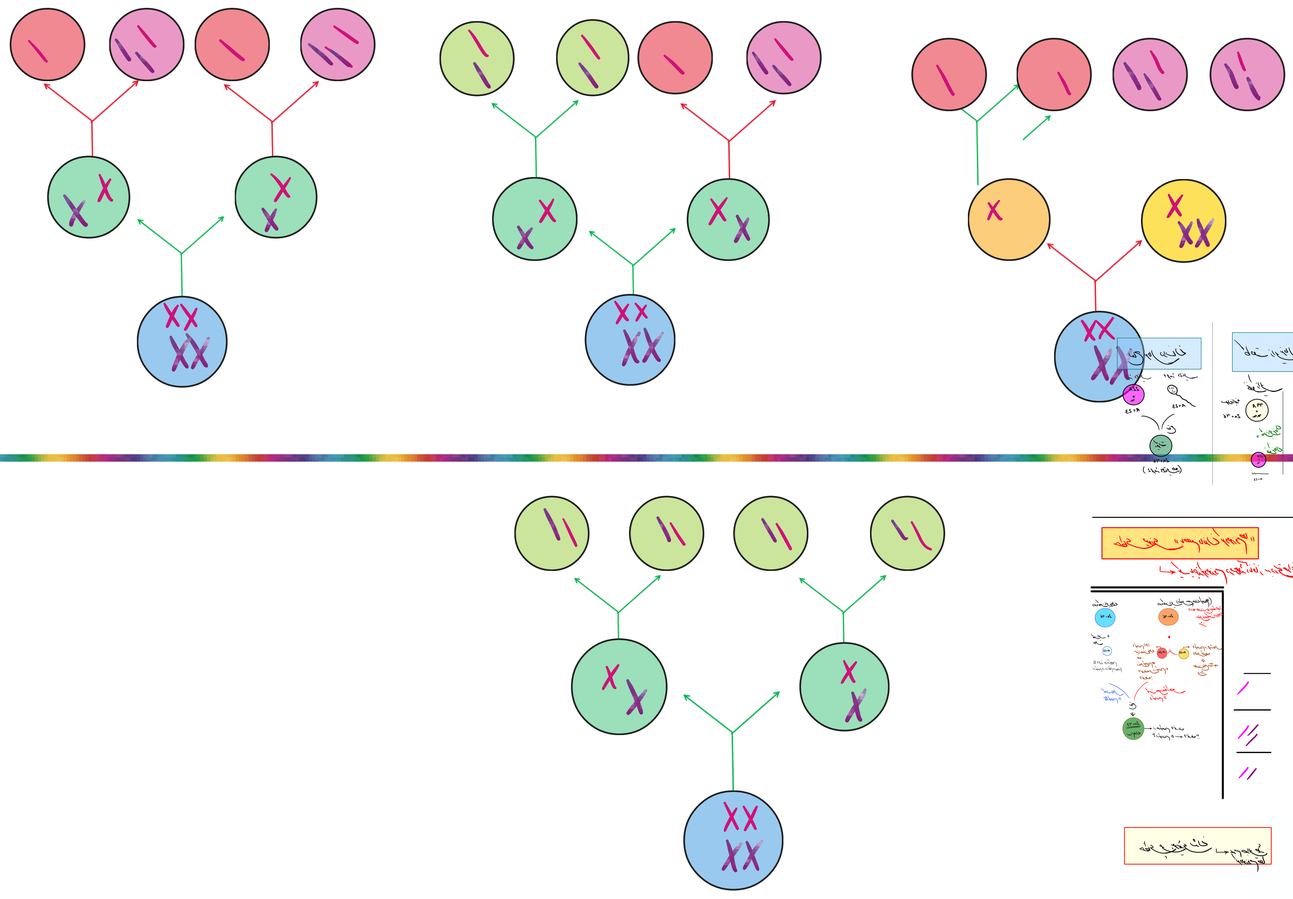
منحنی زیر، رابطهٔ بین سنّ مادر در هنگام بارداری و احتمال به دنیا آمدن فرزند مبتلا به نشانگان داون را نشان می‌دهد. منحنی را تفسیر کنید.











پیش نیاز ضروری

* مادهٔ ژنتیک ← کروماتین (انتبرفاز)
  ← کروموزوم (تقسیم سلولی)

کروموزوم ← تک کروماتیدی (1DNA)
  ← دو کروماتیدی (2DNA)

همانندسازی



* عدد کروموزومی 8

$\square n = \square$

تعداد کروموزوم غیرهمتا هر مجموعه

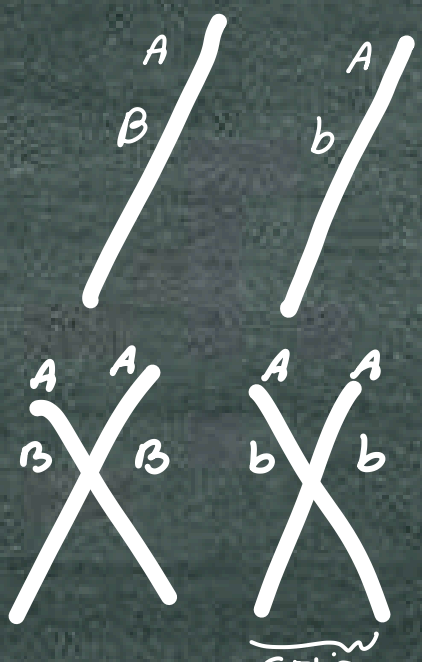
تعداد مجموعه (چند به چند؟)

تعداد کل کروموزوم ها

* عدد کروموزومی انسان ← $2n=46$ (2 مجموعهٔ 23 تایی که هر مجموعه از یک والد به ارث رسیده)

انسان:
- سلول های غیرجنسی = اتوزوم = پیکری $2n=46$ ← 44 کروموزوم غیرجنسی
  ← 2 " جنسی
- سلول های جنسی = گامت $n=23$ ← 22 کروموزوم غیرجنسی
  ← 1 " جنسی

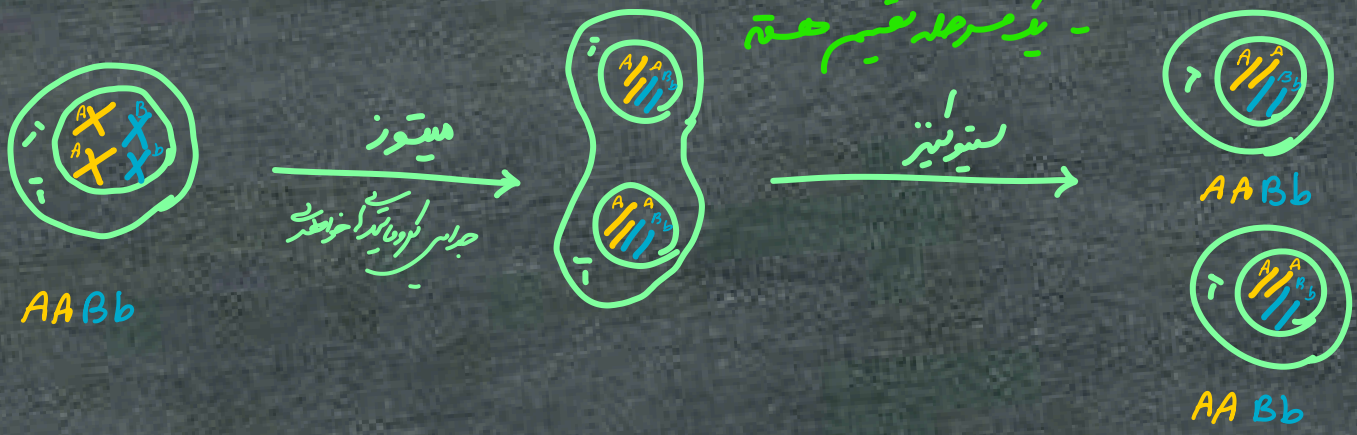
* کروموزوم های همتا



* در صفت A خالص هستند
* در صفت B ناخالصند.

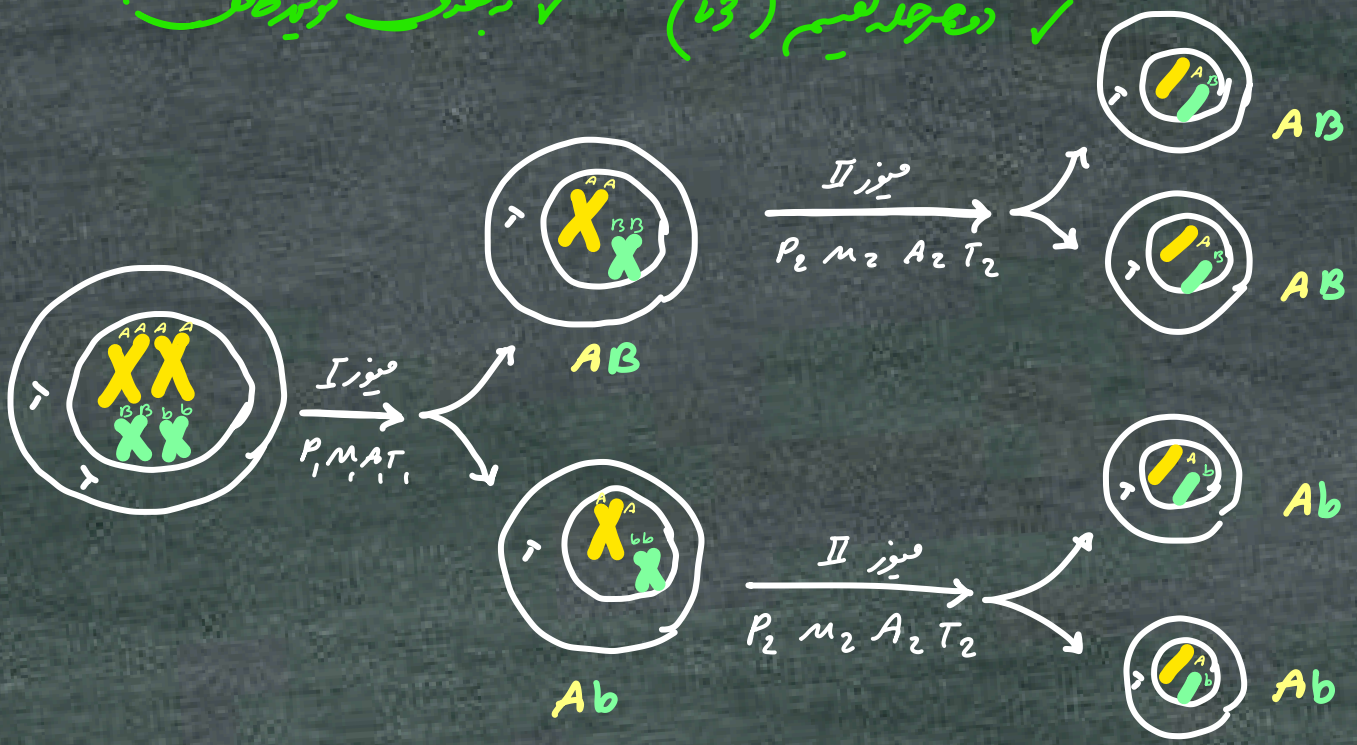
✓ میتوز ← از یک سلول با کروموزوم های مضاعف ، دو هسته با کروموزوم های یکسان ایجاد می کند.

- به منظور رشد و ترمیم
- یک مرحله تقسیم هسته



✓ میوز ← از یک هسته زوج به مضاعف چهار هسته با عدد کروموزومی نصف سلول اولیه ایجاد می شود.

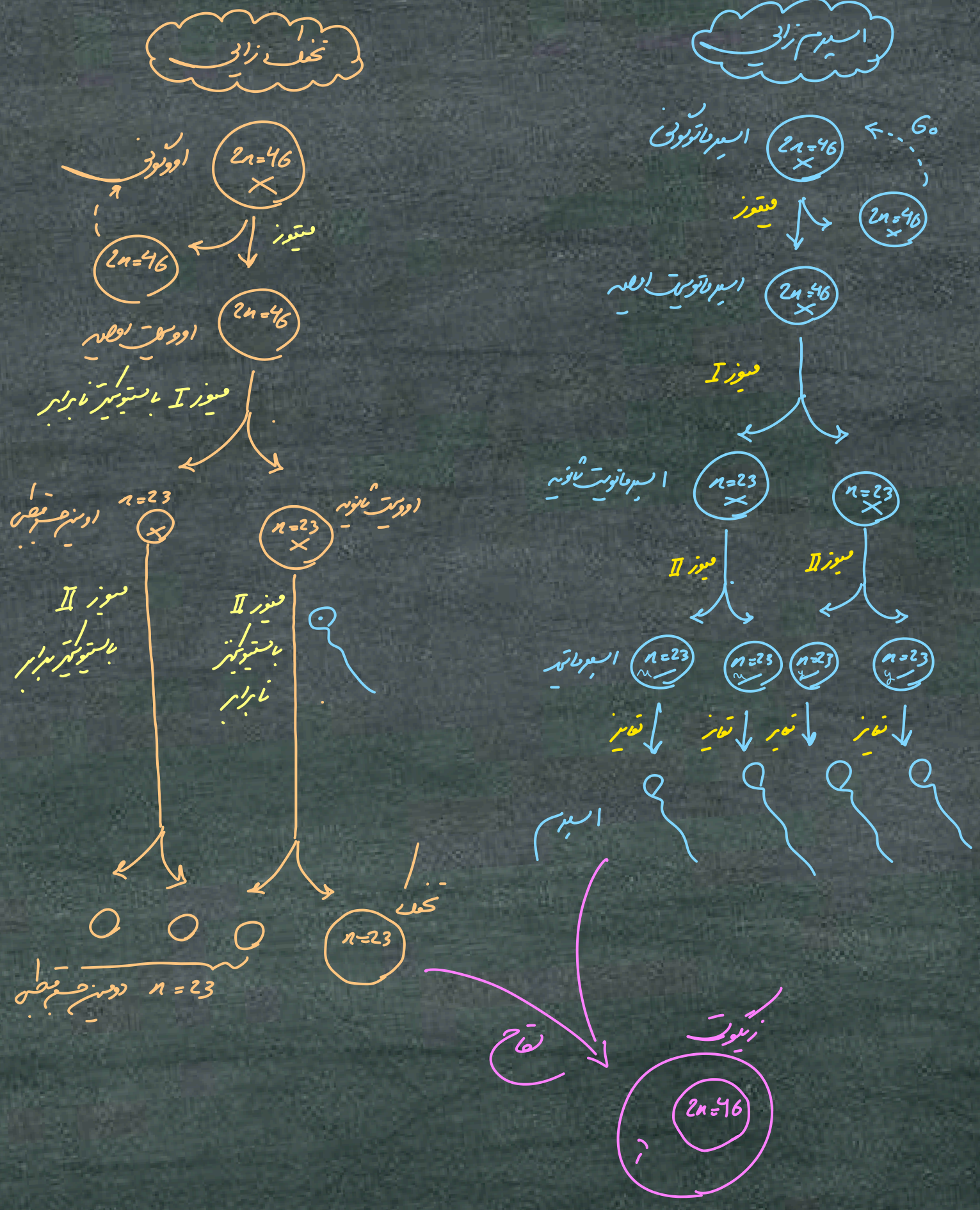
✓ دو مرحله تقسیم (2تا) ✓ به هدف تولید گامت.



* گامت زایی ← اسپرم زایی ← از بلوغ تا گور - در دیواره لوله اسپرم ساز

تخمک زایی ← شروع در دوران جنینی و تکمیل بعد از سن بلوغ هر ماه یکی میوز I تا کامل کرده و میوز II در صورت وجود اسپرم - در تخمدان و لوله رحمی

* 1 مرحله میتوز
* 1 مرحله میوز



«تعاریف»

✓ کروماتین ← مادهٔ ژنتیک در مرحله اتمبرفساز که فشردگی اندکی دارد.

✓ کروموزوم ← " در تقسیم سلولی که فشردگی بیشتری دارد.

✓ نوکلئوزوم ← 8 مولکول هیستون که حدود 2 دور DNA دور آن پیچیده.

✓ کروماتید ← هر کروماتید از 1 DNA ساخته شده که کروموزوم یا از 1 کروماتید یا از 2 کروماتید ساخته شده است.

✓ هیستون ← Pro ساختاری فیلهٔ فشردگی DNA خطی در هستهٔ سلول یوکاریوت.

✓ کاریوتیپ ← تصویری از مادهٔ ژنتیک در بیشترین فشردگی

✓ مجموعه کروموزومی ← تعدادی کروموزوم که هیچکدام با هم همتا نباشند

✓ هاپلوئید (نک لاد) ← سلولی که از یک مجموعه کروموزوم ساخته شده باشد (n)

✓ دیپلوئید (دولاد) ← " " دو " " (2n)

✓ پلی پلوئید (چندلاد) ← " چند " "

✓ تریپلوئید (3n) ✓ تتراپلوئید (4n) ✓ پنتاپلوئید (5n)

✓ **تتراد** ← (چهارتایه) که دو کروموزوم همتا از طول در کنار یکدیگر قرار میگیرند

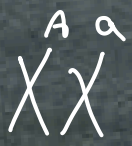


✓ **سینوکینز** ← تقسیم سیتوپلاسم

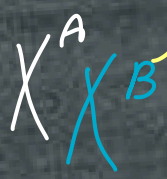
✓ **چرخهٔ سلولی** ← مراحل زندگی سلول یوکاریوت ← اینترفاز ← تقسیم سلولی

✓ **صفحهٔ سلولی** ← ساختار غشایی حاوی پکتین که پیش‌ساز تیغه میانی در سلول گیاهی است.

✓ **صفحهٔ کروموزومی** ← در مرحلهٔ متافاز کروموزوم‌ها در یک ردیف کنار هم قرار گرفتند.

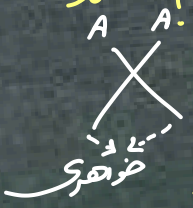


✓ **کروموزوم‌های همتا** ← کروموزوم‌هایی که در ارتباط با صفات یکسانی اطلاعات دارند.



✓ **کروموزوم‌های غیرهمتا** ← " " " متفاوتی اطلاعات دارند

✓ **کروماتیدهای خواهری** ← کروماتیدهای سازندهٔ یک کروموزوم مضاعف که از سانترومر بهم متصلند و دارای اطلاعات یکسان هستند



✓ **کروماتیدهای غیرخواهری** ← کروماتیدهای دو کروموزوم متفاوت که می‌توانند همتا یا غیرهمتا باشند.

✓ **ژن** ← بخشی از DNA که اطلاعات مربوط به RNA یا پلی‌پیتید خاصی را داشته باشد.

✓ **آلل** (دگره) ← به ژن‌هایی که شکل‌های مختلف یک صفت را ایجاد می‌کنند و در کروموزوم‌ها جایگاه یکسانی دارد، الل‌های آن صفت می‌گویند.

✓ سلولهای اتوزوم (غیرجنسی) ← بیشتر سلولهای بدن - سلولهایی که مستقیماً در تولید مثل جنسی نقش ندارند و سی حاوی کروموزوم جنسی هستند.

✓ سلولهای جنسی (گامت) ← سلولهایی که اغلب حاصل میوز بوده و مستقیماً در تولید مثل جنسی نقش دارند.

✓ کروموزومهای غیرجنسی ← کروموزومهایی مستقیماً در تعیین جنسیت نقش ندارند

✓ " جنسی ← کروموزومهایی که مستقیماً در تعیین جنسیت نقش دارند (در انسان دو نوع x و y وجود دارد.)

✓ صفت های اتوزوم ← صفاتی که اصل آنها روی کروموزومهای غیرجنسی است و نحوهٔ وراثت آنها در زن و مرد یکسان است. مثل گروه خونی

✓ " " وابسته به جنس ← صفاتی که اصل آنها روی کروموزومهای جنسی است و نحوهٔ وراثت آنها در زن و مرد متفاوت است ← وابسته به x ← وابسته به y

✓ صفت ← ویژگیهای وراثتی جاندار

✓ فنوتیپ ← (رخ نمود) : شکل ظاهری یا حالت بروز یافته

✓ ژنوتیپ ← (ژن نمود) : ترکیب دگرههای فرد

✓ ناخالص (هتروزیگوت) ← درصورتی که در بارهٔ یک صفت اصل ها متفاوت باشد فرد در آن صفت ناخالص (Aa)

✓ خالص (هموزیگوت) ← درصورتی که در یک صفت اصل ها یکسان باشد، فرد در آن صفت خالص (AA)

جمع‌بندی ماده وراثتی یعنی فام‌تن

تشکیل شده از	دنا	حامل اطلاعات وراثتی – از به‌هم پیوستن تعداد زیادی نوکلئوتید تشکیل شده است.
	پروتئین	برای فشرده‌سازی دنا – از به‌هم پیوستن آمینواسیدها تشکیل شده است.
در مراحل مختلف	زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست	فشردگی فام‌تن‌های هسته کمتر و به‌صورت توده‌ای از رشته‌های درهم است که به آن کروماتین می‌گویند. هر رشتهٔ فامینه دارای واحدهای تکراری به‌نام نوکلئوزوم می‌باشد.
	نوکلئوزوم	مولکول دنا در هر هسته‌تن، حدود ۲ دور در اطراف ۸ مولکول پروتئینی به‌نام هیستون پیچیده شده است.
	پیش از تقسیم	رشته‌های فامینه دو برابر (مضاعف) می‌شوند.
	حین تقسیم	رشته‌های فامینه فشرده می‌شوند.
	اجزای فام‌تن مضاعف شده در حداکثر فشردگی	فام‌تن از دو بخش همانند به‌نام کروماتید تشکیل شده است. به‌این فام‌تن‌ها، فام‌تن‌های مضاعف شده می‌گویند. فامینک‌های هر فام‌تن از نظر نوع ژن‌ها یکسان‌اند و به آن‌ها فامینک‌های خواهری گفته می‌شود. هر فامینک از ۲ رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی (یک مولکول دنا) تشکیل شده است.
		فامینک‌های خواهری در محلی به‌نام سانترومر به‌هم متصل‌اند. در این محل، پروتئین‌های اتصالی وجود دارند که در مواقعی ممکن است تجزیه شوند. ☑ سانترومر لزوماً در وسط کروموزوم قرار ندارد.
تعداد		هر گونه از جانداران، تعداد معینی فام‌تن در یاخته‌های پیکری (غیرجنسی) خود دارند که به آن عدد کروموزومی گفته می‌شود. ممکن است تعداد فام‌تن یاخته‌های پیکری بعضی از جانداران مانند هم باشد؛ مثل انسان و درخت‌زیتون ☑ انسان و درخت‌زیتون در یاخته‌های خود ۴۶ کروموزوم دارند اما مسلماً ژن‌های آن‌ها بسیار متفاوت است.
	در جانداران به‌جزباکتری‌ها	از دو تا بیش از ۱۰۰۰ عدد متغیر است.
	در باکتری‌ها	فام‌تن اصلی به صورت یک کروموزوم حلقوی به غشای سلول متصل است.
تصویر کروموزوم‌ها (کاریوتیپ)	ویژگی‌ها	تصویری از کروموزوم‌ها در حداکثر فشردگی که بر اساس اندازه، شکل و محل قرارگیری سانترومر مرتب و شماره‌گذاری شده‌اند. ☑ در کاریوتیپ، کروموزوم‌ها مضاعف و دوکروماتیدی هستند. ☑ در کاریوتیپ، کروموزوم‌ها صرفاً بر اساس اندازه مرتب نمی‌شوند؛ مثلاً کروموزوم X از کروموزوم شمارهٔ ۲۲ بزرگ‌تر است. ☑ کوچک‌ترین کروموزوم در مردان و زنان به‌ترتیب Y و کروموزوم شمارهٔ ۲۲ می‌باشد. ☑ بزرگ‌ترین کروموزوم در مردان و زنان، کروموزوم شمارهٔ یک می‌باشد.
	چرا تهیه می‌شود؟	برای تعیین تعداد فام‌تن‌ها و تشخیص بعضی از ناهنجاری‌های فام‌تنی ☑ از کاریوتیپ برای تشخیص برخی جهش‌های بزرگ (نه کوچک) می‌توان استفاده کرد.
	چه زمانی تهیه می‌شود؟	کاریوتیپ تصویری از کروموزوم‌ها در حداکثر فشردگی است؛ پس در متافاز تهیه می‌شود. ☑ سلولی که قرار است از آن کاریوتیپ تهیه شود باید توانایی تقسیم داشته باشد.
مجموعهٔ کروموزومی		با بررسی کاریوتیپ انسان مشخص می‌شود که هر کروموزوم دارای یک فام‌تن شبیه به خود است که به این فام‌تن‌ها، همتا گفته می‌شود. به جاندارانی که یاخته‌های پیکری آن‌ها از هر فام‌تن، دو نسخه داشته باشد، دولاد (2n) می‌گویند. در این یاخته‌ها دو مجموعه فام‌تن وجود دارد که یک مجموعه از پدر و یک مجموعه از مادر دریافت شده است. بعضی یاخته‌ها مانند یاخته‌های جنسی انسان، تک‌لاد هستند. یعنی یک مجموعه فام‌تن دارند. یاخته‌های تک‌لاد را با n نشان می‌دهند. n نشانگر تعداد فام‌تن‌های یک مجموعه است. مثلاً در انسان n= ۲۳ است. در یک مجموعه کروموزومی، هیچ‌فام‌تنی با فام‌تن دیگر همتا نیست.
فام‌تن‌های جنسی		در انسان و برخی از جانداران فام‌تن‌هایی وجود دارند که در تعیین جنسیت نقش دارند. به‌این فام‌تن‌ها، فام‌تن‌های جنسی گفته می‌شود. این فام‌تن‌ها ممکن است شبیه به‌هم نباشند. فام‌تن‌های جنسی در انسان را با نماد X و Y نشان می‌دهند. زنان دو کروموزوم X و مردان یک کروموزوم X و یک کروموزوم Y دارند.

