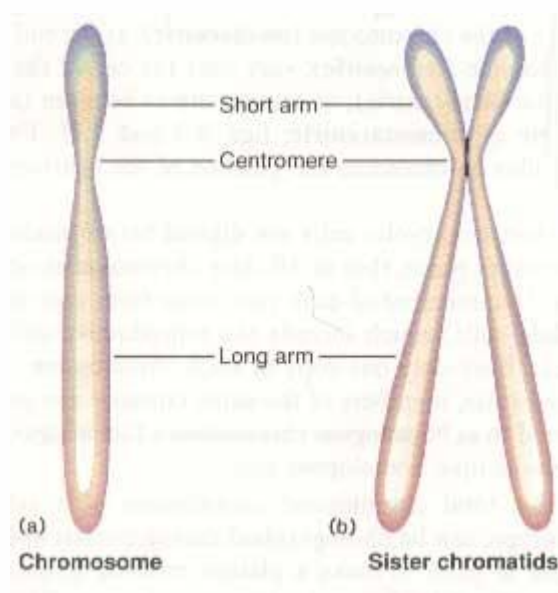


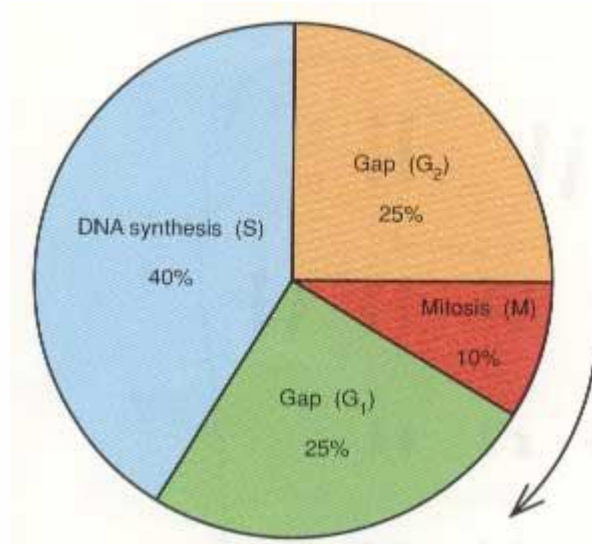
## میتوز

مشکلی را که توسط میتوز باید حل شود در نظر بگیرید. کروماتیدهای مشابه ( کروماتیدهای خواهری ) که حاصل مضاعف شدن کروموزوم هستند باید به طریقی از هم جدا شوند که هر یک به یک سلول دخترى متفاوت از دیگری وارد شود. یعنی هر سلول دختر باید یکی از دو کروماتید خواهری همه کروموزوم های سلول مادر را دریافت کند. ( شکل 1 )



این کروماتیدها نشاندهنده وقوع همانند سازی کروموزوم هستند که در فاز S چرخه زندگی سلول رخ می دهد. کروماتیدهای هر کروموزوم در محل *centromere* به یکدیگر متصل شده اند و هنگامیکه از یکدیگر جدا شوند، هر یک از آنها یک کروموزوم نامیده خواهد شد. این جدایی باید برای هر کروموزوم اتفاق بیفتد. بنابراین هر سلول دختر

پس از تقسیم دارای همان محتوای ژنتیکی سلول مادر خواهد بود. در واقع میتوز، فرایند زیبا و استادانه طبیعت برای رسیدن به این هدف می باشد. میتوز فرایندی پیوسته است. ولی برای توضیح بهتر آن، آنرا به چهار مرحله تقسیم کرده اند که عبارتند از : *prophase, metaphase, anaphase, telophese*. همانند سازی ( مضاعف سازی ) محتوای ژنتیکی سلول در فاز S چرخه سلول رخ می دهد (شکل 2)



( زیر نویس : چرخه سلول در *Vicia faba*. زمان کل چرخه کمتر از 20 ساعت است. محتوای DNA سلول در

مرحله S دو برابر می شود و با میتوز دوباره به مقدار اولیه خود می رسد ) زمان لازم برای طی یک چرخه سلول، از یک گونه به گونه دیگر و یا از یک اندام به اندام دیگر در یک گونه و حتی از یک سلول به سلول دیگر در یک نوع سلول مشخص، متفاوت می باشد.

