****

**عنوان:**

**مراحل تقسیم میتوز**

**نام و نام خانوادگی:**

فهرست مطالب

[مقدمه 1](#_Toc446618133)

[پروفاز 1](#_Toc446618134)

[متافاز 3](#_Toc446618135)

[آنافاز 4](#_Toc446618136)

[تلوفاز 5](#_Toc446618137)

[نگاه اجمالی 5](#_Toc446618138)

[چرخه سلولی 6](#_Toc446618139)

[اینترفاز 6](#_Toc446618140)

[تقسیم یاخته‌ای 7](#_Toc446618141)

[عوامل موثر در میتوز 7](#_Toc446618142)

[سانتریولها 7](#_Toc446618143)

[کروماتین 8](#_Toc446618144)

[کروموزوم 8](#_Toc446618145)

[مراحل میتوز 8](#_Toc446618146)

[پروفاز 8](#_Toc446618147)

[متافاز 9](#_Toc446618148)

[آنافاز 10](#_Toc446618149)

[تلوفاز 10](#_Toc446618150)

[تقسیم سیتوپلاسم 11](#_Toc446618151)

# مقدمه

مرحله میتوز تقسیم یاخته‌ای نسبت به جنبه‌های دیگر چرخه یاخته‌ای یوکاریوتها توجه بیشتری را به خود جلب کرده است. بر اساس سنتی که وجود دارد [میتوز](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%85%DB%8C%D8%AA%D9%88%D8%B2) را به چهار مرحله پروفاز، متافاز، آنافاز و تلوفاز تقسیم می‌کنند. این گونه تقسیم بندی آسان به نظر می‌رسد، اما روند تقسیم حقیقتا پیوسته است و مراحل تقسیم به آرامی از یک مرحله به مرحله دیگر وارد می‌شود.

# پروفاز

اولین مرحله تقسیم یاخته‌ای که با متراکم شدن [کروموزومها](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%A9%D8%B1%D9%88%D9%85%D9%88%D8%B2%D9%88%D9%85) (که آغاز آن از مرحله است) آغاز می‌شود و شاید طولانی‌ترین مرحله بوده و چند ساعت طول می‌کشد، پروفاز نام دارد. متراکم شدن کروموزومها در طی مرحله پروفاز ادامه می‌یابد. بنابراین کروموزومهایی که در آغاز پروفاز به صورت رشته‌ای ظریف بودند، در آخر این مرحله کاملا حجیم می‌شوند. هنگامی که بخشی از کروموزوم که حاوی ژنهای RNA ریبوزومی است، متراکم می‌شود، سنتز RNA ریبوزومی کاهش می‌یابد و در نتیجه [هستک](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%87%D8%B3%D8%AA%D9%87+%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84) که قبلا مشخص شود، ناپدید می‌گردد.

|  |
| --- |
| تصویر |

در حین متراکم شدن کروموزومها یک سری رویدادهای مهم دیگر رخ می‌دهد. هستک ناپدید شده و دستگاه ریزلوله‌ای، جهت جدا کردن کروموزومهای دختر تشکیل می‌گردد. در اوایل مرحله پروفاز دو جفت [سانتریول](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%A7%D8%B3%DA%A9%D9%84%D8%AA+%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84%DB%8C) از یکدیگر دور می‌شوند و بین آنها محوری از [ریزلوله‌ها](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%A7%D8%B3%DA%A9%D9%84%D8%AA+%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84%DB%8C) تشکیل می‌گردد که **رشته‌های دوک** نامیده می‌شوند. سانتریولها از هم دور می‌شوند تا در دو قطب مخالف روبروی هم قرار گیرند و پلی از ریزلوله‌ها بین آنها بوجود می‌آید. در [یاخته‌های گیاهی](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84+%DA%AF%DB%8C%D8%A7%D9%87%DB%8C) چنین پلی متشکل از رشته‌های دوک بین قطبهای مخالف یاخته تشکیل می‌گردد، اما در این حالت مرکز سازمان دهنده ریزلوله‌ها با [میکروسکوپ نوری](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%85%DB%8C%DA%A9%D8%B1%D9%88%D8%B3%DA%A9%D9%88%D9%BE+%D9%86%D9%88%D8%B1%DB%8C) دیده نمی‌شود.