جمع‌بندی چرخهٔ یاخته‌ای: مراحلی که یک سلولِ یوکاریوتی از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی می‌گذراند.

اینترفاز		یاخته بیشتر مدت زندگی خود را در این مرحله می‌گذراند. کارهایی مانند رشد، ساخت مواد موردنیاز و انجام کارهای معمول یاخته در این مرحله انجام می‌شود. اینترفاز شامل مراحل G_1 ، S و G_2 است.
	وقفهٔ اول یا G_1 طولانی‌ترین مرحلهٔ اینترفاز	مرحلهٔ رشد یاخته‌هاست و یاخته‌ها مدت زمان زیادی در این مرحله می‌مانند. در این مرحله یاختهٔ به اندازه عادی خود باز می‌گردد. (در تقسیم قبل نصف شده بود دیگه!) ☑ در این مرحله، پروتئین‌سازی انجام می‌گیرد و ممکن است تقسیم میتوکندری دیده شود.
		یاخته‌هایی که به‌طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند، معمولاً در این مرحله متوقف می‌شوند. این یاخته‌ها به‌طور موقت یا دائم وارد مرحله‌ای به نام G_0 می‌شوند. نورون نمونه‌ای از این یاخته‌هاست.
	نقطهٔ وارسی G_1	یاخته‌را از سلامت دنا مطمئن می‌کند. اگر دنا آسیب‌دیده باشد: ۱- می‌تواند اصلاح شود و از این نقطهٔ وارسی عبور کند. ۲- اگر اصلاح نشود، فرآیندهای مرگ یاخته‌ای به‌راه می‌افتد.
	S	دوبرابر شدن دنای هسته در این مرحله انجام می‌شود که نتیجهٔ همانندسازی است. همانندسازی دنا فرآیندی است که طی آن از یک مولکول دنا، دو مولکول یکسان ایجاد می‌شود. ☑ در این مرحله، پروتئین‌سازی (مانند ساخت هیستون‌ها) انجام می‌گیرد و ممکن است تقسیم میتوکندری دیده شود.
	وقفهٔ دوم یا G_2 کوتاه‌ترین مرحلهٔ اینترفاز	این مرحله نسبت به مراحل قبلی کوتاه‌تر است و در آن یاخته‌ها، آماده تقسیم می‌شوند. در این مرحله ساخت پروتئین‌ها و عوامل موردنیاز برای تقسیم افزایش (نه آغاز) پیدا می‌کنند و یاخته‌ها برای تقسیم آماده می‌شوند. ☑ در این مرحله، پروتئین‌سازی انجام می‌گیرد و ممکن است تقسیم میتوکندری دیده شود. ☑ ساخت پروتئین‌های دوک تقسیم و همانندسازی سانتریول‌ها در این مرحله رخ می‌دهد. ☑ بیشترین رونویسی و ترجمه در سلول، در مرحلهٔ G_2 دیده می‌شود.
	نقطهٔ وارسی G_2	اگر پروتئین‌های دوک تقسیم یا عوامل موردنیاز برای میتوز فراهم نباشد، این نقطهٔ وارسی اجازه عبور یاخته از این مرحله را نمی‌دهد.
تقسیم	تقسیم هسته — عوامل مورد نیاز	کروموزوم‌ها که در هسته پراکنده‌اند باید در وسط یاخته، به‌طور دقیق آرایش یابند. برای حرکت و جداشدن صحیح فام‌تن‌ها، ساختارهایی به‌نام دوک تقسیم ایجاد می‌شود. دوک تقسیم مجموعه‌ای از ریزلوله‌های پروتئینی است که حین تقسیم پدیدار و سانترومر فام‌تن‌ها به آن متصل می‌شود. با کوتاه‌شدن رشته‌های دوک متصل به سانترومر (نه همهٔ رشته‌های دوک) فام‌تن‌ها از هم جدا می‌شوند و به قطبین می‌روند. ☑ همهٔ رشته‌های دوک به وسط سلول نمی‌آیند و همهٔ آن‌ها به کروموزوم نیز متصل نمی‌شوند.

تقسیم	تقسیم هسته	عوامل مورد نیاز	در سلول‌های جانوری، میانک‌ها، ساخته‌شدن رشته‌های دوک را سازمان می‌دهند. میانک‌ها یک جفت استوانه‌های عمودبرهم‌اند که در اینترفاز برای تقسیم یاخته دوبرابر می‌شوند. هر یک از این استوانه‌ها از تعدادی لوله کوچکتر پروتئینی تشکیل شده است. ☑ سانتریول‌ها از ۹ دسته سه‌تایی لولهٔ کوچکتر پروتئینی تشکیل شده‌اند که این لوله‌ها در بخش مرکزی سانتریول قرار ندارند.	
			فولیک‌اسید و ویتامین B_{12}	
		مراحل	میتوز همانند رونویسی و ترجمه فرآیندی پیوسته است اما برای سادگی آن‌را طبقه بندی می‌کنند.	پروفاز ☑ حرکت میانک‌ها به دو طرف یاخته و تشکیل دوک تقسیم بین آن‌ها ☑ فشرده شدن، ضخیم‌شدن و کوتاه‌شدن رشته‌های فامینه به‌طوری که به‌تدریج با میکروسکوپ نوری می‌توان آن‌ها را مشاهده کرد. ☑ شروع تخریب پوشش هسته (افزایش فعالیت لیپاز و پروتئازهای درون سلولی)
				پرومتافاز ☑ فشرده شدن کروموزوم‌ها همچنان ادامه دارد. ☑ پوشش هسته و شبکهٔ آندوپلاسمی تجزیه می‌شود. ☑ اتصال رشته‌های دوک به سانترومر کروموزوم‌ها (به هر سانترومر دو رشته متصل می‌شود)
				متافاز ☑ فام‌تن‌ها بیشترین فشردگی را پیدا می‌کنند و در سطح استوایی سلول ردیف می‌شوند.
				نقطه وارسی متافازی اطمینان از اتصال کروموزوم‌ها به رشته‌های دوک و آرایش آن‌ها در وسط یاخته
				آنافاز تغییر شکل موقت سلول ☑ تجزیهٔ پروتئین اتصالی در ناحیهٔ سانترومر و جداشدن کروماتیدها از یکدیگر که سبب دوبرابر شدن تعداد فام‌تن‌ها می‌گردد. (افزایش فعالیت پروتئازهای درون‌سلولی) ☑ دورشدن کروموزوم‌های تک کروماتیدی با کوتاه‌شدن رشته‌های دوک متصل به سانترومر ☑ افزایش طول برخی رشته‌های دوک که به وسط سلول آمده‌اند اما به سانترومر متصل نیستند.
				تلوفاز ☑ تخریب رشته‌های دوک (افزایش فعالیت پروتئازهای درون‌سلولی) ☑ کاهش فشردگی کروموزوم‌ها و تشکیل مجدد پوشش هسته
	تقسیم سیتوپلاسم	پس از رشتمان اجزای یاخته بین دو سیتوپلاسم تقسیم می‌شوند. با تقسیم سیتوپلاسم دو یاختهٔ جدید شکل می‌گیرد.		
		یاختهٔ جانوری	با ایجاد فرورفتگی در وسط آن شروع می‌شود. این فرورفتگی حاصل انقباض حلقه‌ای از جنس اکتین و میوزین است که مانند کمربندی در سیتوپلاسم قرار می‌گیرد و از داخل به غشا متصل است. با تنگ شدن این حلقهٔ انقباضی، در نهایت دو یاخته از یکدیگر جدا می‌شوند. ☑ در تقسیم نامساوی سیتوپلاسم، فرورفتگی ناشی از حلقهٔ انقباضی در وسط سلول شکل نمی‌گیرد.	
		یاختهٔ گیاهی	حین آنافاز و زمانی که رشته‌های دوک قابل مشاهده‌اند، ریزکیسه‌های جسم‌گلژی (حاوی پیش‌سازهای تیغه میانی و دیواره نخستین - مثل پکتین) در بخش میانی جمع می‌شوند. با به‌هم پیوستن این ریزکیسه‌ها و ساختن ریزکیسه‌های بزرگتر، صفحه یاخته‌ای شکل می‌گیرد با اتصال این صفحه به دیواره یاخته مادری، دو سلول از هم جدا می‌شوند. در نهایت یک ریزکیسه بزرگ شکل می‌گیرد. دیواره یاخته‌ای حاصل محتویات این ریزکیسه بوده و غشای سلول‌ها نیز حاصل غشای این ریزکیسه است. ☑ در تقسیم نامساوی سیتوپلاسم، ریزکیسه‌های جسم‌گلژی در وسط سلول تجمع نمی‌یابند.	

زیست ۲

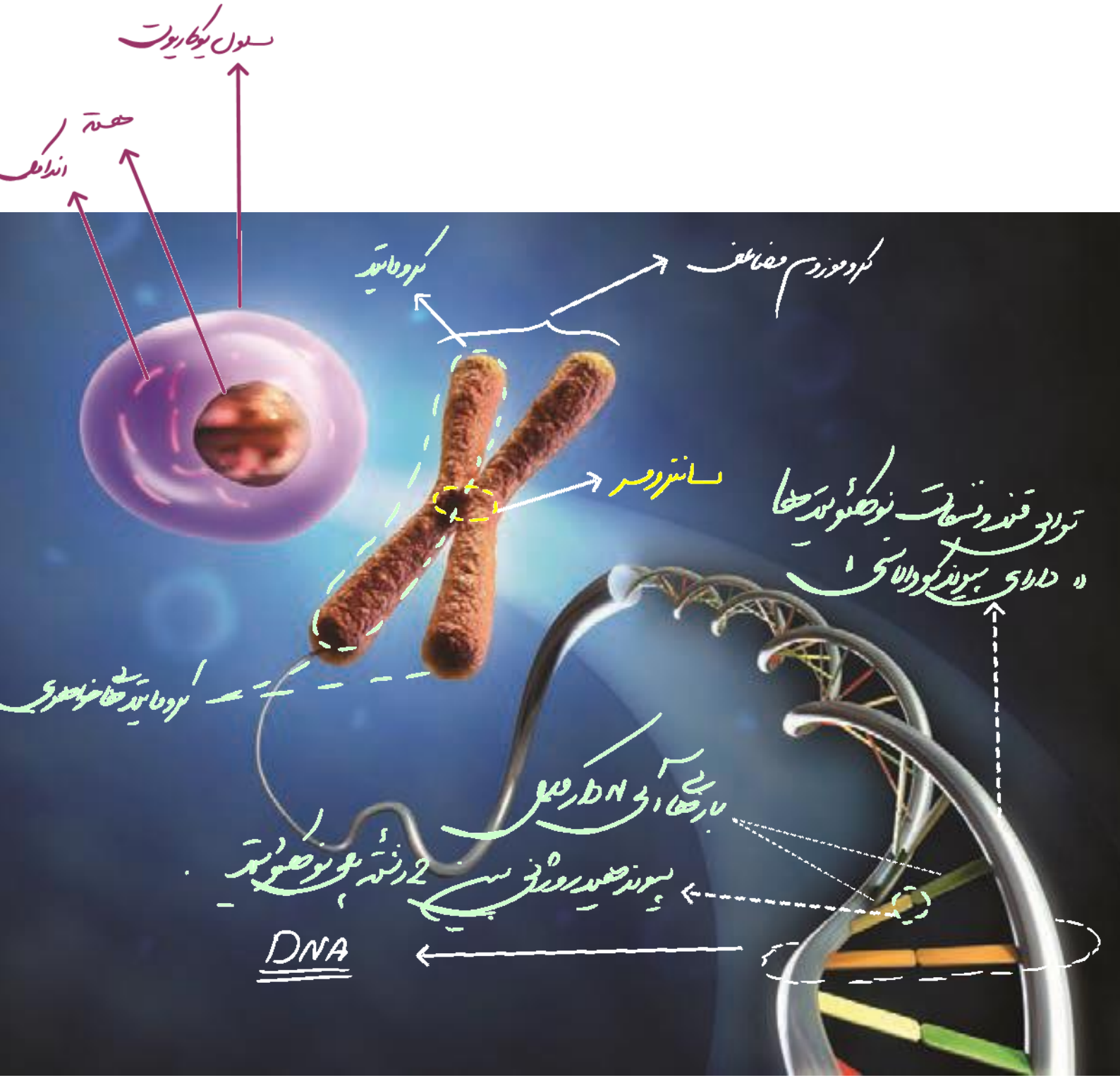
«تقسیم یاخته»



فصل ۹

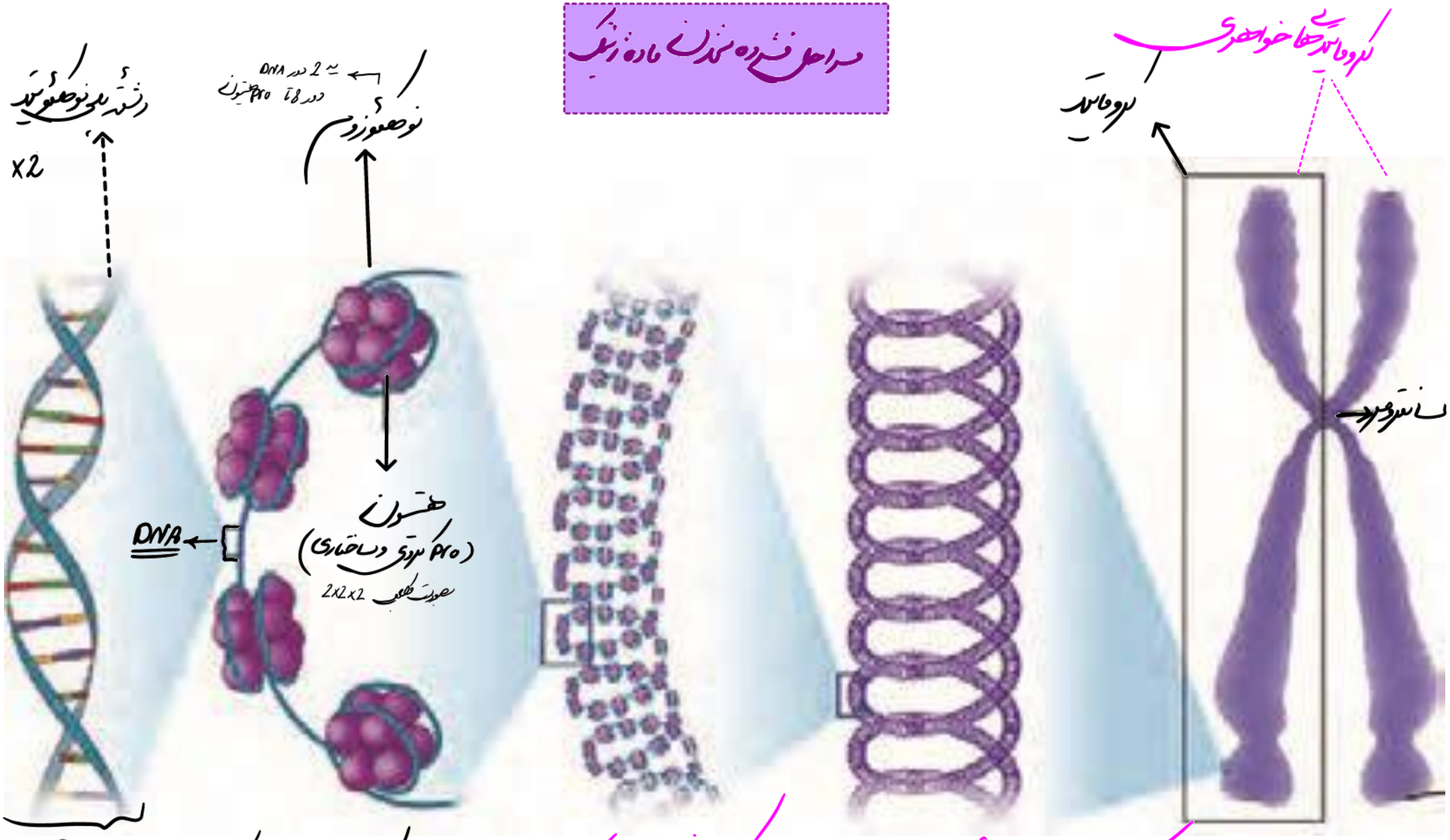
دکتر زهرا همایونی

BIO GALLERY



نوار پلی نوکلئوتیدی نوار پلی نوکلئوتیدی

مراحل فشرده شدن ماده ژنتیک

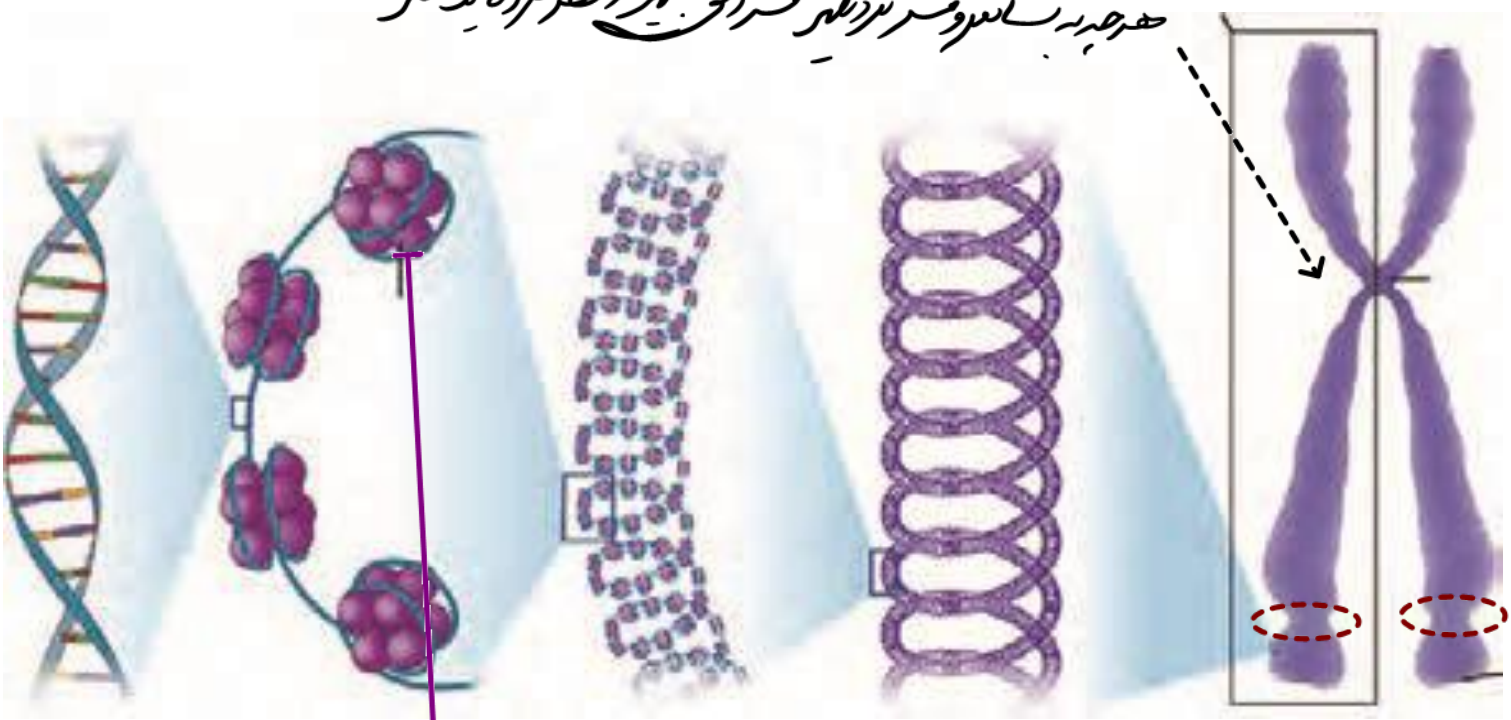


شروع افزایش فشردگی در شروع تقسیم سلولی (ماده ژنتیک فشرده‌تر)

ماده ژنتیک فشرده‌تر ← کوتاه‌تر ← قطورتر ← قابل مشاهده‌تر

* سانترومر ← وسط کروموزوم نیست ولی وسط 2 کروماتید 1 کروموزوم هست.

هرچه به سانترومر نزدیکتر فشردگی بیشتر و نظر کروماتید کمتر



گاهی بطور موقت هر دو کروماتید خواهری

در یک بخش مشخص فشردگی را تغییر می دهند.