بطور کلی، هر چند یک سلول معمولاً وقتی حجمش دو برابر شده باشد تقسیم می شود ولی به نظر می رسد در

کنترل تقسیم سلول بسیاری ژنها دخالت دارند و این در بین بسیاری از موجودات زنده متفاوت می باشد.

یک فرایند معمول کنترل ژنتیکی چرخ سلول در یوکاریوتها کشف شده است. ظاهراً تقسیم سلول تحت

کنترل کلی دو نوع پروتئین است. یکی از ایندو که طی چرخه سلول ثابت می ماند  $cdc_2$  نامیده می شود که این نام

مخفف عبارت ( $cell - division \ cycle \ protein\ number\ 2$ ) می باشد. پروتئین دیگر که در طی چرخه سلول

مقدارش نوسان می کند،  $cyclin$  نامیده می شود. نوسان در مقدار  $cyclin$  از تجزیه آن در بخشی از چرخه سلول

ناشی می شود. وقتی این دو پروتئین ترکیب می شوند و تغییراتی در آنها ایجاد می شود، تقسیم سلول آغاز می شود.

پروتئین  $cdc_2$  در واقع نوعی کینازات، آنزیمی که یک گروه فسفات را از  $ATP$  به پروتئین دیگری منتقل می کند. یک

روش معمول برای کنترل فعالیت آنزیمی در سلول، کنترل میزان فسفریلاسیون آنزیمی است. بنابراین اینکه یک کیناز

در تنظیم چرخ سلول شرکت می کند امری غیر عادی نیست.

## پروفاز:

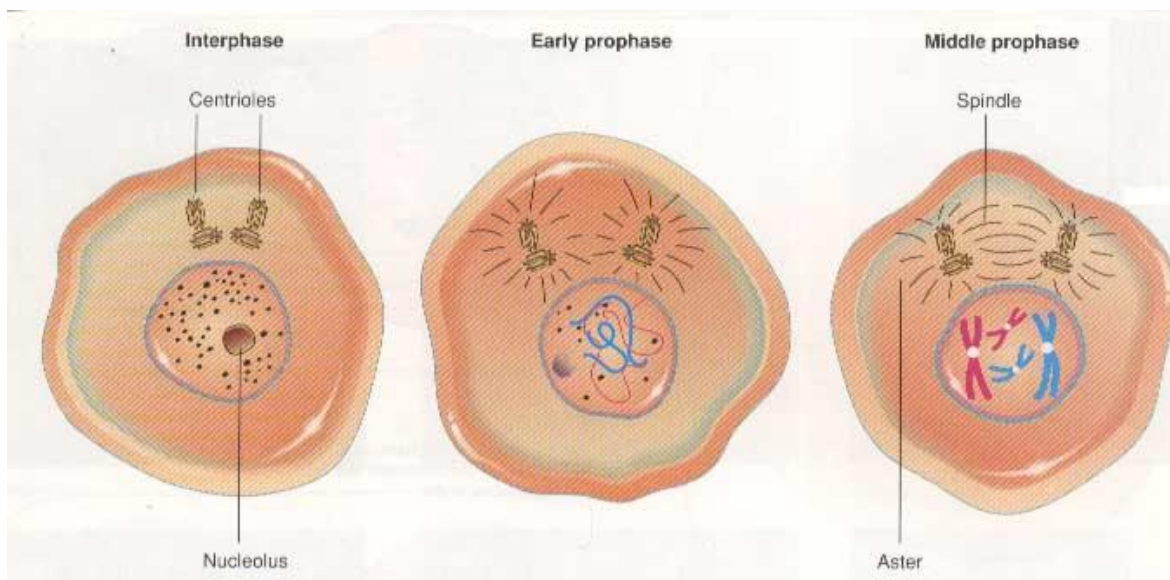
ویژگی شاخص این مرحله از میتوز، کوتاه و ضخیم شدن کروموزومها است بنحویکه هر یک از کروموزومها قابل

رویت می شوند و می توان کروموزومهای مختلف را از هم تشخیص داد. ( جزئیات ساختار مولکولی کروموزومهای