هنگام تشکیل دستگاه دوک، غشای هسته خرد می‌شود و مواد آن بوسیله [شبکه آندوپلاسمی](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B4%D8%A8%DA%A9%D9%87+%D8%A2%D9%86%D8%AF%D9%88%D9%BE%D9%84%D8%A7%D8%B3%D9%85%DB%8C) جذب می‌گردد. بنابراین دوک ریزلوله‌ای از یک قطب به قطب دیگر کشیده می‌شود. موقعیت دوک صفحه تقسیم را مشخص می‌کند که از مرکز هسته می‌گذرد و عمود بر دوک است. هنگامی که سانتریولهای [یاخته‌های جانوری](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84+%D8%A7%D9%86%D8%B3%D8%A7%D9%86%DB%8C) در حال تقسیم، به قطبهای یاخته می‌رسند، در اطراف خود رشته‌هایی از ریزلوله‌ها را به صورت شعاعی بیرون می‌فرستند که همانند داربستی سانتریولها را در برابر غشای یاخته نگاه می‌دارند. این نوع آرایش ریزلوله‌ها را ستاره (آستر) می‌گویند.

یاخته‌های گیاهی که [دیواره سخت یاخته‌ای](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AF%DB%8C%D9%88%D8%A7%D8%B1%D9%87+%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84+%DA%AF%DB%8C%D8%A7%D9%87%DB%8C) دارند، فاقد سانتریول هستند. در حین ادامه پروفاز دومین گروه ریزلوله‌ای از هر سانترومر منفرد به قطبهای دوک کشیده می‌شوند. از هر کروموزوم دو ریزلوله خارج می‌شود که دو طرف سانترومر را به دو قطب دوک متصل می‌کنند. دو ریزلوله متصل به سانترومر به پیشروی خود ادامه می‌دهند تا هر دو با دو قطب یاخته تماس حاصل کنند. این امر سبب کشیدگی کرومزومها به خط میانی یاخته می‌شود. در مرحله پروفاز [ATP](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%A2%D8%AF%D9%86%D9%88%D8%B2%DB%8C%D9%86+%D8%AA%D8%B1%DB%8C+%D9%81%D8%B3%D9%81%D8%A7%D8%AA) به مقدار فراوان مصرف می‌شود. اگر فهالیت تنفسی یاخته در ابتدای این مرحله متوقف گردد، [میتوز](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%85%DB%8C%D8%AA%D9%88%D8%B2) هم متوقف خواهد شد. در اواخر این مرحله، اگرچه یاخته مقدار زیادی ATP ذخیره می‌کند، با این وجود کاهش فعالیت تنفسی هیچ اثری بر میتوز ندارد.

|  |
| --- |
| تصویر |

# متافاز

دومین مرحله میتوز، یعنی متافاز، هنگامی آغاز می‌شود که کروماتیدهای جفت در مرکز یاخته در یک سطح قرار بگیرند. در این مرحله کروموزومها به آسانی قابل شمارش هستند. ریزلوله‌ها که به دو طرف قطب کشیده شده‌اند، آشکارا قابل مشاهده‌اند. کروموزومها هم موازی یکدیگر نیستند، بلکه بازوی بلند آنها در هر جهتی قرار می‌گیرد. سانترومرها به یک فاصله از دو قطب در یک سطح قرار می‌گیرند.

در [تقسیم میتوز](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%85%DB%8C%D8%AA%D9%88%D8%B2) کروموزومها، سانترومرهای خود را بطور غیر فعال دنبال می‌کنند. هر سانترومر دو طرف دارد و یک ریزلوله سانترومری به هر طرف آن متصل شده و به قطبهای مخالف کشیده می‌شود. این نظم و ترتیب برای روند میتوز کاملا مهم است. هر اشتباهی در استقرار این ریزلوله‌ها خطرناک است. به عنوان مثال، اتصال دو ریزلوله سانترومری به همان قطب سبب جدا نشدن کروماتیدهای خواهر و در نتیجه باقی ماندن آنها در همان یاخته دختر می‌شود.
زیست شناسان برای متوقف کردن میتوز در مرحله متافاز، از ماده‌ای به نام **کلشی‌سین** استفاده می‌کنند تا ساختار ریختی و تعداد کروموزومها را مطالعه کنند. در بسیاری از گونه‌ها، اندازه کروموزومها متغیر است. کروموزومهای بزرگتر در بیرون و کروموزومهای کوچکتر در مرکز قرار می‌گیرند. در این مرحله کروموزومها ضخیم و کوتاه‌اند. کرومونما به حداکثر انقباض خود می‌رسد. در پایان مرحله متافاز، سانترومرها تقسیم می‌شوند. تقسیم سانترومر همه [کروموزومها](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%A9%D8%B1%D9%88%D9%85%D9%88%D8%B2%D9%88%D9%85) همزمان صورت می‌گیرد. شکل استوانه‌ای کروموزومهای متافاز نتیجه محکم کلاف شدن کرومونماست. کوتاه شدن کروموزومهای پروفازی و تبدیل آنها به کروموزومهای متافازی هنگام تقسیم 3 تا 6 برابر است.