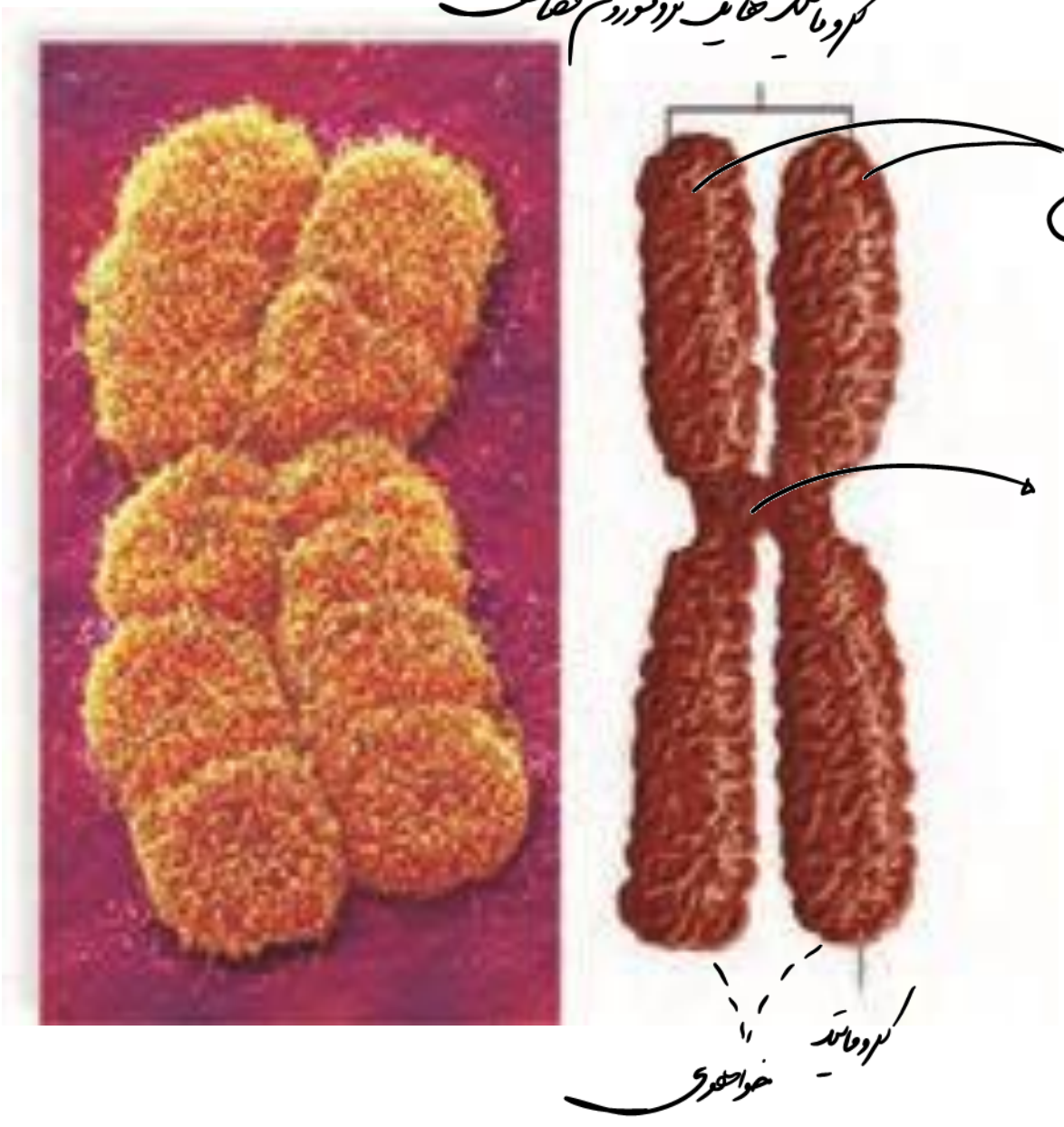
(نوعی تنظیم بیان ژن)

* ایجاد نوکلئوزوم - ایجاد ساختار کروی - ایجاد حلقه توسط DNA اطراف هیستون ها ← شروع فشردگی (اینترفاز)

* با ایجاد ساختارهای حلقه مانند - نزدیکی نوکلئوزوم ها ← شروع ↑ فشردگی (پروفاز)

" بعد نزدیکی حلقه ها به هم "

ساختار کروموزوم متافاز



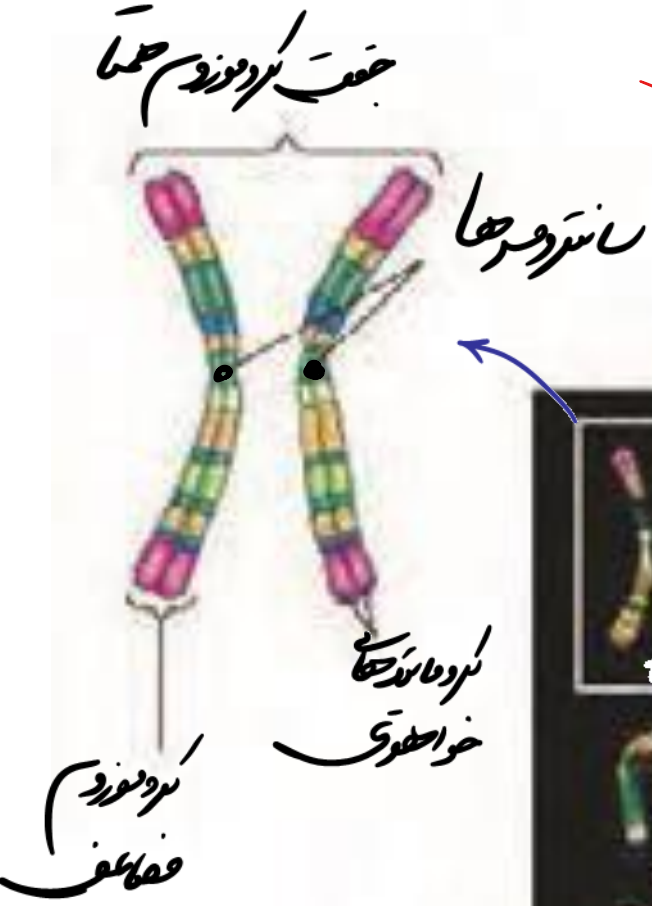
کاریوتیپ انسان

✓ جهت قرارگیری کروموزوم‌های همتا ← جهت‌های مختلف / هم جهت

✓ " " کروماتیدهای خواهری ← هم جهت

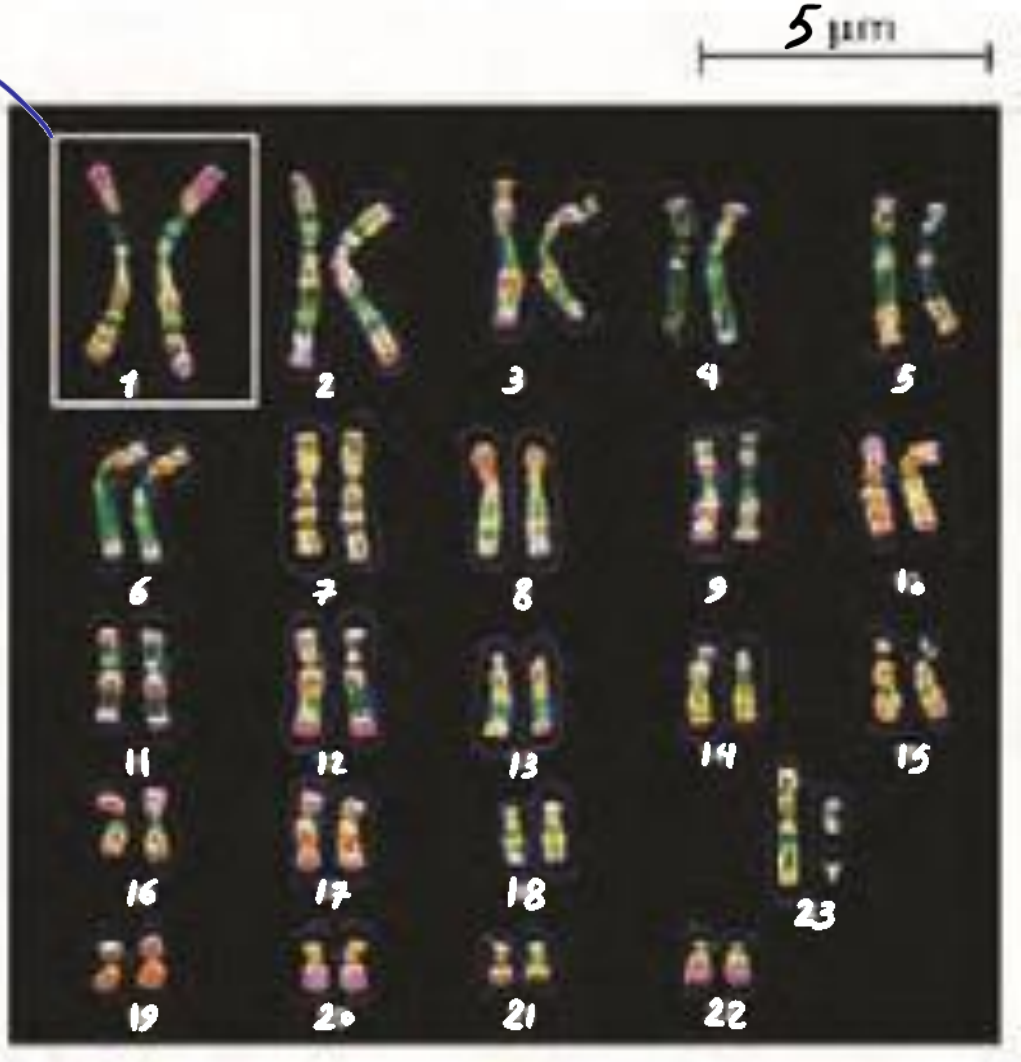
✓ کروموزوم‌ها مضاعف (خواهردار)

✓ هر کروموزوم کنار همتای خودش است.



← یکی از این ژن مربوط به صفت RH گروه خونی

* در کروموزوم 1 بالای سانترومر 6 ژن وجود داره و بالای آن ژن *

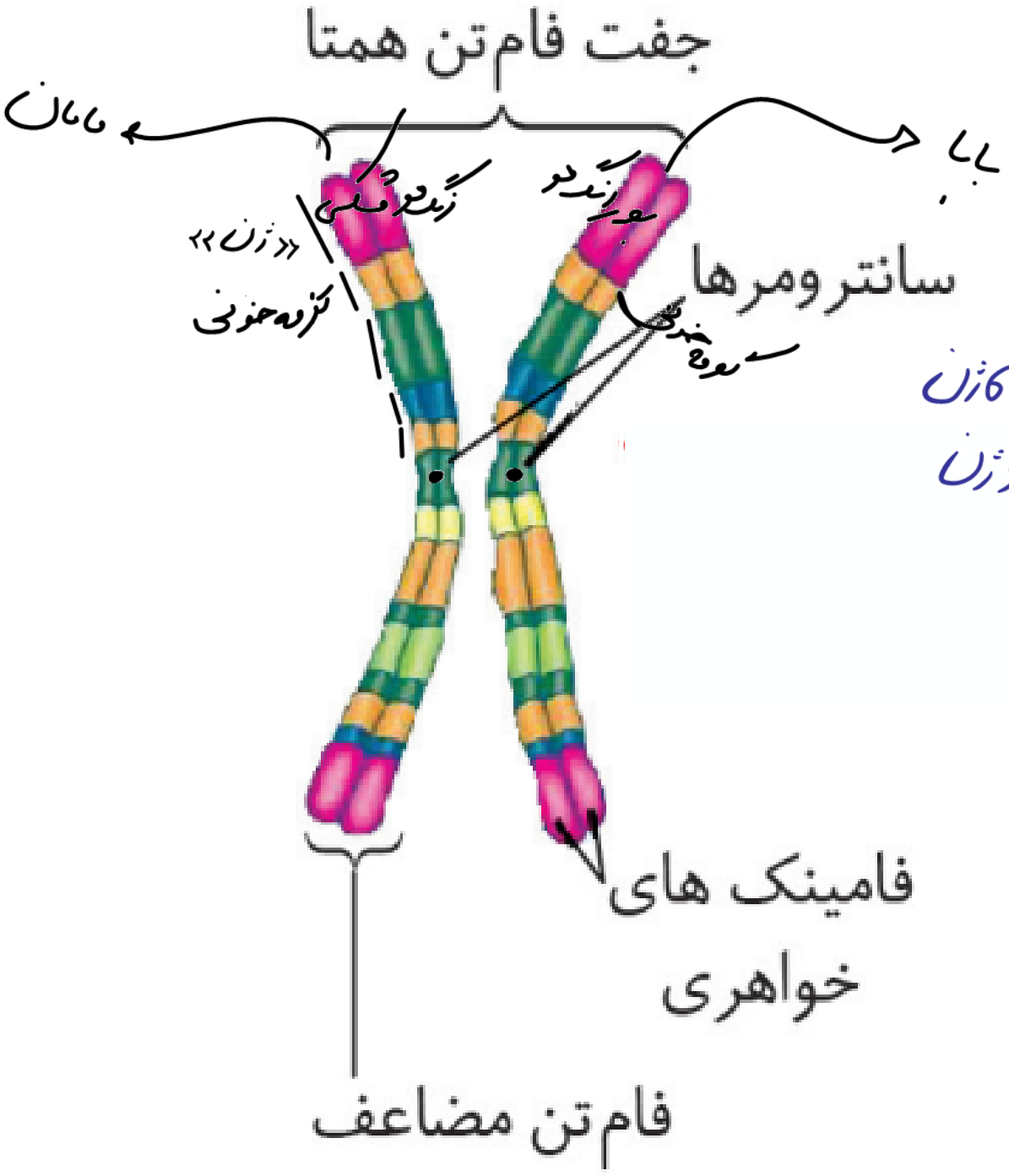


5 ستون

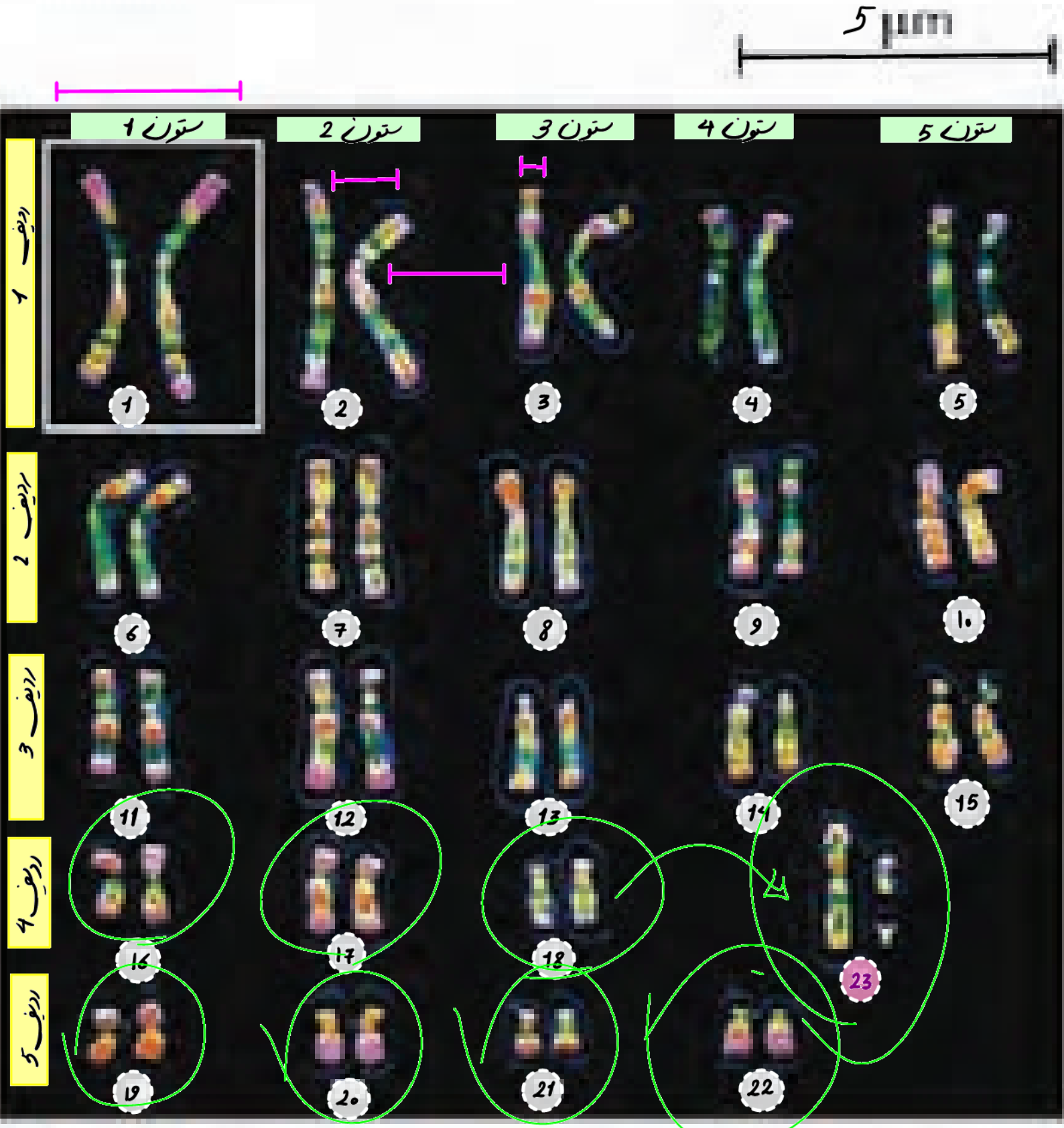
5 ردیف

* نحوه شماره‌گذاری در کاریوتیپ از بالا به پایین از چپ به راست است (اغلب)

2 کروموزوم همتا 1



کاریوتیپ 1 مرد



ردیف 1 کاریوتیپ

↓

5 جفت کروموزوم غیرجنسی (1 تا 5)

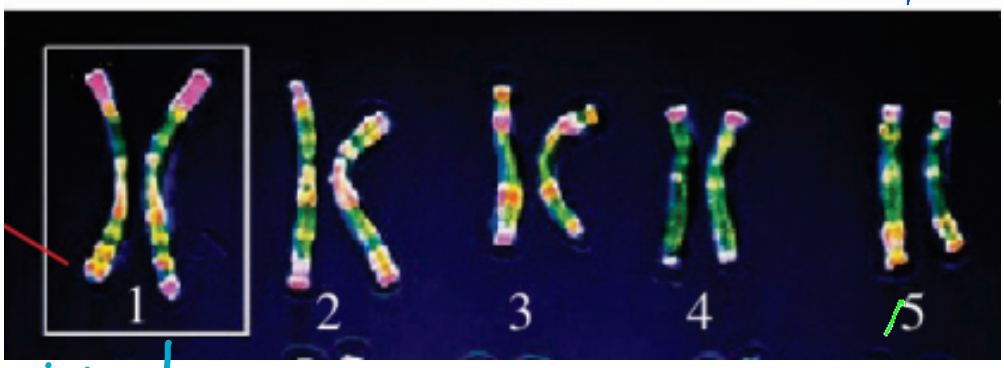
کوچک‌ترین کروموزوم ردیف 1 ←

بزرگ‌ترین ←

بزرگ‌ترین کروموزوم انسان ✓

اتوزوم انسان ✓

ردیف 1 کاریوتیپ ✓



جزء صفت گروه خونی RH ←

کوچک‌تر می‌شود ←

ردیف 2 کاریوتیپ

↓

5 جفت کروموزوم غیرجنسی

جزء صفت گروه خونی ABO (ردیف 2 ستون 9) ←



↓

بزرگ‌ترین کروموزوم ردیف 2

↓

کوچک‌ترین کروموزوم ردیف 2

کوچک‌تر می‌شود ←

ردیف 3 کاریوتیپ

5 جفت کروموزوم غیرجنسی

کاهش اندازه ناگهانی



بزرگترین

کوچکترین

کوچکتر

تنها ردیفی که شماره گذاری به ترتیب نیست 16-17-18 → 23

ردیف 4 کاریوتیپ

افزایش اندازه ناگهانی - ترتیب شماره گذاری متفاوت

4 جفت کروموزوم
3 جفت غیرجنسی همتا
1 جفت جنسی
(غیرهمتا ← مرد
همتا ← زن)



بزرگترین کروموزوم غیرجنسی ردیف 4

کوچکترین کروموزوم غیرجنسی ردیف 4
" " ردیف 4 در زنان

بزرگترین کروموزوم ردیف 4
" " جنسی

کوچکترین کروموزوم ردیف 4 مردان
کوچکترین کروموزوم در کاریوتیپ انسان

کروموزوم های غیرجنسی (همتا)

کروموزوم جنسی

ردیف 5 کاریوتیپ

4 جفت کروموزوم غیرجنسی

بزرگترین کروموزوم ردیف 5



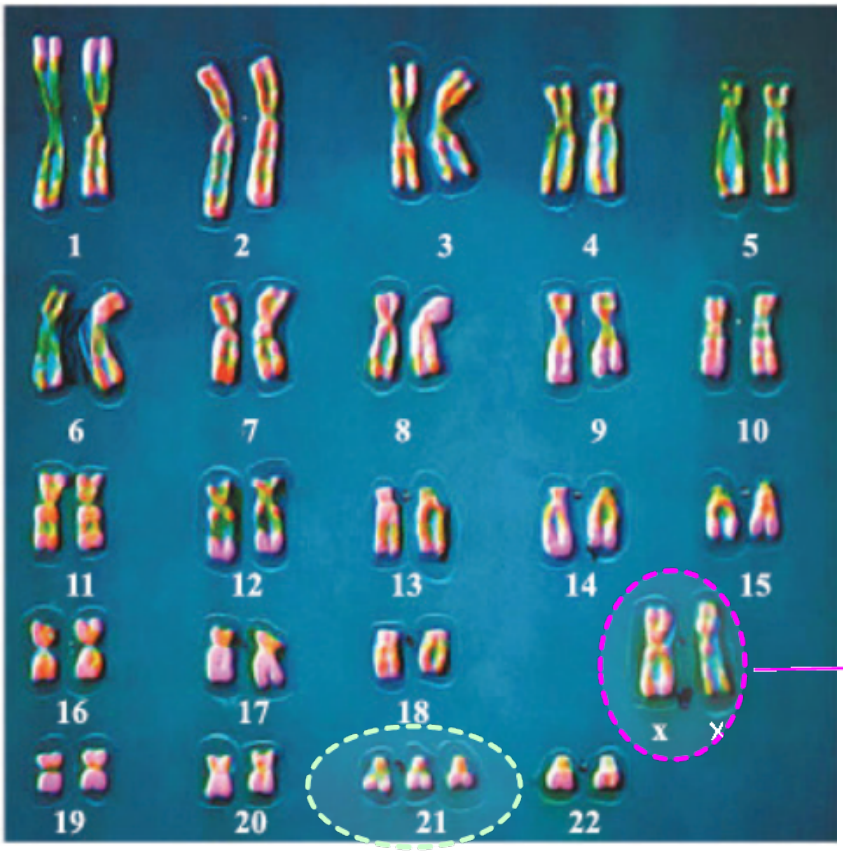
* کوچکترین کروموزوم غیرجنسی انسان *

کاریوتیپ مرد سالم



XY

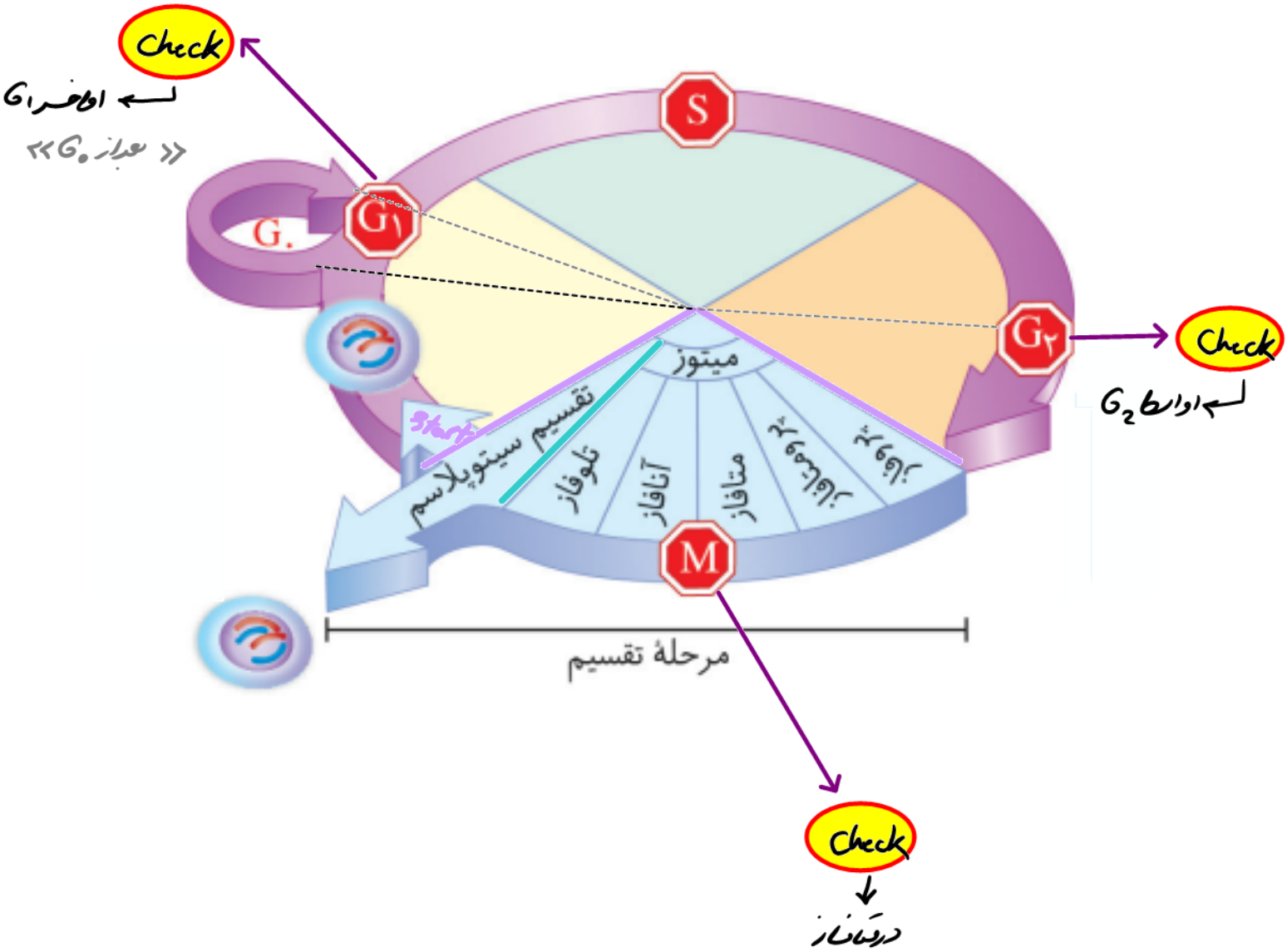
کاریوتیپ زن سندرم داون

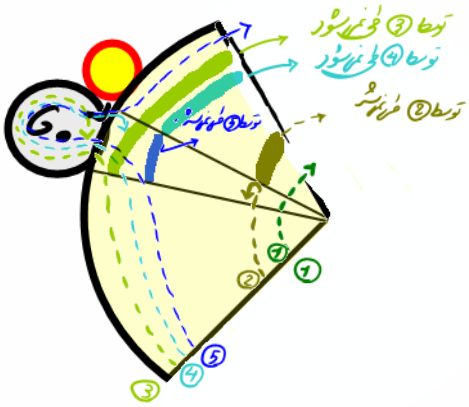


XX

3عدد کروموزوم 21 دارد.