یوکاریوتی و فرایند  $coiling$  و کوتاه شدن کروموزومها پیشتر توضیح داده شده. )

در مرحله پروفاز، غشای هسته تجزیه می شود، هستک ( $nucleolus$ ) ناپدید می شود،  $centriole$ ها ( اگر

موجود باشند ) همانند سازی کرده و به دو قطب سلول مهاجرت می کنند و دوک تقسیم شکل می گیرد. ( شکل 3 )



(مراحل اینترفاز و پروفاز در میتوز. در این سلول  $2n=4$  است و سلول شامل یک جفت کروموزوم *metacentric* بلند و یک جفت

کروموزوم *metacentric* کوتاه می باشد. کروموزومهای مادری (*Maternal*) به رنگ قرمز و کروموزومهای پدری (*paternal*) به رنگ آبی

نشان داده شده اند.)

هستک یک بخش تیره رنگ در هسته می باشد و در ساخته شدن ریبوزومها شرکت می کند. هستک در اطراف

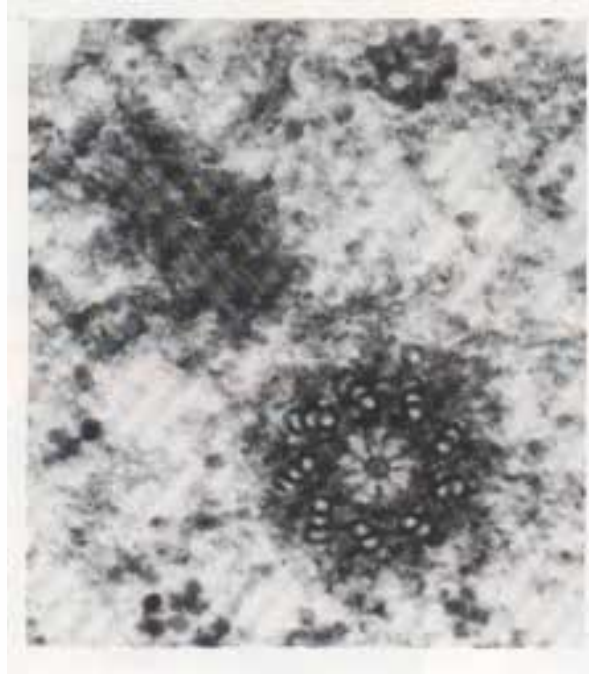
یک *nucleolar organizer* وجود دارد که هر یک روی یکی از کروموزومهای یک جفت کروموزوم همتا قرار دارد.

هستکها پس از میتوز دوباره تشکیل می شوند.

سانتریولها اندامکهای استوانه ای شکل هستند که تقریباً در همه موجودات زنده به جز گیاهان عالی وجود

دارند. ( شکل 4 )

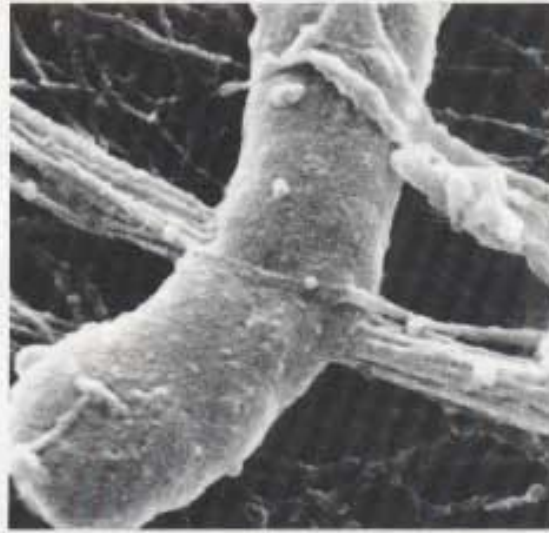




(سانتریول با بزرگنمایی 111800)

سانتریولها دوک تقسیم را سازماندهی می کنند که مجموعه ای از میکروتوبول هاست. که به ناحیه *kinetochore* در کروموزومها متصل شده اند و کروموزومها را به سمت قطبهای دوک می کشند. میکروتوبول ها استوانه های توخالی هستند که از پروتئینی به نام *tubulin* ساخته شده اند. در طی پروفاز، هر کروموزوم به صورت دو کروماتید مشابه به هم چسبیده (کروماتید های خواهری) مشاهده می شود. رشته های دوک که از طریق ناحیه *kinetochore* (دو شی دایره مانند در هر سانترومر) به کروموزومها متصل شده اند با میکروسکوپ الکترونی قابل رویت می باشند. (شکل 5)