# آنافاز

در بین مراحل میتوز، ATPی رانده شده در اثر تغییرات ساختاری پروتئینهای پل ریزلوله‌های جفت است. چون هر یک از ریزلوله‌های جفت از نظر فیزیکی، به قطبهای مخالف قلاب شده‌اند، سر خوردن هر یک از آنها روی دیگری سبب دور شدن قطبها از یکدیگر می‌شود.

1. سانترومرها به طرف قطبها حرکت می‌کنند. با جابجا شدن پیاپی اجزای [توبولین](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%A7%D8%B3%DA%A9%D9%84%D8%AA+%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84%DB%8C) از انتهاهای قطبی خود ریزلوله‌های سانترومری کوتاه می‌شوند. این روند کوتاه شدن، یک انقباض نیست، چون ریزلوله‌های سانترومری مرکز تنظیم کننده جابجا می‌شوند. هر قدر اجزا توبولین بیشتر جابجا شوند، بی نظمی پیشرفته ریزلوله حامل کروموزوم سبب کوتاهتر شدن آن می‌گردد و کروموزوم را به قطب یاخته نزدیکتر می‌کشاند. رشته‌های اکتین در دوک هم دیده می‌شوند.

|  |
| --- |
| تصویر |

# تلوفاز

جدا شدن کروماتیدها که در مرحله آنافاز صورت می‌گیرد، تقسیم صحیح ژنوم همانندسازی شده را که عنصر اصلی میتوز است، کامل می‌کند. با این تکمیل ایفای نقش *تلوفاز* که از بین بردن تشکیلات دوک و تشکیل دو هسته است، آغاز می‌شود. دستگاه دوک متلاشی می‌شود. ریزلوله‌ها نظم خود را از دست می‌دهند و به صورت مونرمرهای توبولین در می‌آیند و آماده استفاده مجدد در ساختار اسکلت یاخته‌ای جدید می‌شوند.

غشای هسته در اطراف هر گروه کروماتیدهای دختر شکل می‌گیرد. این کروماتیدها که هنوز به شکل کروموزوم‌اند، شروع به باز شدن می‌کنند و کاملا کشیده می‌شوند و به صورت [کروماتین](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%A9%D8%B1%D9%88%D9%85%D9%88%D8%B2%D9%88%D9%85) تجلی می‌یابند. یکی از ژنهایی که به سرعت ظاهر می‌شود، RNA ریبوزومی است که سبب ظهور مجدد هستک می‌گردد.

|  |
| --- |
| میتوز روشی برای تقسیم [هسته سلول](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%87%D8%B3%D8%AA%D9%87+%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84) است که شامل متراکم شدن کروموزومهای دو کروماتیدی، تفکیک کروماتیدهای خواهر هر [کروموزوم](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%A9%D8%B1%D9%88%D9%85%D9%88%D8%B2%D9%88%D9%85)، تقسیم کروموزومهای هر سلول به دو دسته یکسان، انتقال هر دسته کروموزوم به یک قطب سلول و در نهایت تشکیل دو هسته هم ارزش با یکدیگر و مشابه با هسته یاخته مادری است. |