مراحل مختلف چرخهٔ سلولی





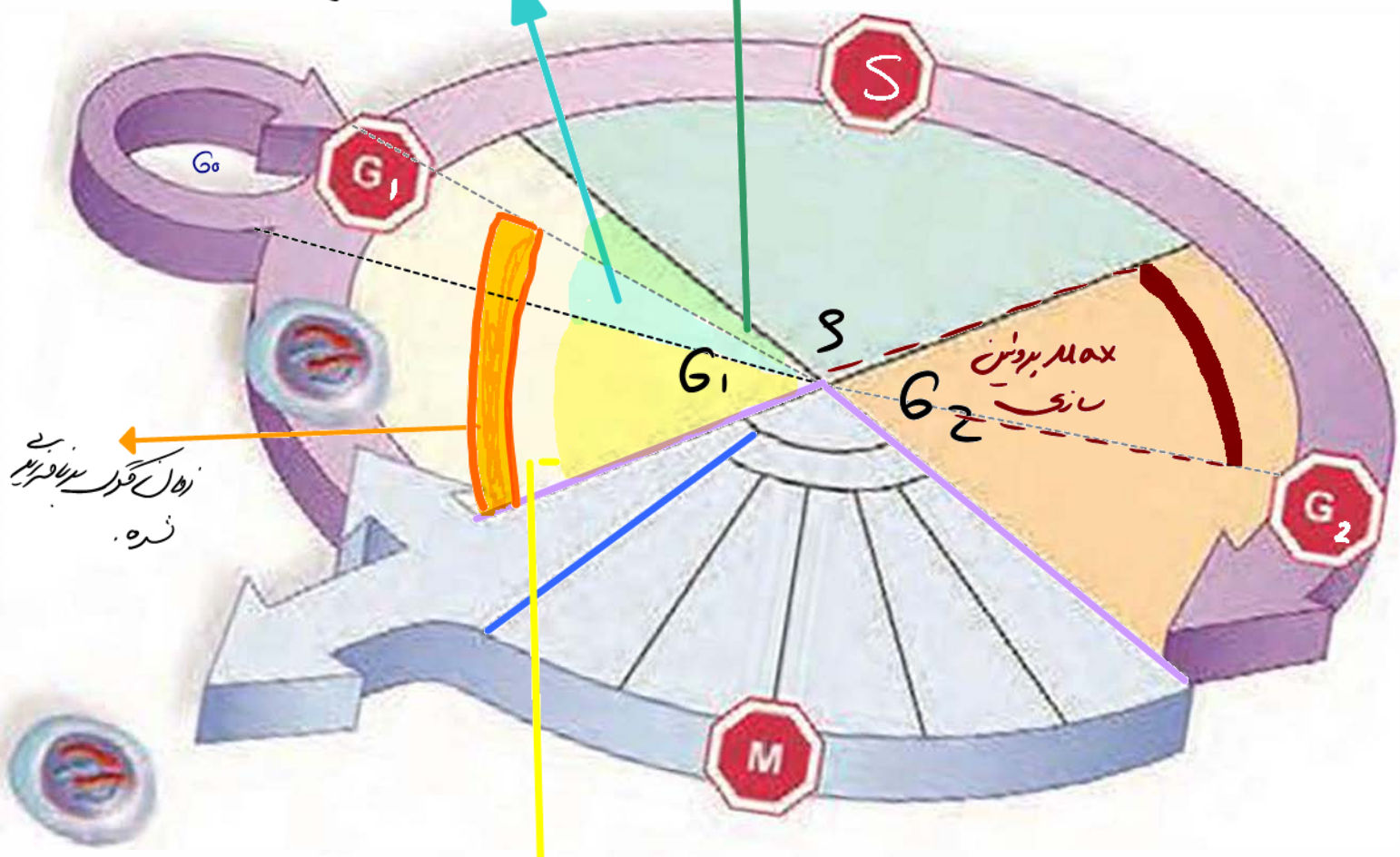
سرانجام سلولهای ورودی به G_1:

1. سلولهایی که از مقامی G_1 عبور می‌کنند، محتوای DNA سالم دارند و وارد G_0 نمی‌شوند.
2. سلولهایی که وارد G_0 نمی‌شوند ولی در اولین نقطه کاری برگشت می‌خورند.
3. سلولهایی که بخش مشترک G_1 را طی می‌کنند و تا همیشه تو G_0 می‌مانند (حتی از نقطه کاری هم عبور نمی‌کنند)
4. سلولهایی که بعد از سپری کردن بخش مشترک G_1 وارد G_0 می‌شوند موقتاً ولی بعد از خروج از G_0 توسط نقطه کاری برگشت می‌خورند
5. " " " " و بعد از خروج از G_0 ادامه G_1 را طی می‌کنند.

سلولهایی که مرگ برنامه‌ریزی شده در آنها رخ می‌دهد این بخش G_1 را سپری نمی‌کنند.

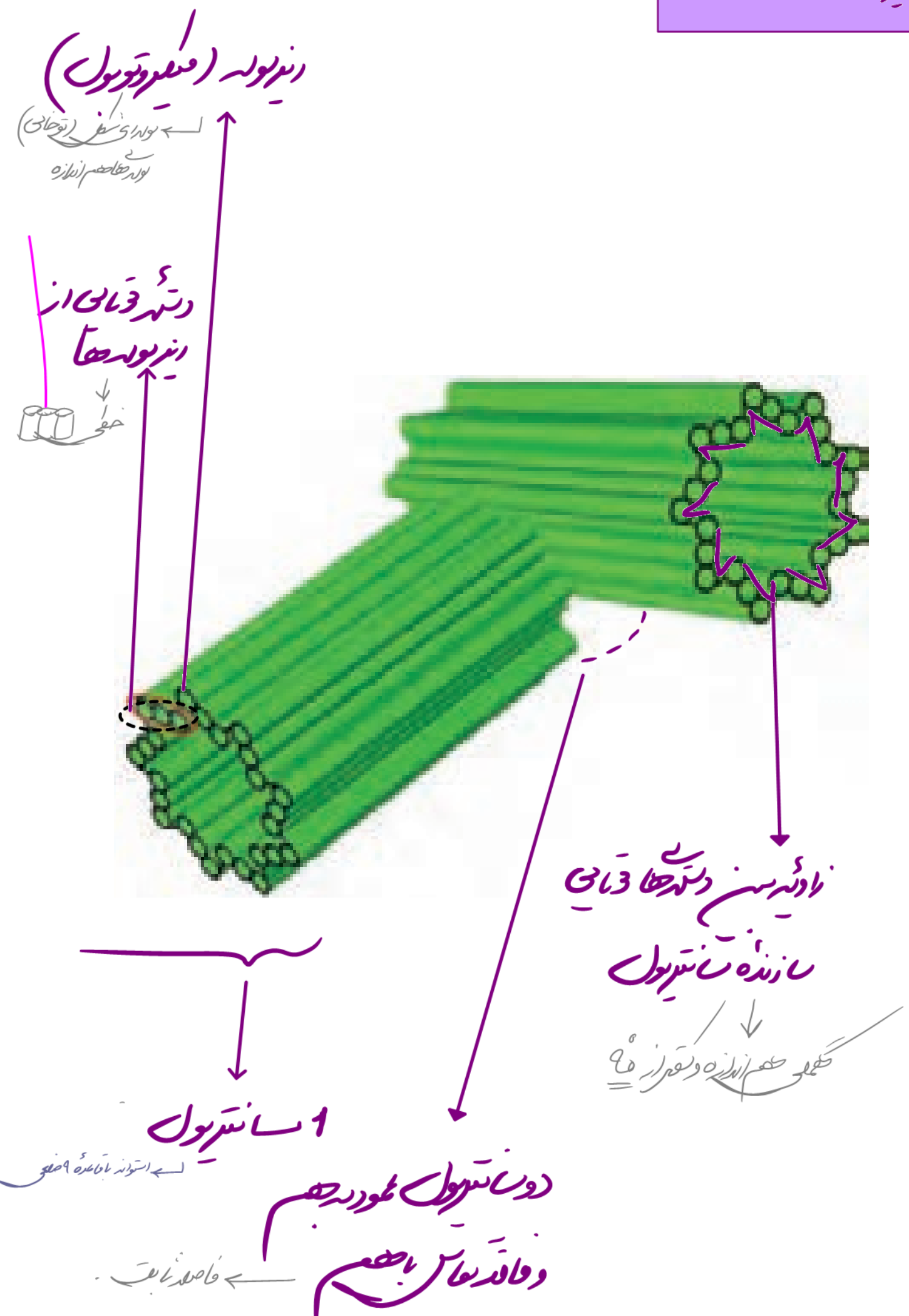
سلولهایی که از G_0 خارج شده و وارد S می‌شوند.

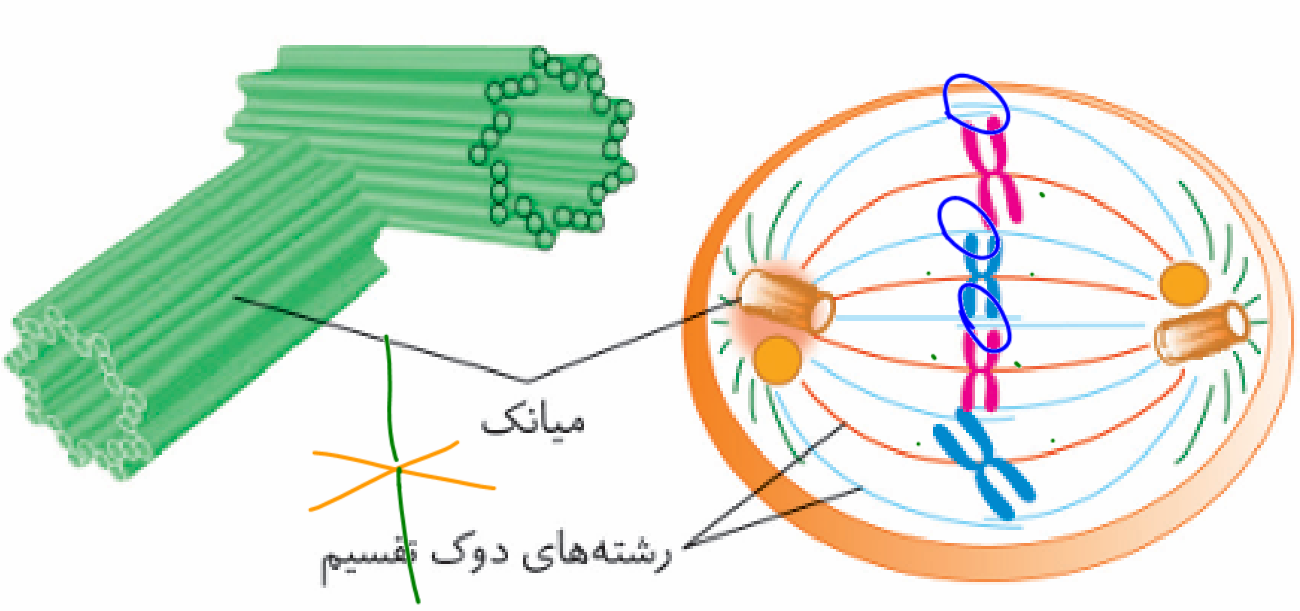
وارد این بخش نمی‌شوند.



بخشی که تمامی سلولها طی می‌کنند

سانتریول‌ها (میانک‌ها)





💯 یاخته های گیاهی خزه و سرخس، سانتریول دارند. البته این نکته خارج از کتابه ولی چون توی بعضی از آزمون ها میاد ما هم این جا آوردیم!

💯 تولید پروتئین های سازندهٔ رشته های دوک توسط ریبوزوم ها انجام می شود نه سانتریول ها!

هر سانتریول از ۹ دستهٔ ۳تایی ریزلولهٔ پروتئینی تشکیل شده است؛ در نتیجه یک جفت سانتریول، ۵۴ ریزلولهٔ پروتئینی دارد.

سطح بیرونی سانتریول ها صاف نیست!

بخش مرکزی سانتریول ها، توخالی است.

رشته های دوک تقسیم ایجاد شده همگی به فام تن ها متصل نمی شوند. اگر دقت کنید از بین رشته های دوکی که تا نیمهٔ یاخته می آیند گروهی از آنها به سانترومر فام تن ها متصل می شود. در واقع همهٔ رشته های دوک تقسیم به سانترومر فام تن ها متصل نمی شود ولی همهٔ سانترومرها به رشته های دوک تقسیم متصل می شوند.

💯 رشته های سبزرنگ کوتاه که در مجاورت سانتریول ها قرار دارند، دوک تقسیم نیستند!

در مرحلهٔ متافاز تقسیم میتوز به هر فام تن دو رشتهٔ دوک تقسیم متصل است.

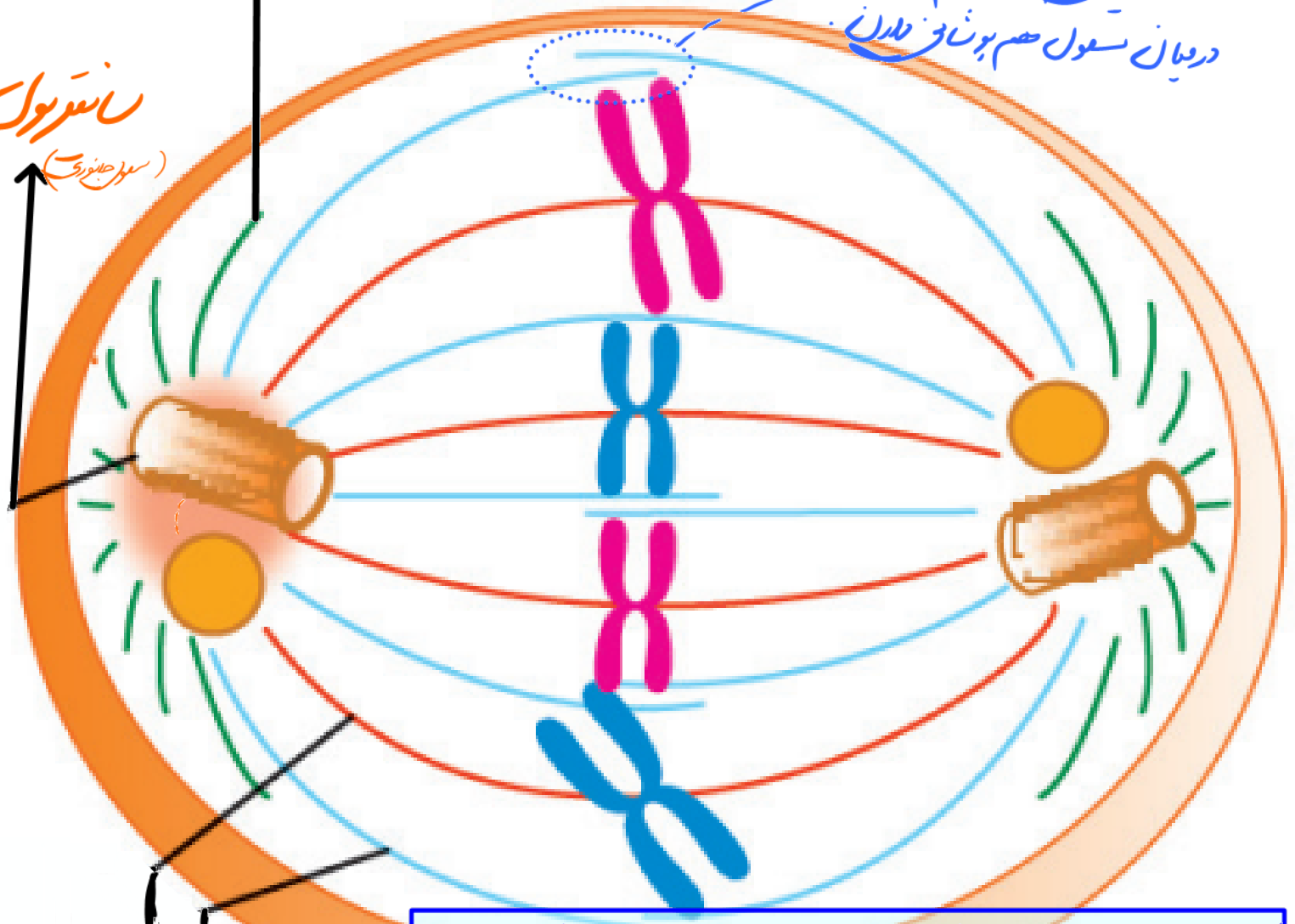
دوک‌های تقسیم

✓ به سمت خارج جفت سانتریول‌ها
✓ با هم قطر برابر - طول متفاوت
✓ همیشه در سلول حضور دارند (اطراف سانتریول در سلول جانوری)
✓ تراکم آنها در متافاز زیادتر است.

دوک غیر تقسیمی

دوک‌های تقسیمی هم راستا با هم
در میان سلول هم پوشانی دارند.

سانتریول
(سلول جانوری)



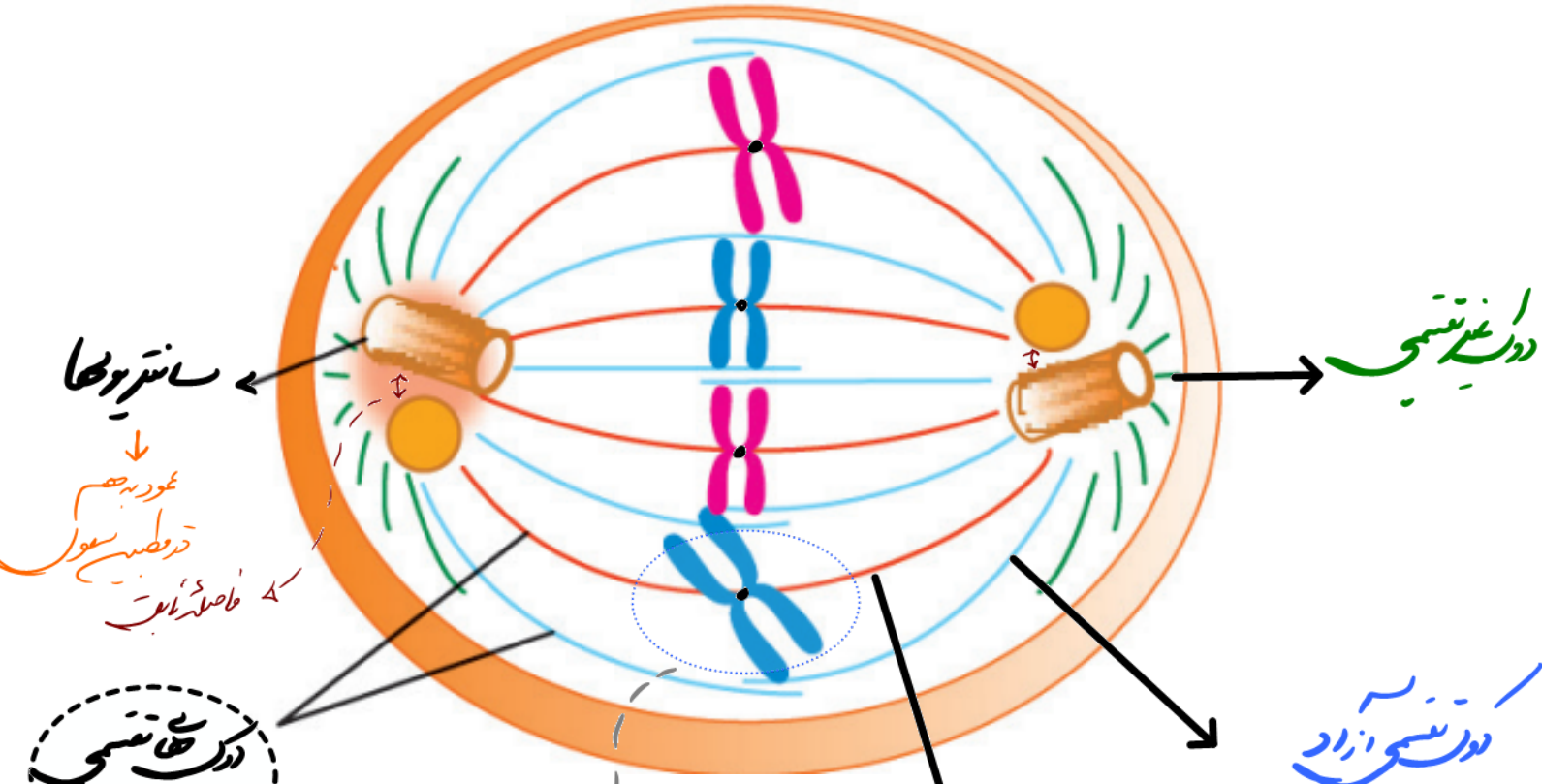
✓ بین دو جفت سانتریول است ✓ فقط در تقسیم سلولی در سلول حضور دارد ✓ گیاهی و جانوری دارند
✓ * اتصال به کروموزوم ندارند * کشانی ندارند * بلندتر * تعداد بیشتر

دوک تقسیمی آزاد

✓ بین دو جفت سانتریول است ✓ فقط در تقسیم سلولی حضور دارند ✓ گیاهی و جانوری دارند.
✓ * در اتصال به کروموزوم * وظیفه حرکت کروموزوم‌ها دارند. * کشانی دارند * کوتاه‌تر * تعداد کمتر