(تصویر حاصل از مشاهده ناحیه سانترومری یک کروموزوم گیاه *Haemanthus katherinae* در مرحله پروفاز با SEM. دسته هایی

از رشته های دوک تقسیم در هر دو طرف سانترومر و در جهات مخالف قرار گرفته اند. یک رشته که به *kinetochore* اتصال نیافته است در

مرکز شکل دیده می شود. قطر رشته های دوک 60 تا 70 نانومتر می باشد.)

*kinetochore* ها در جهات مخالف هم و در سانترومر قرار می گیرند و هر کدام از آنها به یک کروماتید

خواهری مربوط می باشد. این ساختار باعث می شود تا دو کروماتید هر کروموزوم در مراحل بعدی میتوز از یکدیگر

جدا شوند. تعداد رشته های دوک که به *kinetochore* متصل هستند در بین گونه های مختلف متفاوت است. این

تعداد در سلولهای جنین موش از 4 تا 7 است، در حالیکه در گیاه *Haemanthus* این تعداد بین 70 و 150 می باشد.

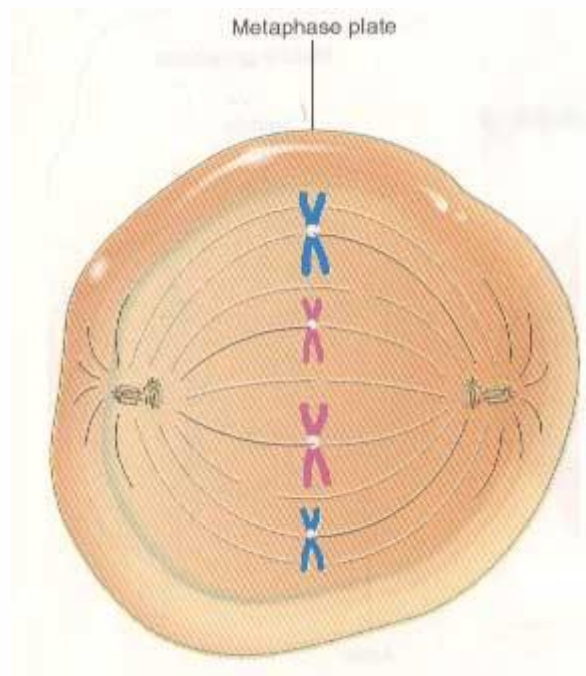
### متافاز:

با اتصال رشته های دوک به کروموزومها و تکمیل دوک تقسیم، کروموزومها به سمت سطح استوایی دوک که

*metaphaseplate* نامیده می شود حرکت می کنند. قرار گیری کروموزومها در این ناحیه نشانه اتمام مرحله متافاز

است. (شکل 6)