دوک تقسیمی متصل به کروموزوم

ساختار کروموزوم‌ها در مرحله متافاز میتوز در سلول جانوری



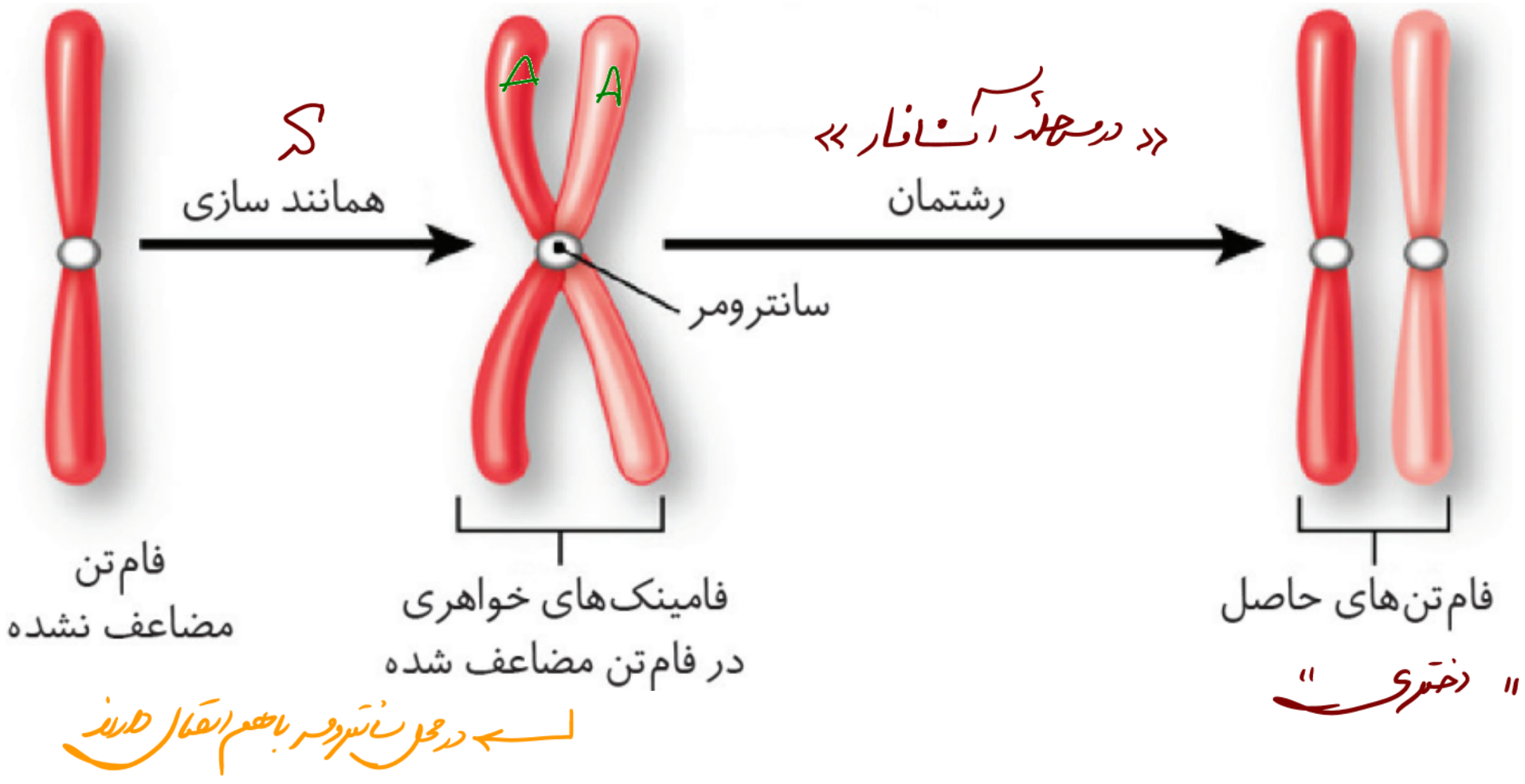
در متافاز در ساختار صفحه کروموزومی سانترومر تمامی کروموزوم‌ها در یک ردیف و به دلیل فشردگی زیاد کروموزوم‌ها مورد مطالعه می‌شود. (مهم!)

مقایسه	دوک‌های غیر تقسیمی (A)	دوک‌های تقسیمی متصل (B)	دوک‌های تقسیمی آزاد (C)	...
* مدت زمان حضور در سلول				
* طول دوک				
* قطر دوک				
* تفاوت طول دوک‌ها هم‌نوع				
* فعال دوک				
* شروع تشکیل				
* عمل تشکیل				
* نابودی				
* تجزیه دوک				

طرح ساده‌ای از تقسیم کروموزوم‌ها در میتوز

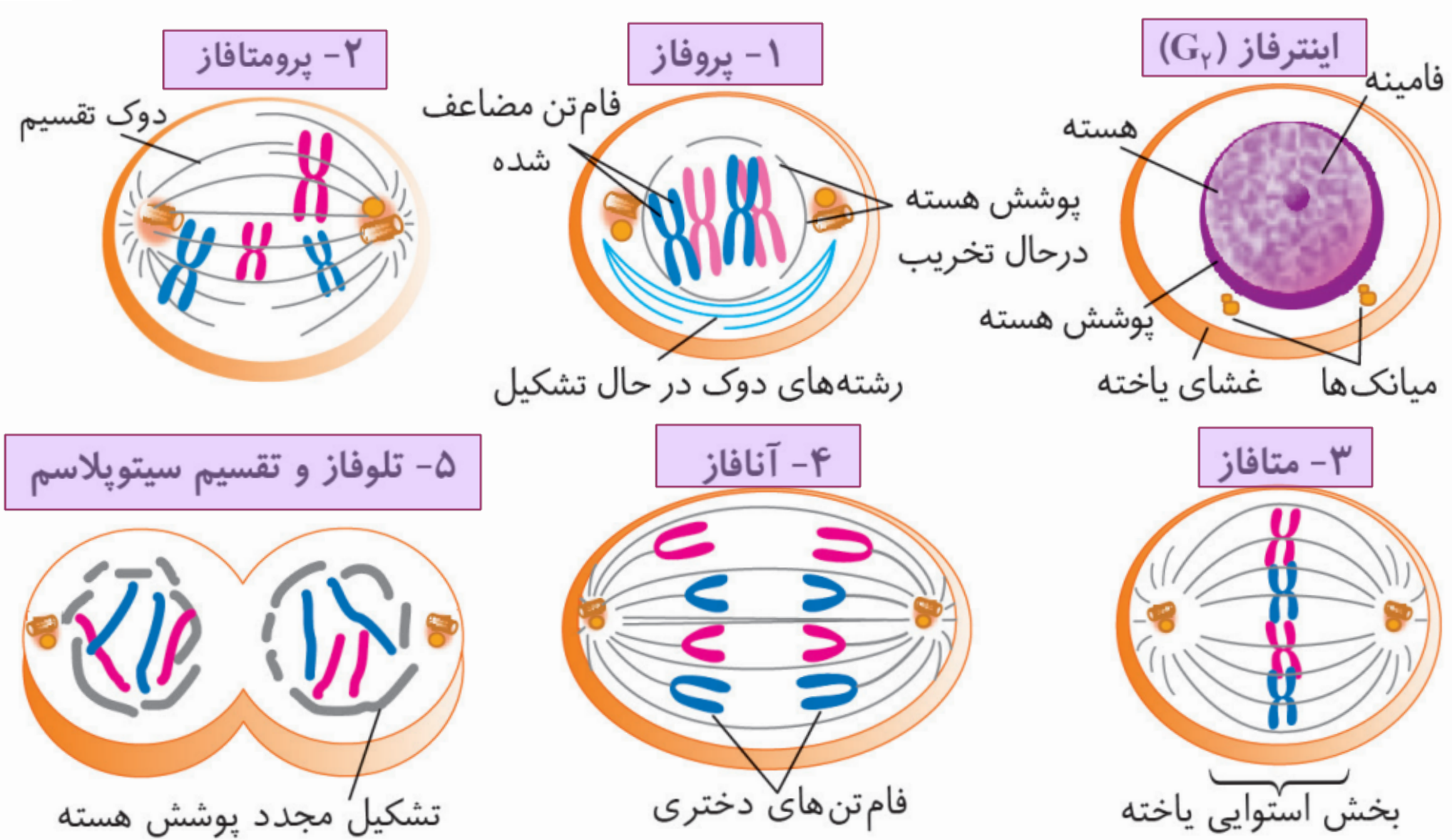
ساده
(عدد1) DNA نوع 1

مضاعف
(عدد2) DNA نوع 1



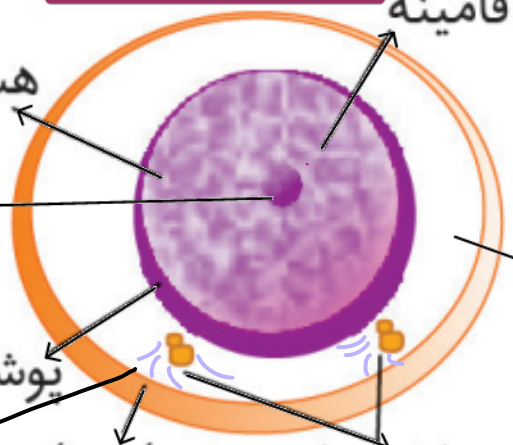
← در محل سانترومر باهم اتصال دارند

طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم میتوز



$2n=4$

اینترفاز (G_2)



فامینه

مضاعف با فشردگی اندک

هسته

در تمامی اینترفاز حضور دارد.

هستک

محل تولید ریبوزوم‌ها فقط در اینترفاز وجود دارد.

سیتوپلاسم

پوشش هسته

2 لایه غشاء منفوذدار

دوک غیرتقسیمی

غشای یاخته

کنترول داره

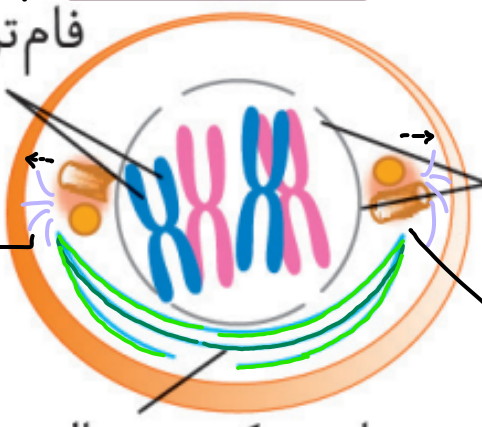
میانک‌ها

2 جفت (۴ تا)

$2n=4$

۱- پروفاز

مرحله ابتدایی تقسیم هسته



فام‌تن مضاعف شده

بلندترین و باریکترین حالت کروموزوم مضاعف.

به تدریج ☺

دوک‌های غیرتقسیمی

پوشش هسته درحال تخریب

(لیپاز)

تبدیل به قطعات نابرابر

رشته‌های دوک در حال تشکیل

هر دو نوع دوک تقسیمی بین دو جفت سانتریول در حال تشکیل.

2 جفت سانتریول در حال فاصله گرفتن از هم

«شروع تشکیل»

«شروع ↑ فاصله بین 2 جفت سانتریول»

DNA تا 8 مضاعف $2n=4$

۲- پرومتافاز

در حال تشکیل (به سمت بخش میانی سعول)

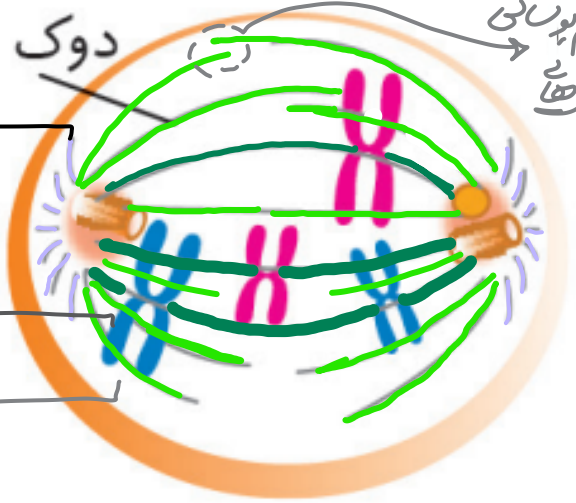
دوک تقسیم

دوک های غیر تقسیمی

کروموزوم ها در حال ↑ فشردگی

اتصال کروموزوم های مضاعف به 2 دوک متصل (نامنظم)

ایجاد هم پوشانی بعضی دوک های آزاد



DNA تا 8 مضاعف $2n=4$

۳- متافاز

مرحله میانی تقسیم

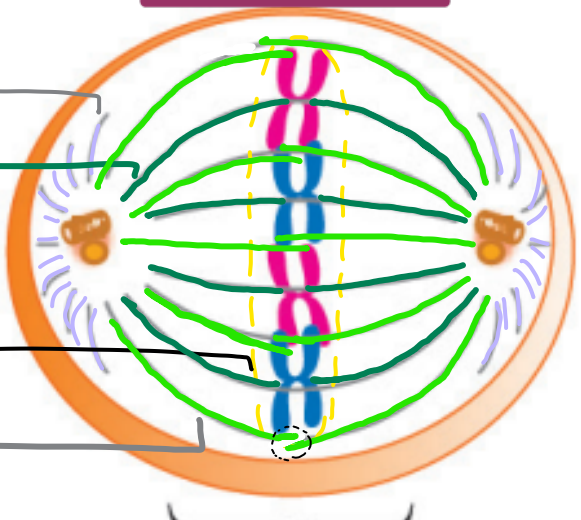
رسیدن Max فشردگی - کوتاه ترین و ضخیم ترین حالت کروموزوم مضاعف

دوک های غیر تقسیمی (بیشترین تراکم)

دوک های تقسیمی متصل (بلندترین حالت)

صفحه کروموزومی (1 ردیف کروموزوم مضاعف)

دوک های تقسیمی آزاد (دارای هم پوشانی)



بخش استوایی یاخته

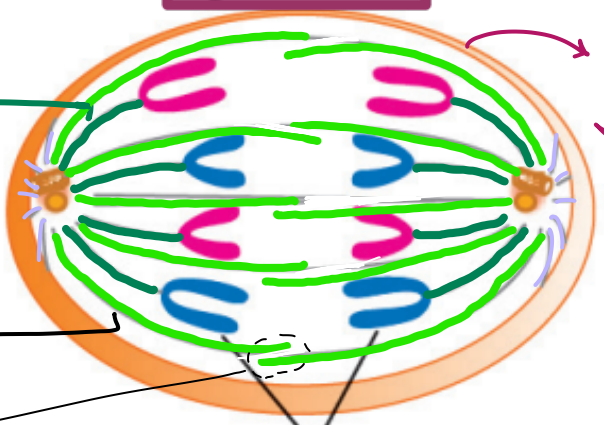
محل قرارگیری صفحه کروموزومی

در ابتدا کروموزوم‌ها مضاعف (۴ تا) و سپس ساده (۸ تا) می‌باشند

در کل سلول $4n=8$

در هر قطب $2n=4$

۴- آنافاز



کشیدگی سلول

دوک‌های تقسیمی متصل (در حال کوتاه شدن)

دوک‌های تقسیمی آزاد (در طویل‌ترین حالت خود)

در این مرحله نه تنها کوتاه نمی‌شوند بلکه بلندتر هم می‌شوند.

خط هم‌پوشانی

«فام‌تن‌های دختری»

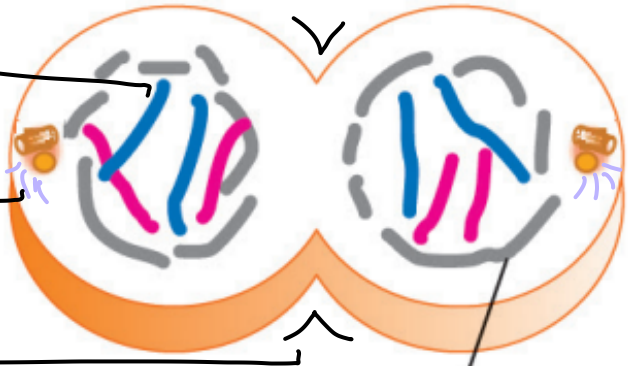
با خط فشردگی در بیشترین حالت

(کوتاه‌ترین و ضخیم‌ترین شکل کروموزوم ساده)

* 2 برابر شدن سانترومرها *

مرحله پایانی

۵- تلوفاز و تقسیم سیتوپلاسم



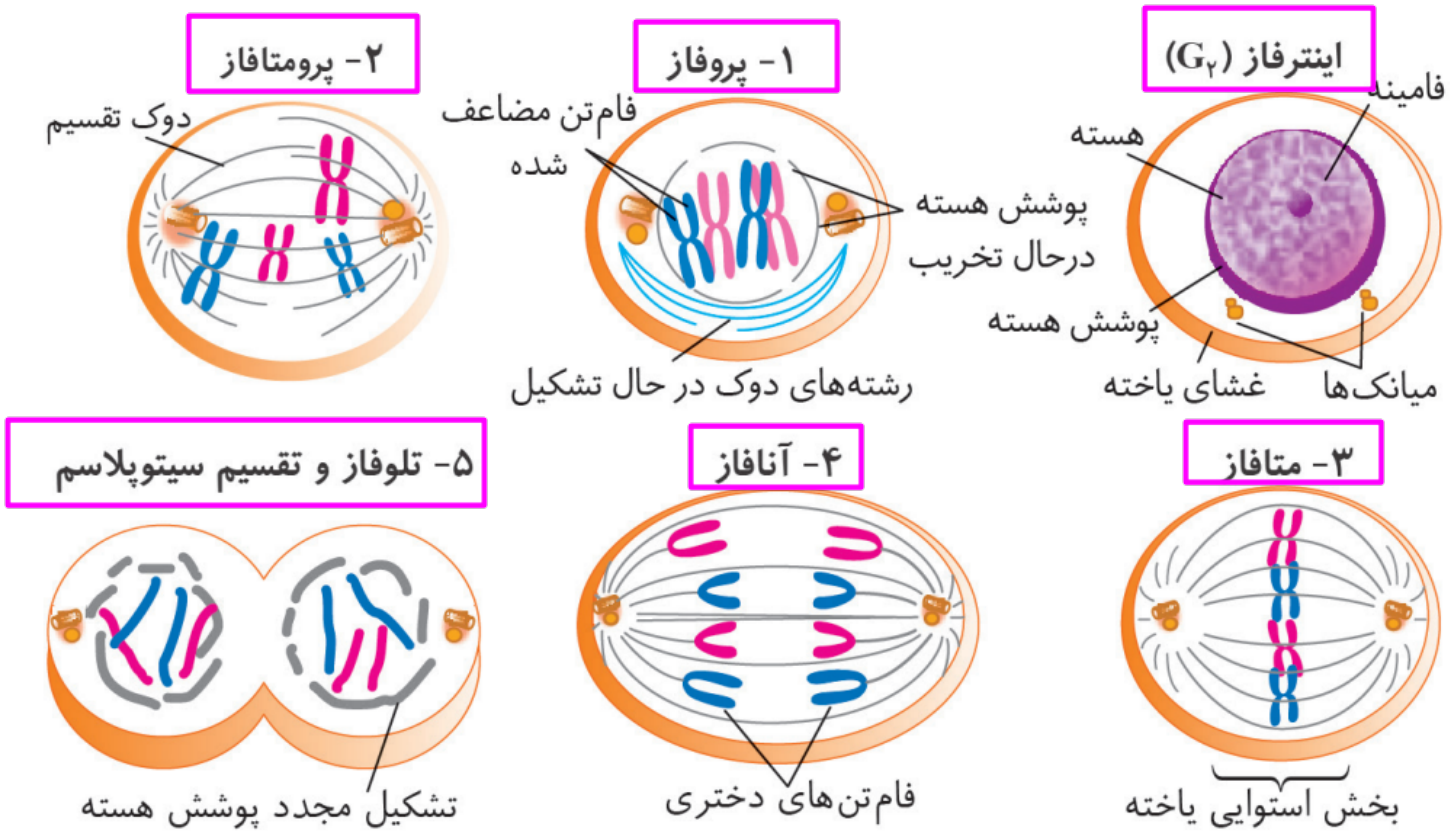
بلندترین و نازک‌ترین شکل کروموزوم ساده

دوک‌های غیرتقسیمی

ایجاد فرورفتگی به دنبال انقباض کمربند انقباضی

تشکیل مجدد پوشش هسته

قطعات نابرابر


اینترفاز (G_2)
فامینه
هسته
پوشش هسته
پوشش هسته
میانک‌ها
غشای یاخته
۱- پروفاز
فام‌تن مضاعف شده
پوشش هسته درحال تخریب
رشته‌های دوک در حال تشکیل
۲- پرومتافاز
دوک تقسیم
۳- متافاز
بخش استوایی یاخته
۴- آنافاز
فام‌تن‌های دختری
۵- تلوفاز و تقسیم سیتوپلاسم
تشکیل مجدد پوشش هسته

تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز) در سلول جانوری

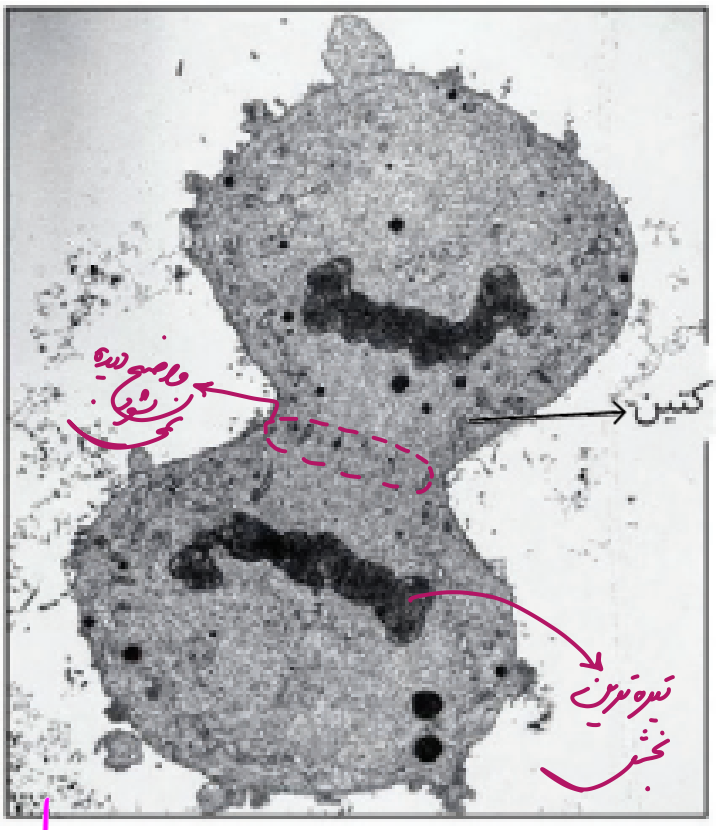
اغلب تقسیم برابر.

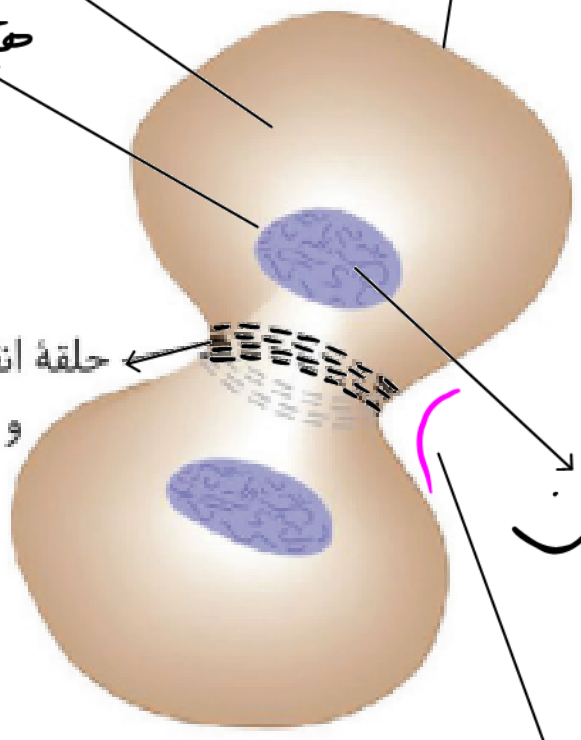
* در سلول جانوری در اواخر تلوفاز *

سلول 2 هسته‌ای در پایان تقسیم هسته

غشاء سلول جانوری (مادر)

سیتوپلاسم سلول مادر (جانوری)





تصویر با میکروسکوپ نوری است.