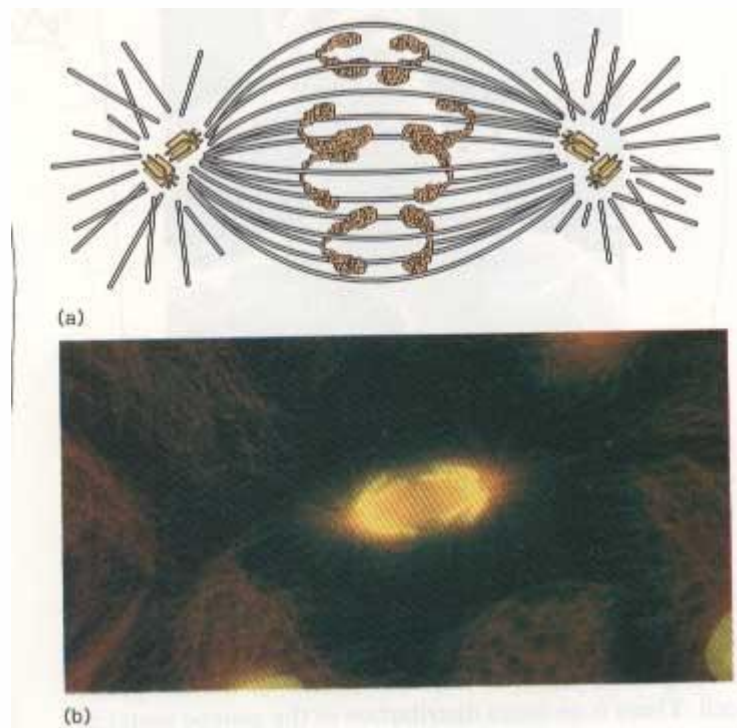


(متافاز میتوز، برای این سلول  $2n = 4$  است. کروموزومهای مادری به رنگ قرمز و کروموزومهای پدری به رنگ آبی دیده می شوند.)

### آنافاز:

این مرحله با جدا شدن کروماتیدهای خواهری از یکدیگری آغاز می شود. ( شکل 7)





(a) دوک میتوزی در مرحله آنافاز.  $2n = 4$  می باشد. تصویر حاصل از مشاهده یک سلول کشت یافته در مرحله آنافاز.

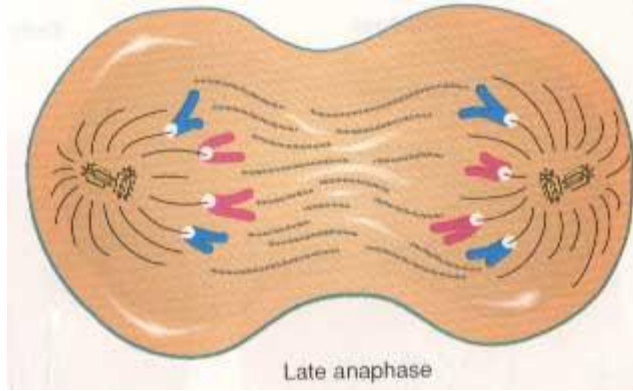
میکروتوبولها به رنگ قرمز و کروموزومها (DNA) به رنگ زرد رنگ آمیزی شده اند.

با کشیده شدن کروماتیدهای خواهری به سمت قطبهای مخالف سلول، همه کروماتیدهای سلول تقریباً بطور همزمان از یکدیگر جدا می شوند. کشیده شدن کروماتیدها با سرعت ثابتی انجام می شود و مشاهده می شود که کروموزومها از سانترومر خود توسط رشته های دوک کشیده می شوند. بنابراین کروموزومهای *Metacentric* به شکل *V* کروموزومهای *subtelocentric* به شکل *J* و کروموزومهای *telocentric* به شکل میله در می آیند.

تلفاز:

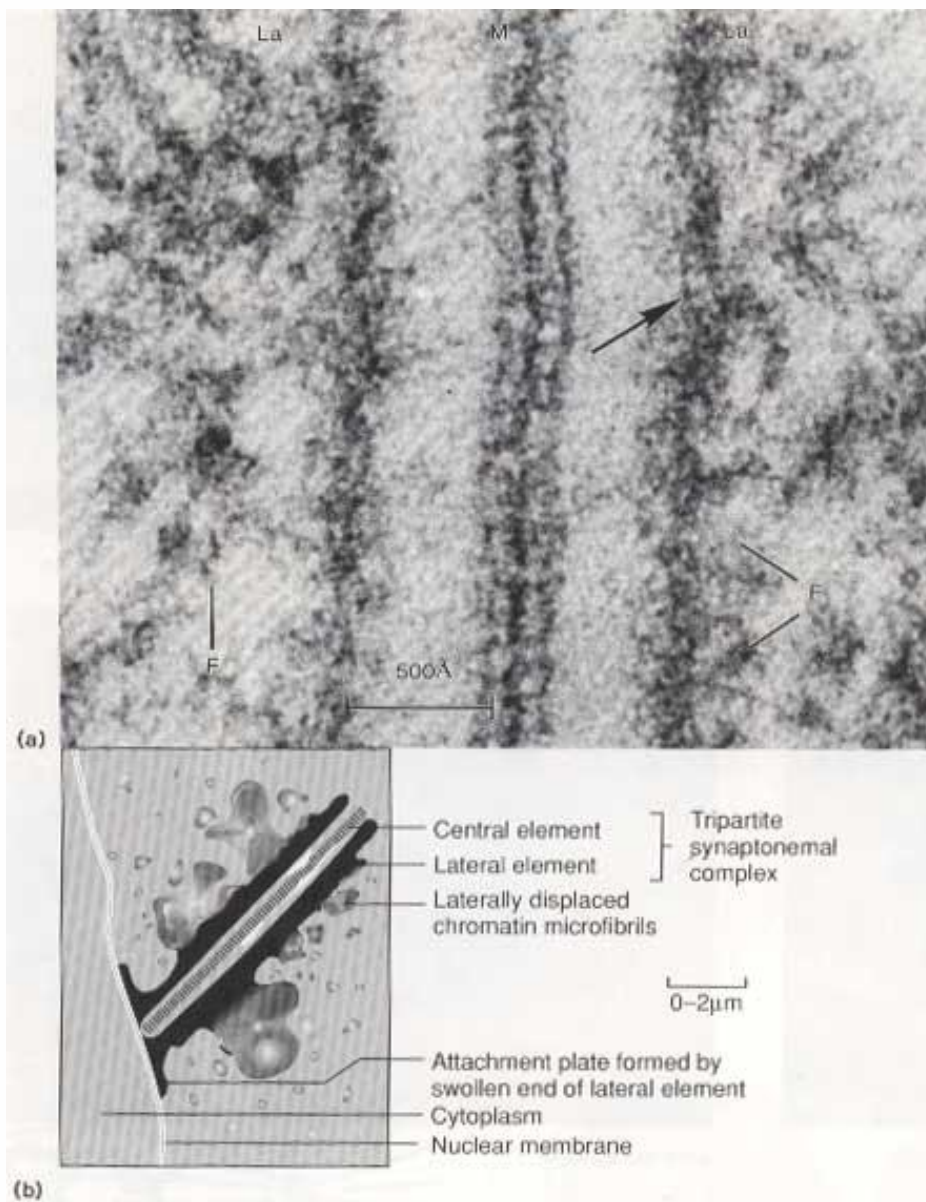
در انتهای آنافاز ( شکل 8 )





(انتهای آنافاز میتوز  $2n = 4$  است. تقسیم هسته رخ داده ولی تقسیم سیتوپلاسم انجام نشده است کروموزومهای مادری قرمز و کروموزومهای پدری آبی نمایش داده شده اند). کروماتیدهای خواهری جدا شده (که حالا هر کدام از آنها یک کروموزوم نامیده می شود) به سمت دو قطب سلول کشیده شده اند. حال سلول فرایندهایی را که در پروفاز اتفاق افتاده بود به ترتیب عکس انجام می دهد تا دوباره به حالت فعال خود (اینترفاز) بازگردد. (شکل 9)





(تولفاز و اینترفاز  $2n = 4$  کروموزومهای مادری به رنگ قرمز و کروموزومهای پدری به رنگ آبی نمایش داده شده اند)

کروموزومها باز می شوند و پیچ خوردگی های  $DNA$  از بین می رود و  $DNA$  فعالیت های فیزیولوژیکی خود را

( هدایت سنتز پروتئین ها، همانند سازی و ... ) از سر می گیرد. پوشش هسته در اطراف هر یک از مجموعه های

کروموزومی تشکیل می شود و بدین ترتیب دو هسته جدید شکل می گیرد. هستک ها ظاهر می شوند و سیتوکینز

انجام می شود. اکنون سلول به مرحله  $G_1$  چرخه سلول وارد شده است. ( شکل 2 ) ( شکل 10 )



(سلول نوک ریشه پیاز در مراحل مختلف میتوز. قطر متوسط سلول  $50 \mu m$  می باشد.)

## اهمیت میتوز :

حاصل میتوز و سیتوکینز دو سلول دختر می باشد که هر یک دارای ماده ژنتیکی مشابه با سلول والد آنها می

باشد. توزیع دقیقی از ماده ژنتیکی به شکل کروموزومی بین دو سلول دختر وجود دارد.



[Olympiad.roshd.ir](http://Olympiad.roshd.ir)