فرورفتگی

1 لکربند انقباضی: ۴ ردیف حلقهٔ انقباضی (بصورت ناپیوسته)

(اکتین و میوزین منقبض نمی‌شوند بلکه در هم فرو می‌روند).

* هستک در سلول جانوری ← بعد از پایان سیتوکینز تشکل می‌گیرد.

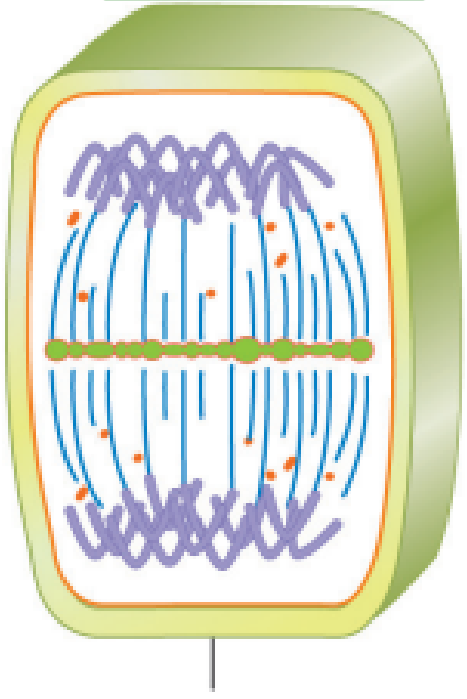
← در ابتدا فاز

تقسیم سیتوپلاسم (سیتوکینز) در سلول گیاهی

تلوفاز

1 اواخر آنافاز

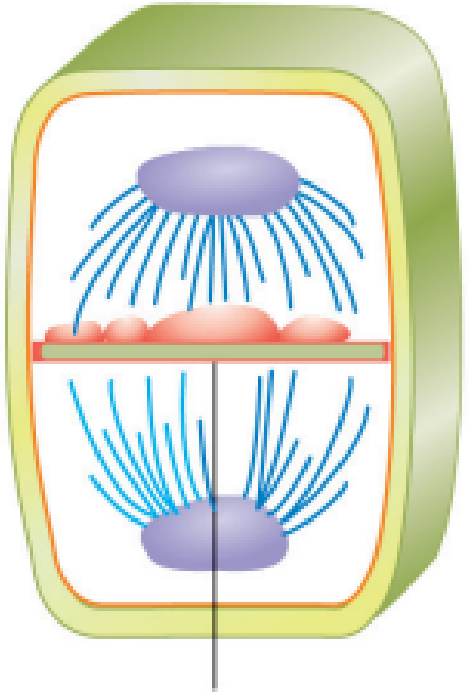
ریزکیسه‌ها در بخش میانی یاخته جمع می‌شوند.



دیوارهٔ یاخته

2 اوایل تلوفاز

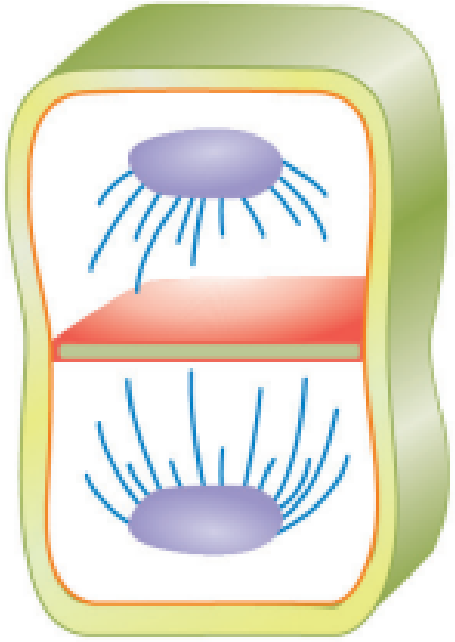
ریزکیسه‌ها به هم می‌پیوندند و ریزکیسه‌های بزرگ‌تر می‌سازند.



صفحهٔ یاخته

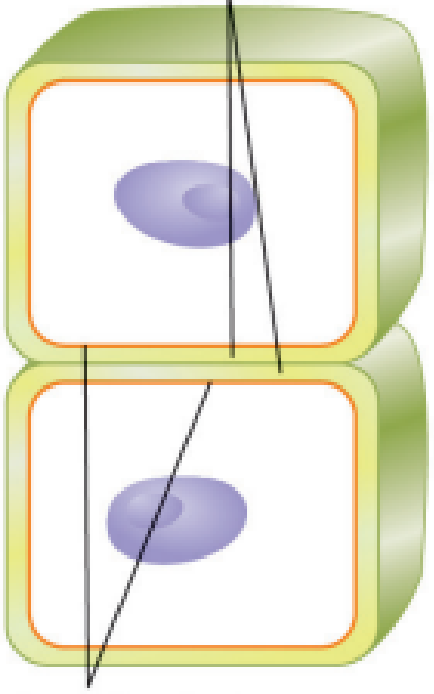
3 اواخر تلوفاز

در نهایت یک ریزکیسهٔ بزرگ ساخته می‌شود.



4 پایان سیتوکینز

دیوارهٔ یاختهٔ جدید (حاصل از محتوای ریزکیسه‌ای)

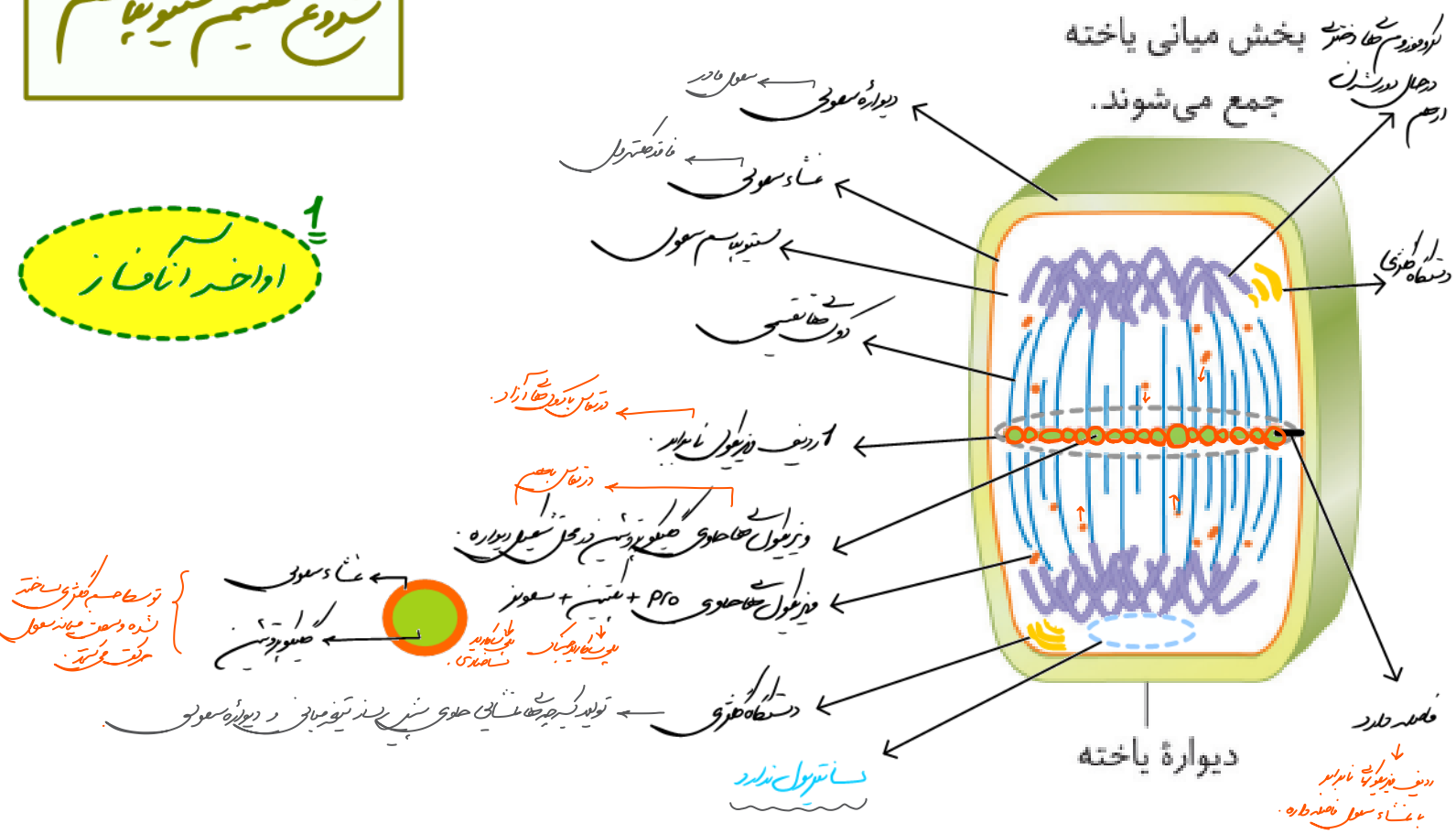


غشای یاخته‌های جدید حاصل از غشای ریزکیسه‌ها

شروع تقسیم سیتوپلاسم

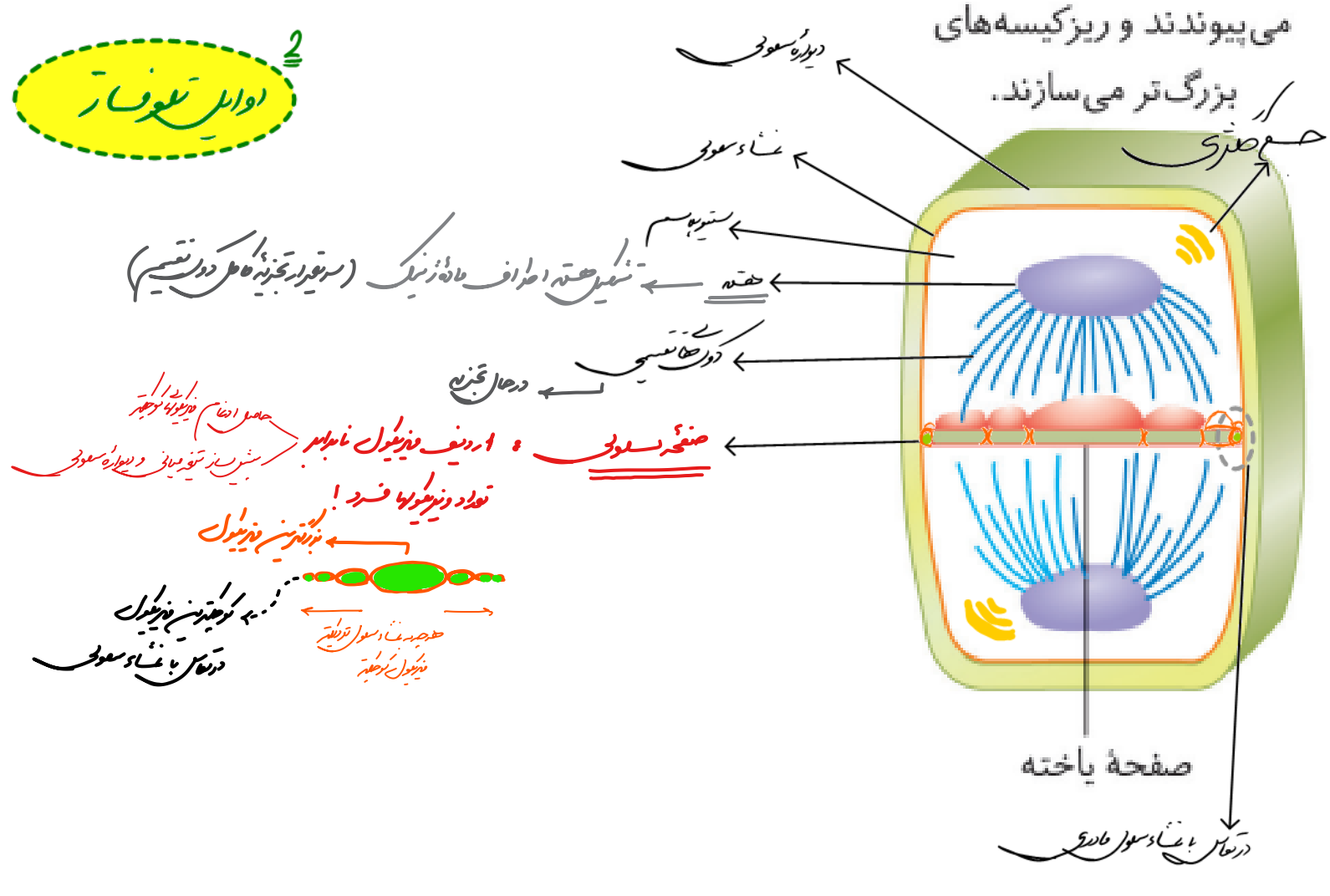
1 اواخر آنافاز

ریزکیسه‌ها در بخش میانی یاخته جمع می‌شوند.



2 اوایل تلوفاز

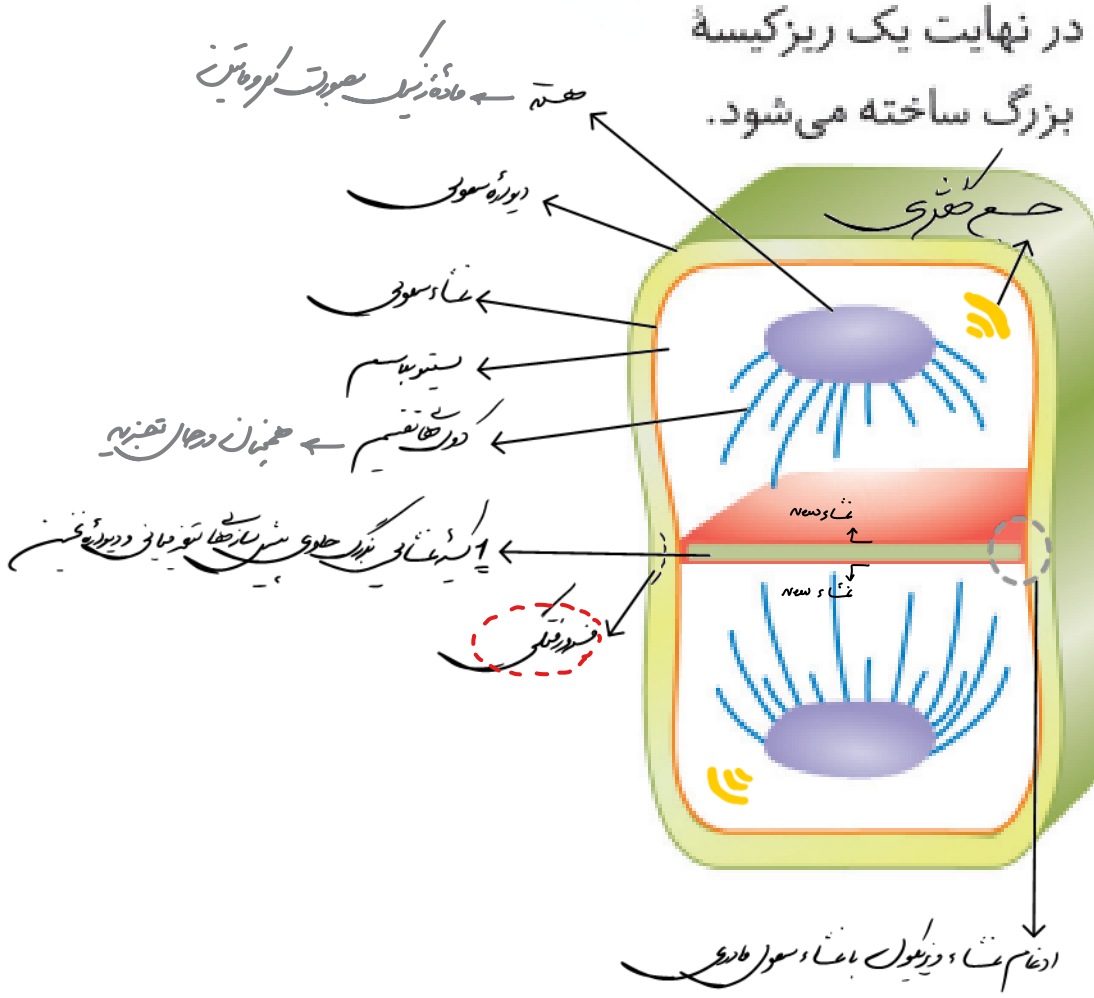
ریزکیسه‌ها به هم می‌پیوندند و ریزکیسه‌های بزرگ‌تر می‌سازند.



حاصل ادغام وزیکول‌های صفحهٔ سلولی و محتویات وزیکول‌ها

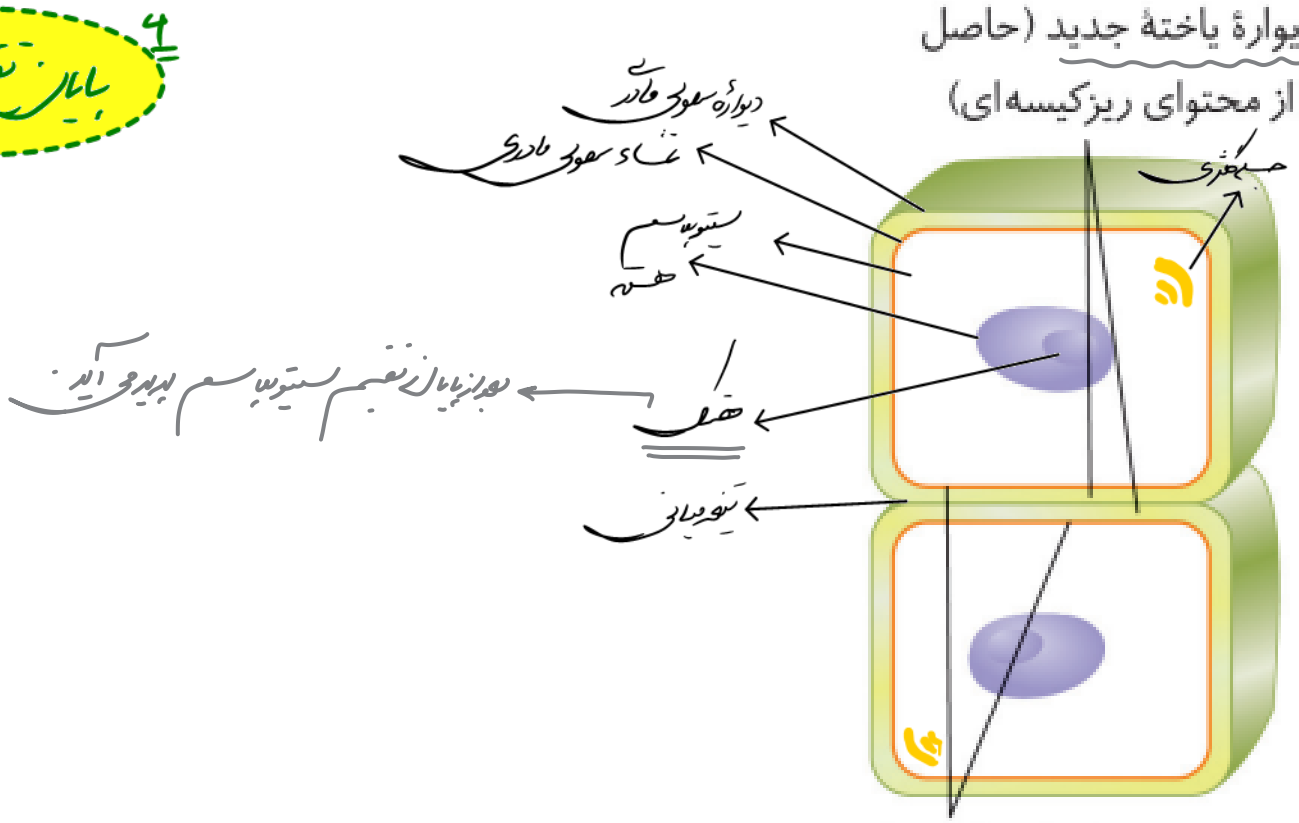
اواخر تلوفاز

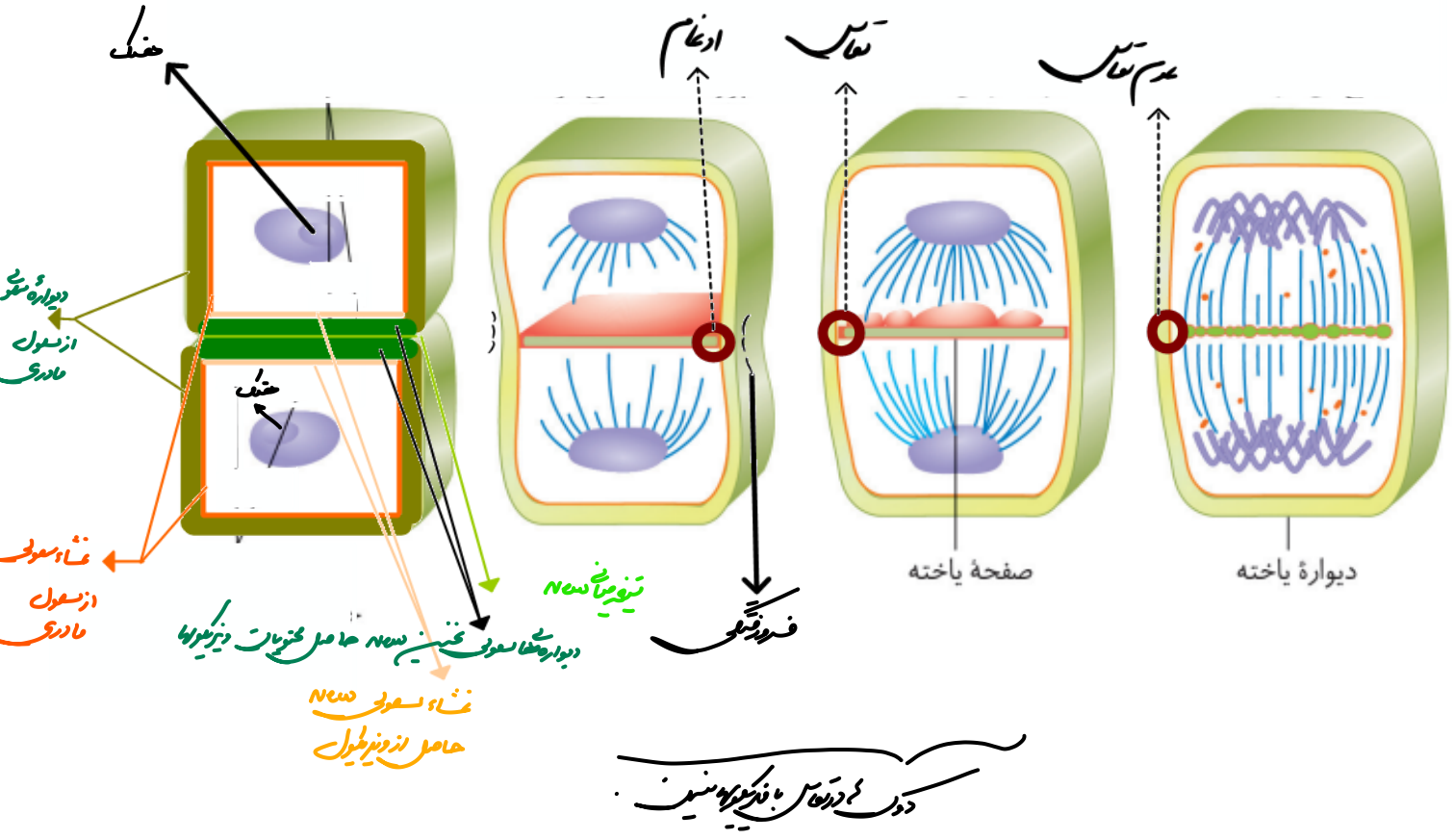
در نهایت یک ریزکیسهٔ بزرگ ساخته می‌شود.



دیوارهٔ غشتین

پایان تقسیم استوایاسم





دوک ها در تقاس با ویزیکولها نیستند.

مراحل تقسیم سلولی با میکروسکوپ



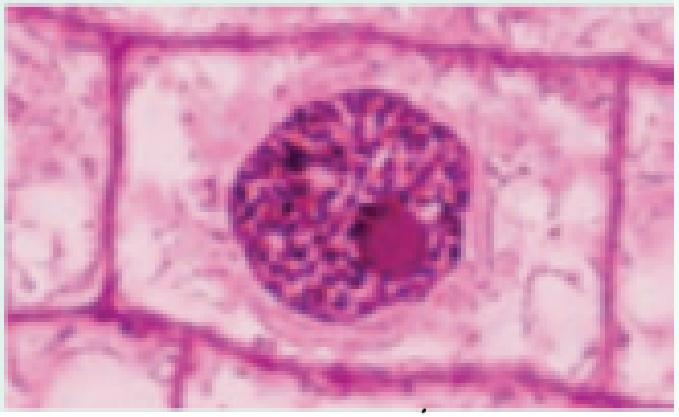
تلوفاز + سیتوکینز 5



پرومتافاز 2



متافاز 3

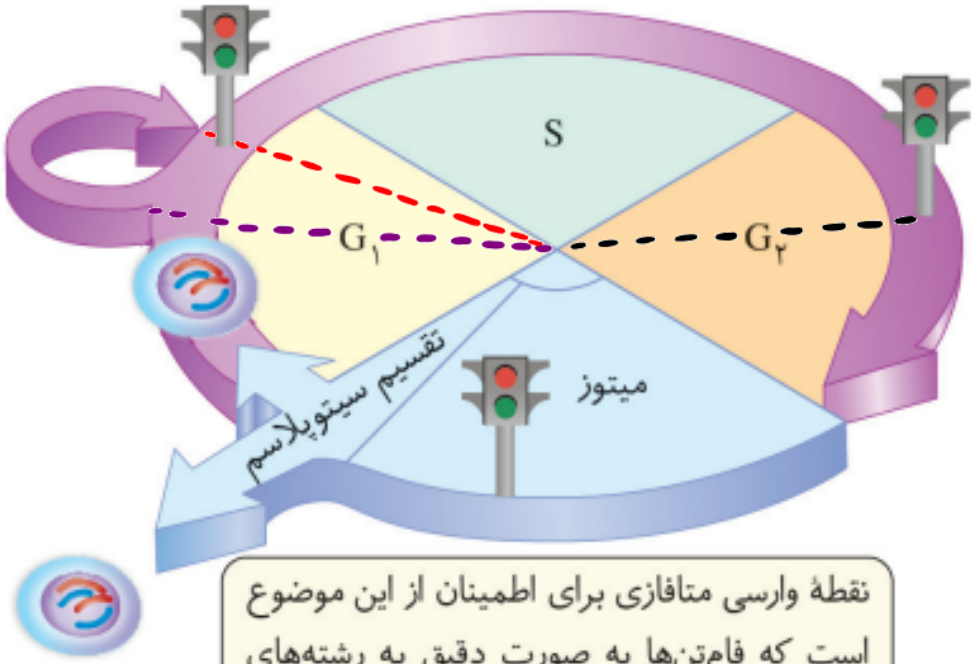


اینترفاز 1



آنافاز 4

نقاط وارسی چرخه سلولی



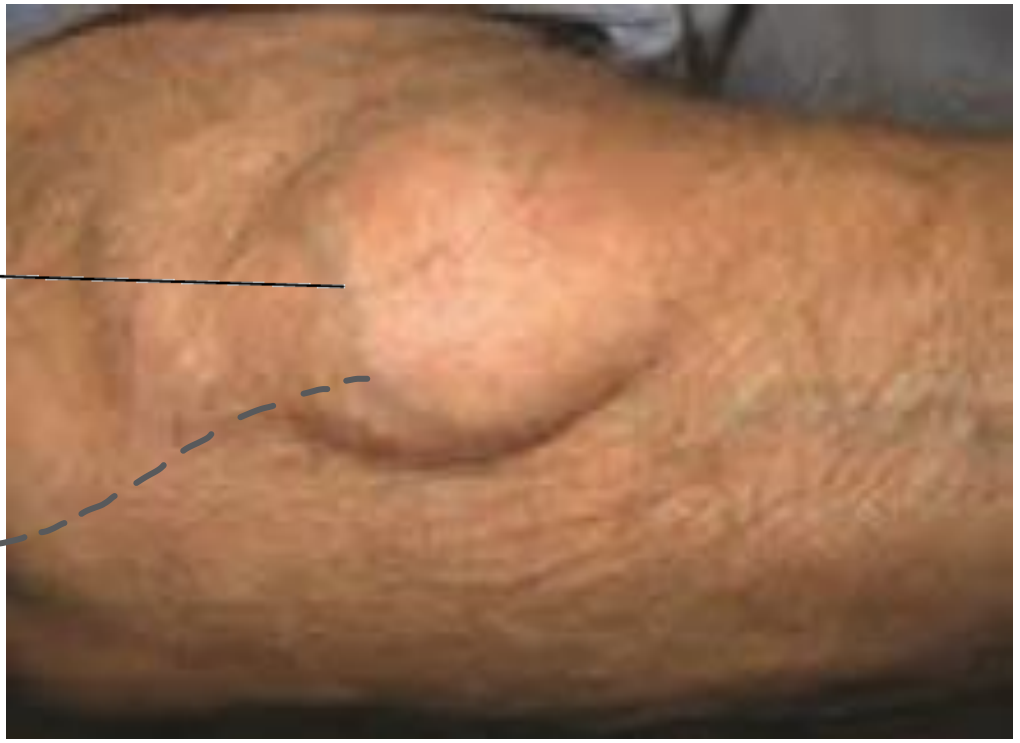
نقطهٔ وارسی «G_2» یاخته را از سلامت «دِنا» مطمئن می‌کند. اگر «دِنا» آسیب دیده باشد و اصلاح نشود، فرایندهای مرگ یاخته‌ای به راه می‌افتد.

اگر پروتئین‌های دوک تقسیم یا عوامل لازم برای رشتمان فراهم نباشد، نقطهٔ وارسی «G_2» اجازهٔ عبور یاخته از این مرحله را نمی‌دهد.

نقطهٔ وارسی متافازی برای اطمینان از این موضوع است که فام‌تن‌ها به صورت دقیق به رشته‌های دوک متصل و در وسط یاخته آرایش یافته‌اند.

بیپوما

برجستگی زیاد - بی رنگ



در محل ایجاد تومور
مشاهده واضح تر رگ ها

لیسیاهوگ .

ملانوما

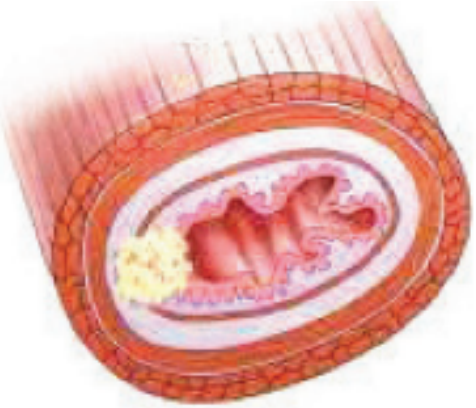
برجستگی اندک

* نسبت به بیپوما وسعت کمتر و برجستگی کمتر

+ سیره ← ملانین



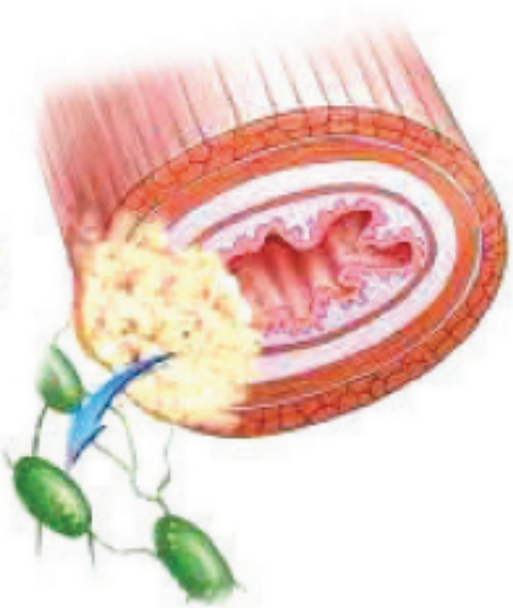
مراحل رشد و پخش سلول سرطانی



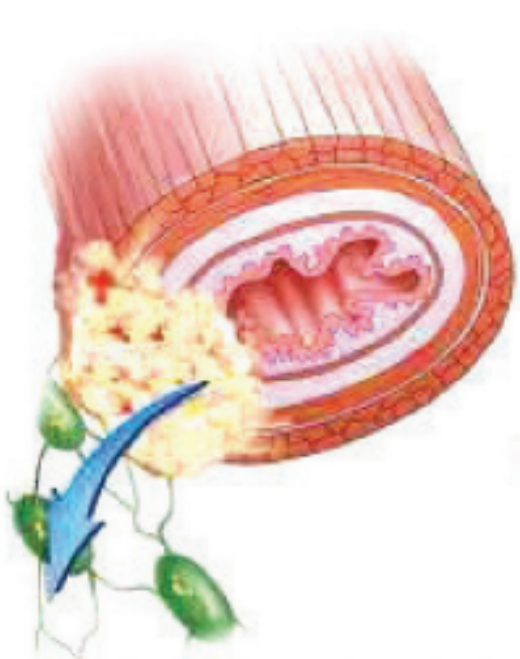
۱- یاختهٔ سرطانی شروع به تهاجم به یاخته‌های بافت میکند.



۲- یاخته‌های سرطانی در بافت‌ها گسترش می‌یابند، ولی هنوز به دستگاه لنفی مجاور راه پیدا نکرده‌اند.



۳- یاخته‌های سرطانی به بخش‌های لنفی مجاور محل تکثیرخود، دسترسی پیدا می کنند.



۴- یاخته‌های سرطانی از راه لنف به بافت‌های دورتر می‌روند و پس از استقرار موجب سرطانی شدن آن‌ها می‌شوند.

ساختار بافتی روده - پاریک

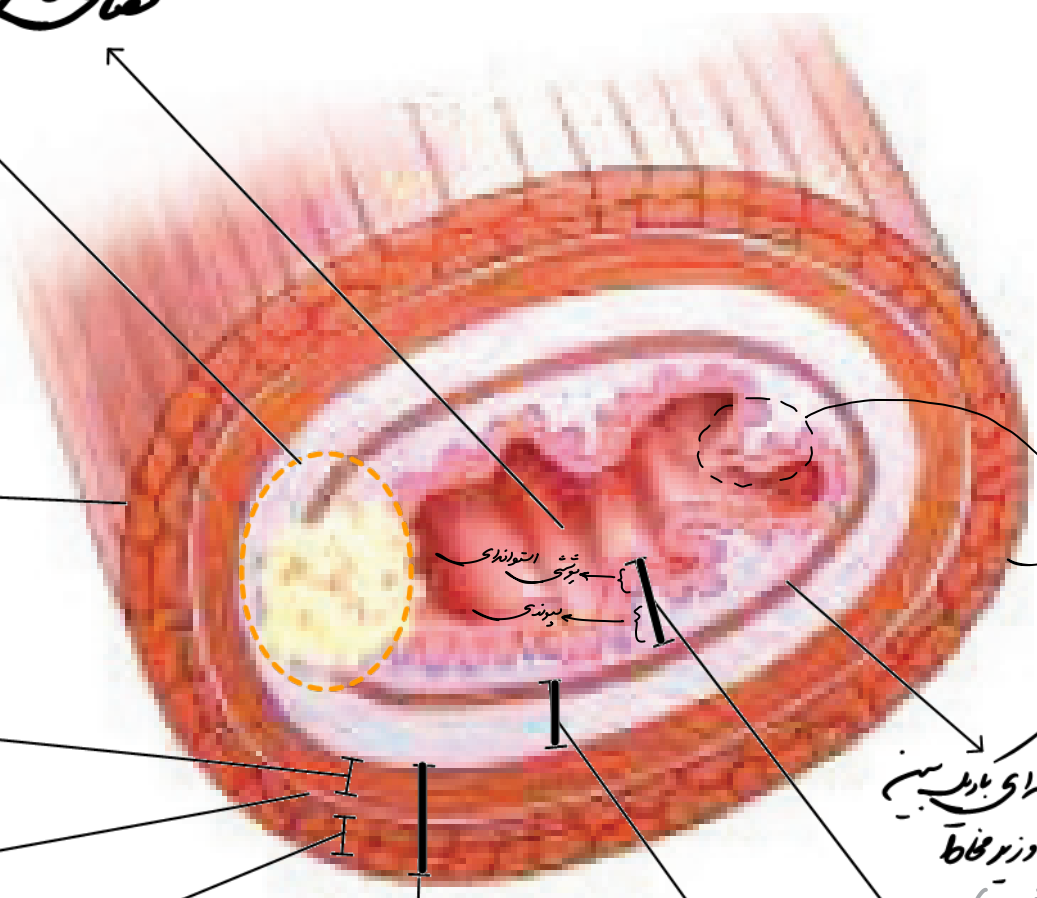
مبتلا به تومور بدخیم

لایه‌های لوله‌ی گوارش
- بیرونی
- ماهیچه‌ای
- زیرمخاط
- مخاط

1

توده‌ی سرطانی
↓
منشأ آن لایه‌ی مخاط بوده
و تا زیرمخاط رشد کرده

فضای داخل روده



چین حلقوی

لایه‌ی بیرونی
← نازک‌ترین لایه
بافت پیوندی سست - شفاف

ماهیچه‌ی حلقوی
← لایه‌ی داخلی

بافت پیوندی سست + رگ خونی + شبکه‌ی عصبی
بین دو لایه‌ی ماهیچه

ماهیچه‌ی طولی
← لایه‌ی خارجی

ماهیچه‌ای باریک بین مخاط و زیرمخاط
(صاف)

لایه‌ی ماهیچه‌ای
← قطورترین لایه
2 لایه‌ی ماهیچه‌ی صاف

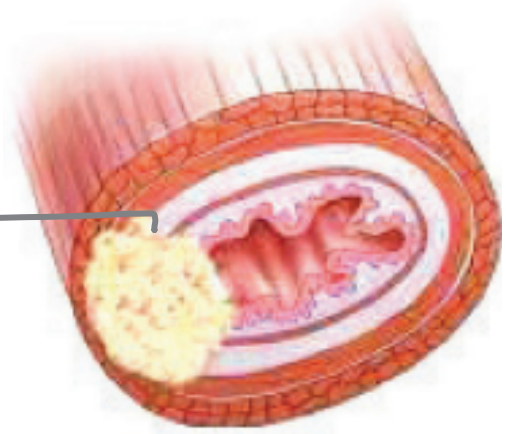
لایه‌ی زیرمخاط
← بافت پیوندی سست
رگ‌های خونی
شبکه‌ی عصبی

لایه‌ی مخاط
← داخلی‌ترین لایه



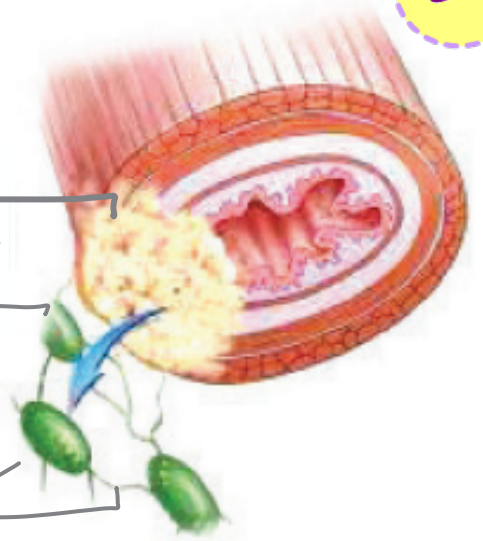
← غشاء پایه

2



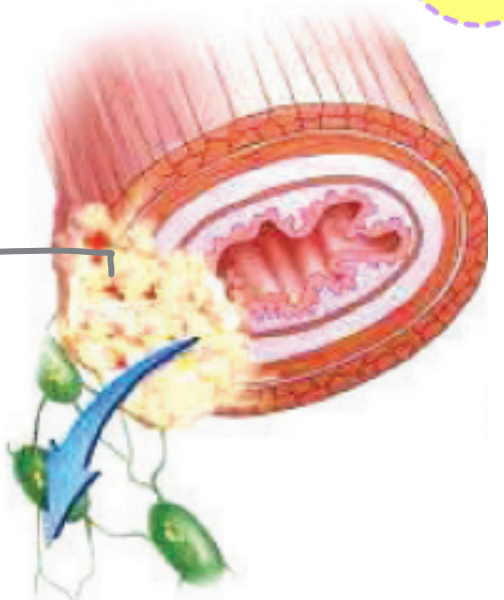
↑ درگیری لایه مخاط و زیرمخاط
و شروع درگیری لایه ماهیچه‌ای

3



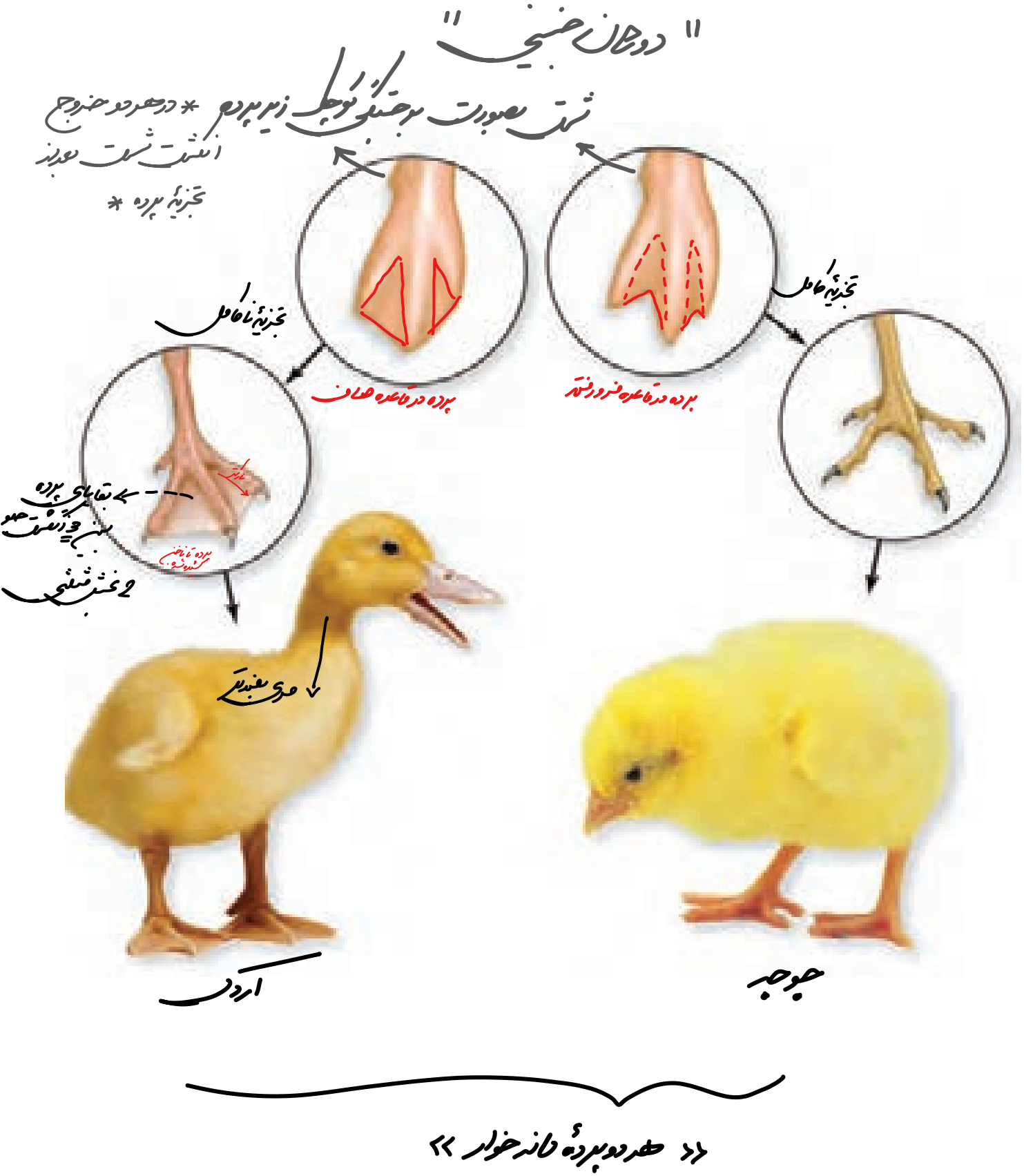
↑ درگیری لایه‌های مخاط، زیرمخاط و ماهیچه‌ای
ایجاد تومور در سطح خارجی روده
درگیری گره‌های لنفی مجاور
(هنوز به اندام دیگری سرایت نکرده)

4



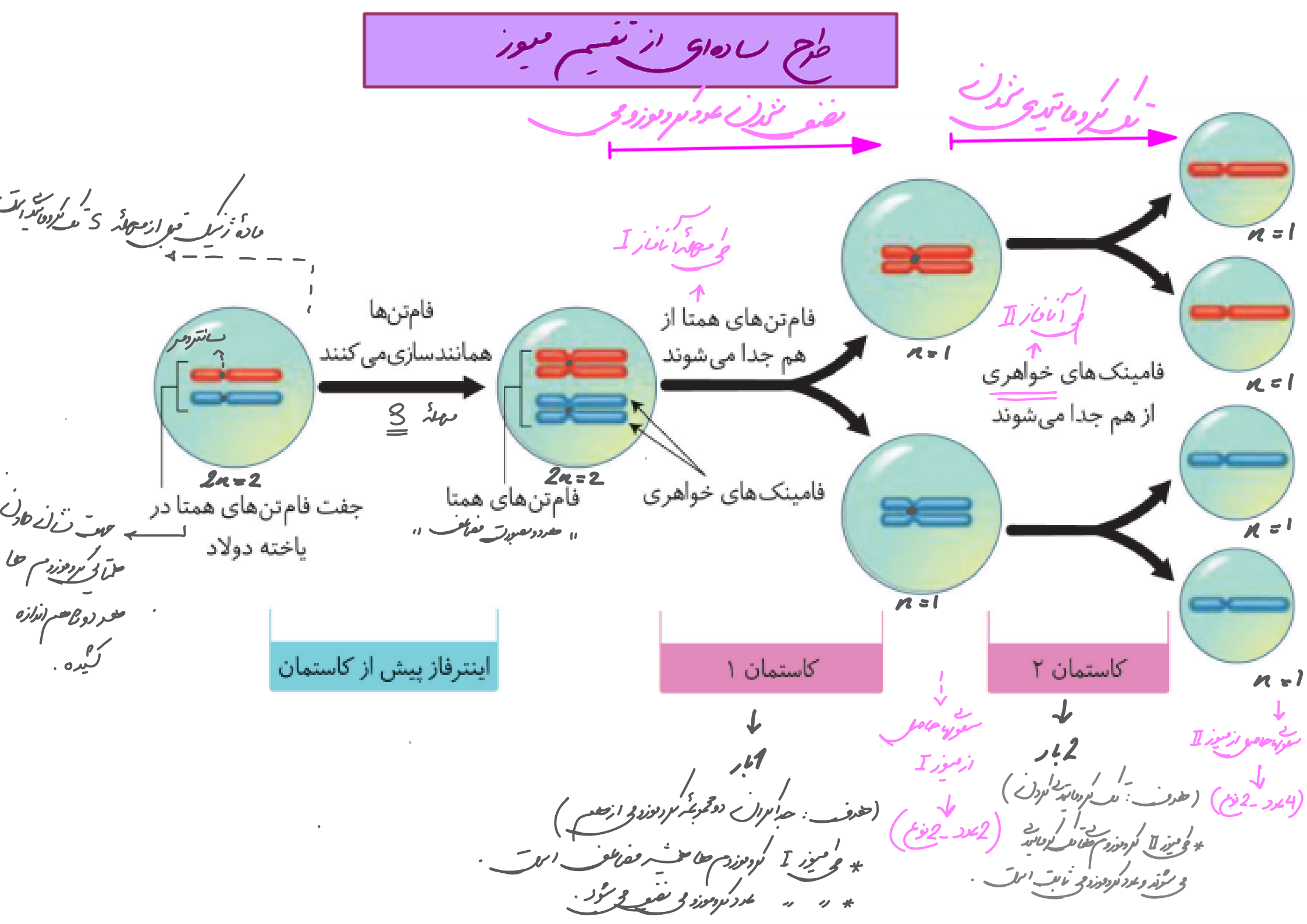
اضافه‌رشد توده سرطانی در روده و ↑ تخریب بافتی
و درعین حال فقدان گسترش سلول‌های سرطانی

حذف پردهٔ میانی انگشتان در دوران جنینی برخی از پرندگان:



« هر دو پردهٔ دانه خوار »

طرح ساده‌ای از تقسیم میوز



طرح ساده‌ای از چهارتایه (تتراد)

قرارگیری کروموزوم‌های همتا از طول.

* در هر سلول زوج n که امکان میوز دارد ← n تا تتراد تشکیل می‌شود

* زمان تشکیل تتراد ← پروفاز I

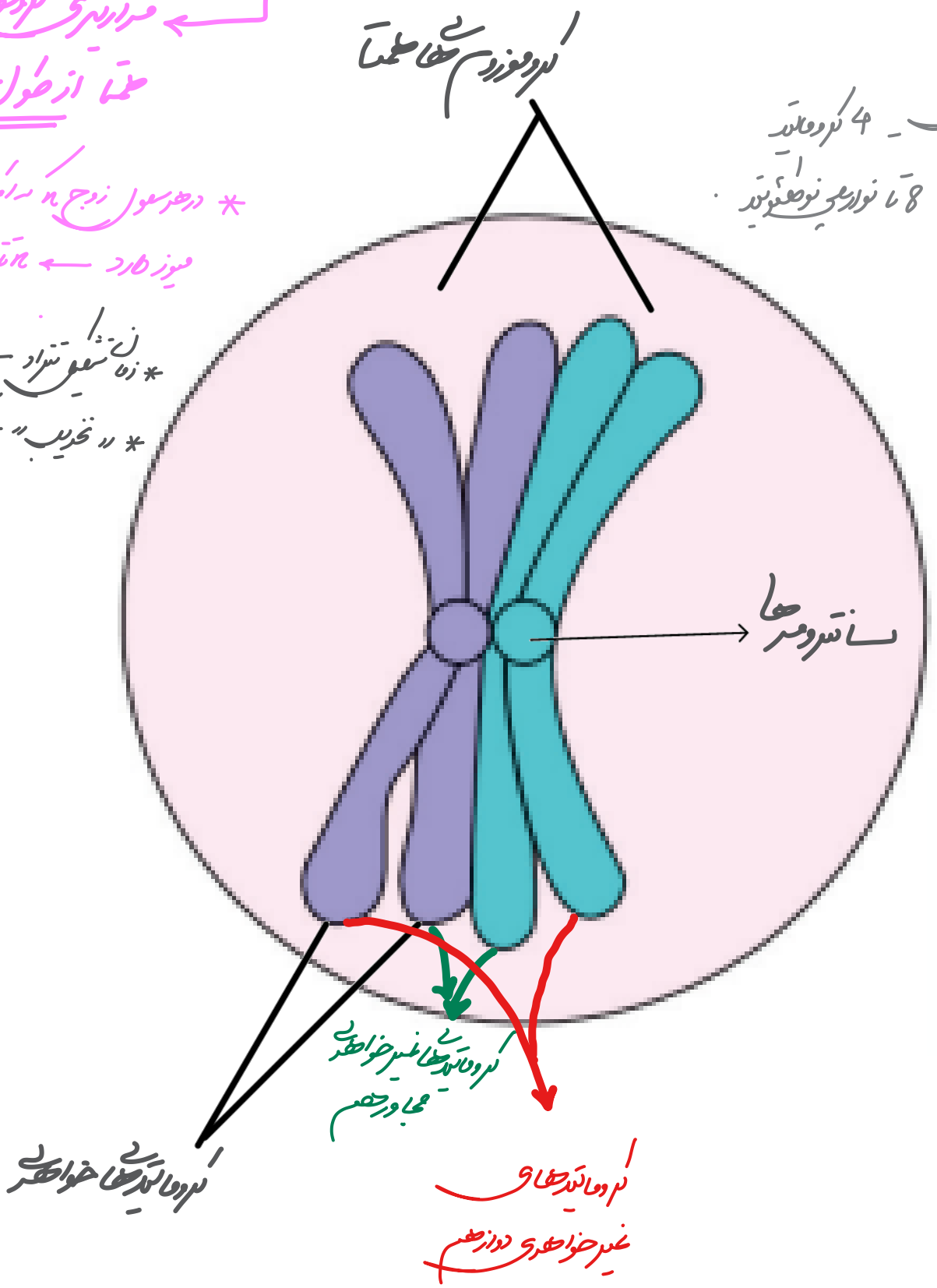
* " تخریب " ← آنافاز I

تتراد شامل:

2 کروموزوم مضاعف - 4 کروماتید

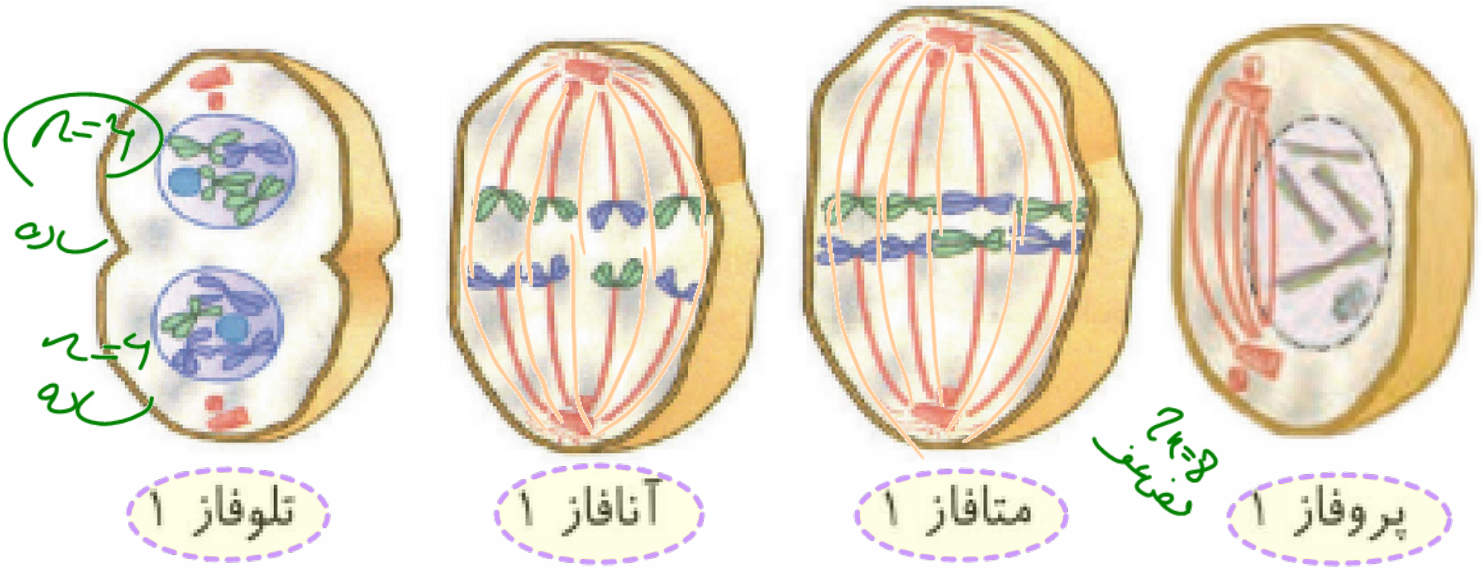
4 تا DNA - 8 تا نوار پلی نوکلئوتید.

2 سانترومر

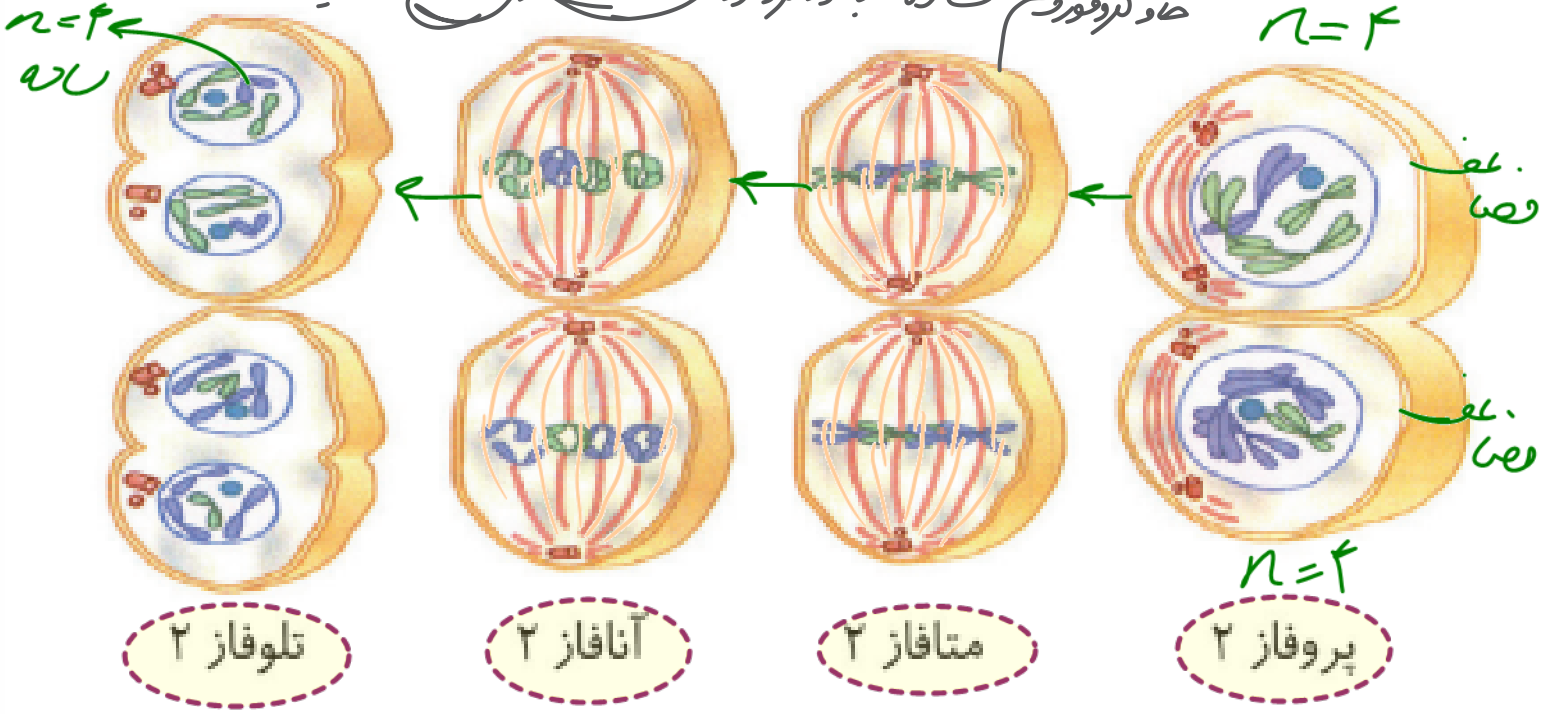


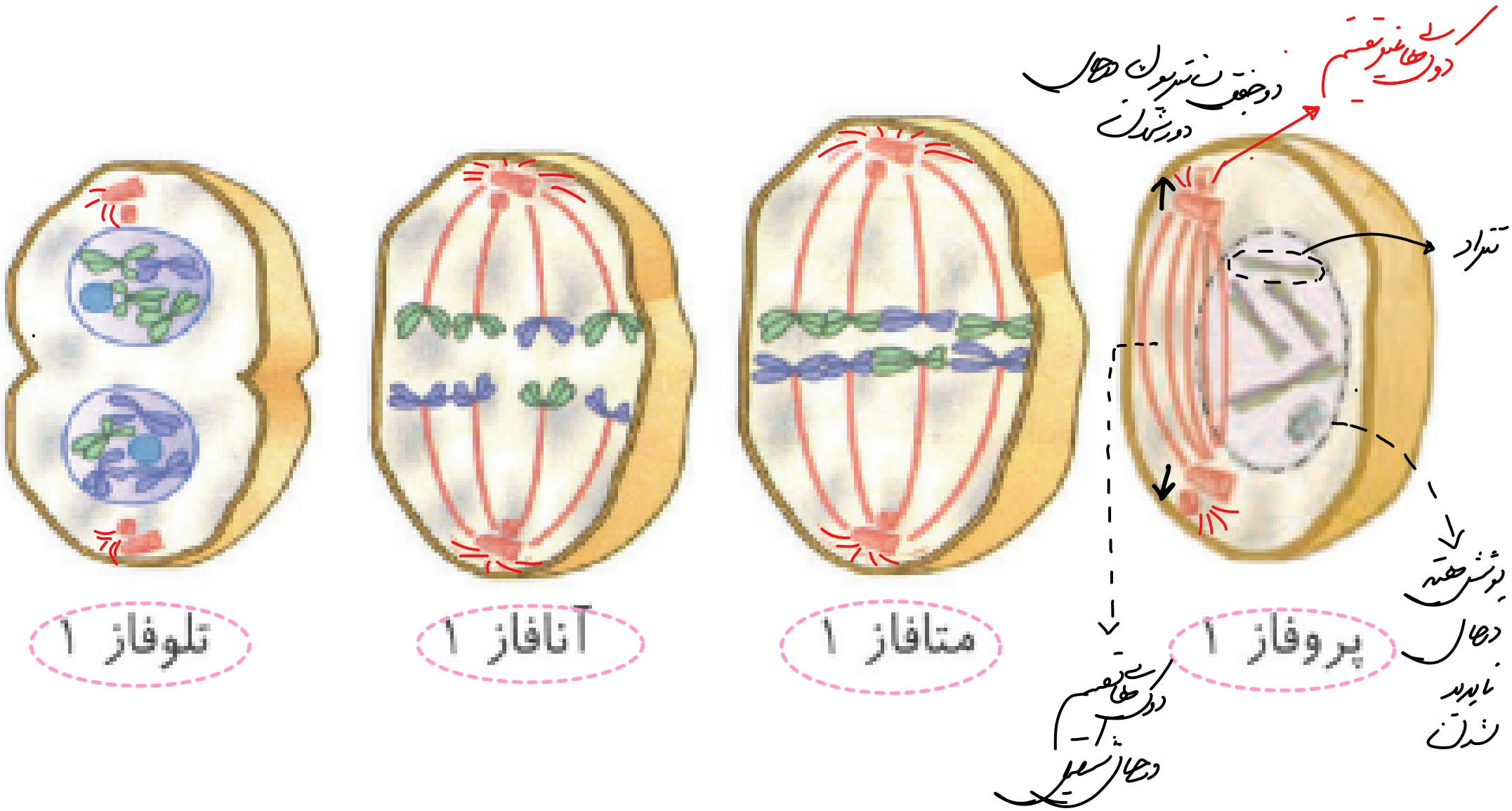
طرح ساده‌ای از مراحل تقسیم میوز

* ۴ مرحلهٔ میوز I : توسط 1 سلول طی شود و حاصل آن 1 سلول دوهسته‌ای که هر هسته دارای کروموزوم‌های مضاعف با عدد کروموزومی نصف سلول اولیه است.

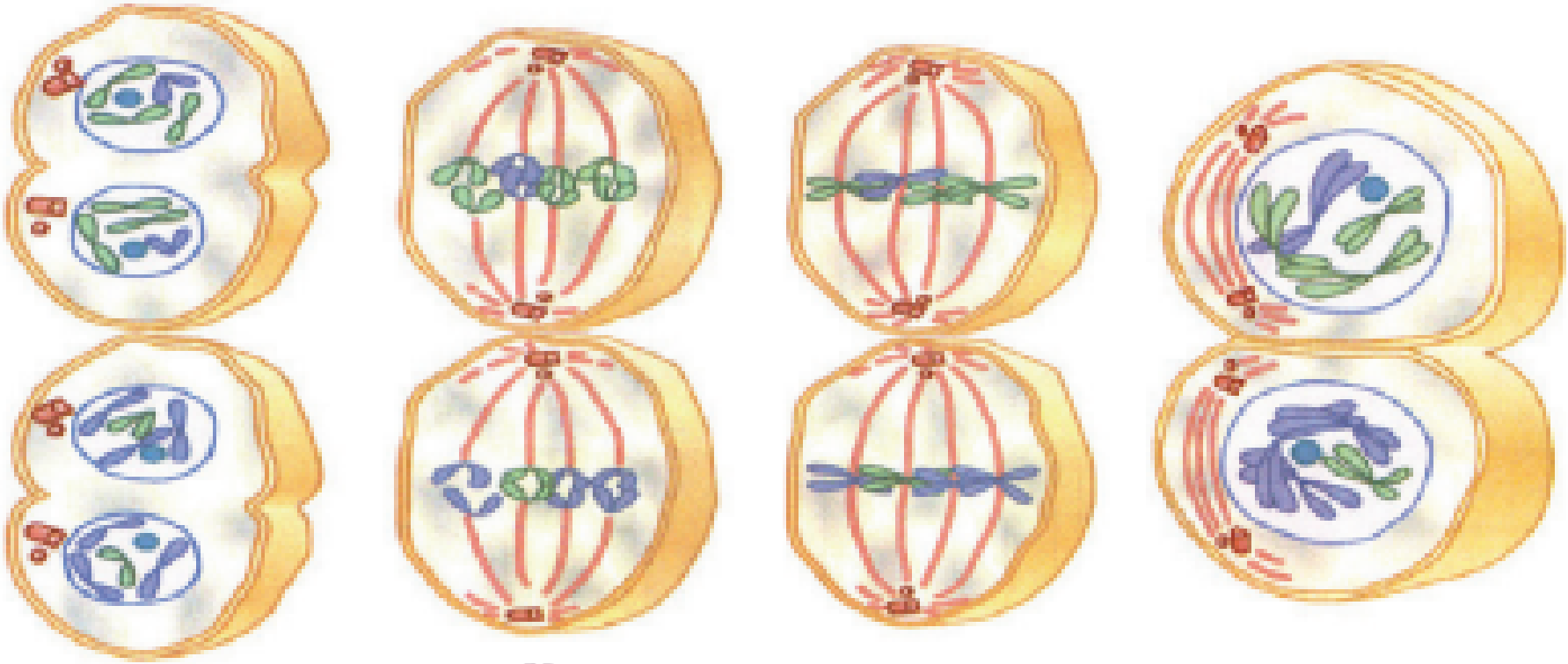


۴ مرحلهٔ میوز II : توسط 2 سلول حاصل از میوز I طی می‌شود و نتیجهٔ آن دو سلول دوهسته‌ای که هر هسته حاوی کروموزوم ساده با عدد کروموزومی مشابه سلول شروع کنندهٔ میوز II است.

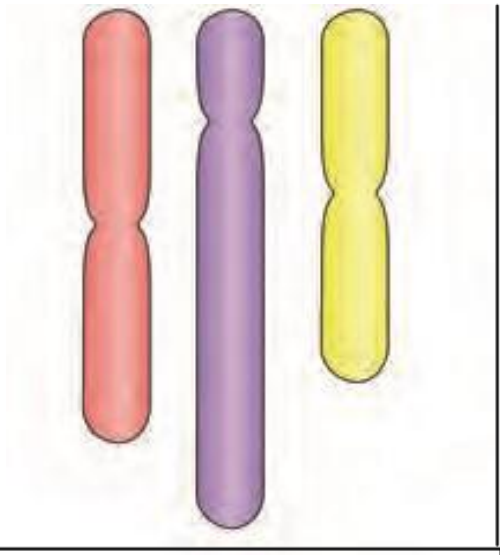


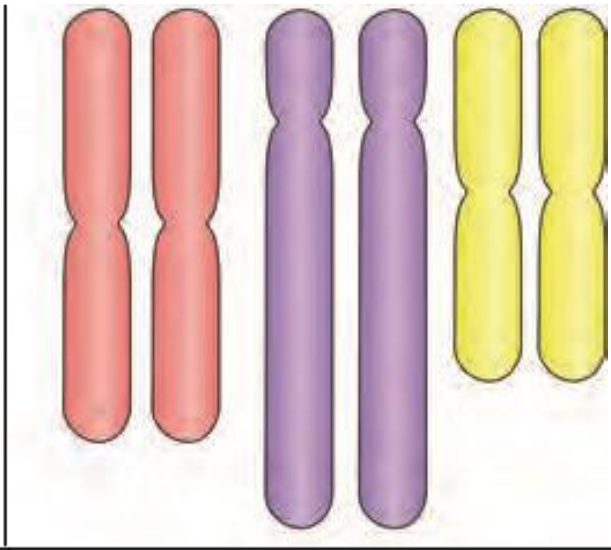


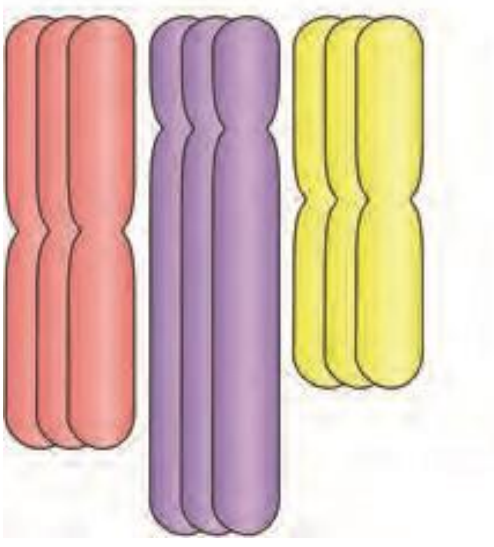
دوک‌های غیرتقسیم
دو جفت سانتریون در حال دور شدن
تتراد
پوشش هسته در حال ناپدید شدن
دوک‌های تقسیم در حال تشکیل
پروفاز ۱
متافاز ۱
آنافاز ۱
تلوفاز ۱

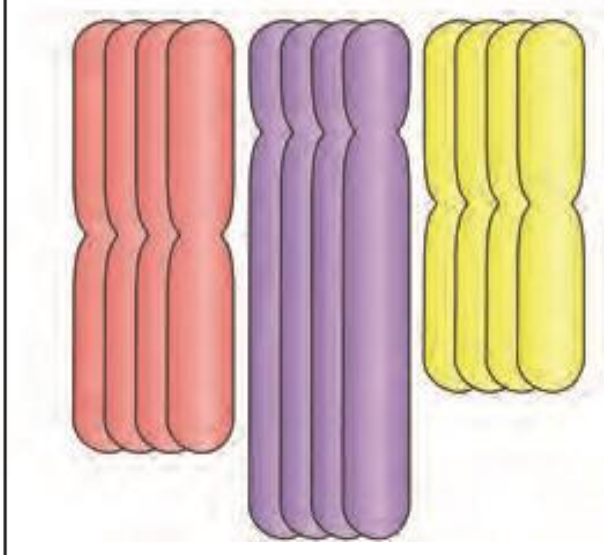

پروفاز ۲
متافاز ۲
آنافاز ۲
تلوفاز ۲

طرح ساده‌ای از تعداد کروموزوم‌ها









کاریوتیپ یک دختر مبتلا به سندرم داون