# نگاه اجمالی

میتوز از پدیده‌های جالب و قابل مشاهده به کمک میکروسکوپهای نوری در سلولهای زنده است. میتوز پدیده‌ای ممتد است ولی به دلیل سهولت در مطالعه آن را در چند مرحله بررسی می‌کنند.توانایی تکثیر از ویژگی‌های اصلی سلولهای زنده است. با در نظر گرفتن این که پیکر یک انسان بالغ از حدود 1014 [سلول](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84+%D8%A7%D9%86%D8%B3%D8%A7%D9%86%DB%8C) تشکیل شده که همه از تقسیمات یک سلول تخم اولیه ایجاد شده‌اند، اهمیت تکثیر یاخته‌ای و فراوانی آن مشخص می‌شود. در یک انسان بالغ نیز که رشد پایان یافته است، تکثیر سلولی که لازمه آن تقسیم سلولی است، برای ترمیم سلولهای تحلیل رفته لازم است. به عنوان مثال عمر [گلبولهای قرمز خون](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%AF%D9%88%DB%8C%DA%86%D9%87%E2%80%8C%D9%87%D8%A7%DB%8C+%D9%82%D8%B1%D9%85%D8%B2+%D8%AE%D9%88%D9%86) 120 روز می‌باشد که باید پس از این مدت با گلبولهای قرمز جدید جایگزین شوند.

|  |
| --- |
| تصویر |

# چرخه سلولی

زمان و مجموعه تغییرات و تحولاتی را که از آغاز یک تقسیم سلولی تا رسیدن به شروع تقسیم متوالی بعدی در سلول اتفاق می‌افتد، *چرخه یاخته‌ای* یا چرخه سلولی می‌نامند. زمان این چرخه در سلول‌های مختلف و نسبت به سن و شرایط مختلف، متفاوت است؛ به عنوان مثال، در شرایط بهینه زیست در [باکتری](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%A8%D8%A7%DA%A9%D8%AA%D8%B1%DB%8C) هر 20 دقیقه یکبار تقسیم صورت می‌گیرد و در شرایط معمولی این زمان به 1 ساعت می‌رسد. در اغلب سلولهای بدن انسان زمان متوسط چرخه سلولی حدود 16 تا 24 تقسیم سلولی 1 تا 2 ساعت است. این چرخه سلولی شامل دو مرحله اصلی: 1ـ تقسیم (M) و 2ـ اینترفاز (مرحله استراحت) است.

# اینترفاز

در اینترفاز 3 مرحله وجود دارد. **مرحله S** یا سنتز (Synthesis) که در این مرحله [همانندسازی DNA](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%87%D9%85%D8%A7%D9%86%D9%86%D8%AF+%D8%B3%D8%A7%D8%B2%DB%8C+%DA%98%D9%86%D8%AA%DB%8C%DA%A9%DB%8C) انجام می‌شود و مقدار [DNA](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B3%D8%A7%D8%AE%D8%AA%D9%85%D8%A7%D9%86+DNA) سلول به 2 برابر افزایش می‌یابد. مرحله قبل از S را **مرحله پیش‌سنتز** یا G1 و مرحله پس از S را **مرحله پس‌سنتز** یا G2 نامند. در بعضی از سلولهای زنده مثل سلول تخم مرحله G1 وجود ندارد و در برخی دیگر مثل [نورونها](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84+%D8%B9%D8%B5%D8%A8%DB%8C) G1 بسیار طولانی است بطوری که گفته می‌شود سلول وارد مرحله G0 شده است که در این G0 سلول تمایز می‌یابد و دیگر به چرخه سلولی برنمی‌گردد و سرنوشت سلول پس از تمایز مرگ خواهد ‌بود.

# تقسیم یاخته‌ای

در یوکاریوتها برای تقسیم یاخته‌ای دو فرایند اساسی را که اغلب وابسته بهم هستند، در نظر می‌گیرند: یکی تقسیم هسته که می‌تواند به روش میتوز یا میوز باشد و دیگری[تقسیم سیتوپلاسم](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B3%DB%8C%D8%AA%D9%88%D9%BE%D9%84%D8%A7%D8%B3%D9%85) که آن را **سیتوکینز** می‌نامند. گرچه در اغلب موارد به دنبال تقسیم هسته، سیتوپلاسم نیز تقسیم می‌شود و در نتیجه دو سلول جدید از تقسیم سلول اولیه حاصل می‌شود، اما این وضع حالت همیشگی نیست و در موارد زیادی به دنبال تقسیم هسته، الزاما سیتوپلاسم تقسیم نمی‌شود. به‌ عنوان مثال، این حالت در سلولهای عضلانی مخطط انسان دیده می‌شود (حالت سنوسیتی) یعنی سلولهایی با بیش از یک هسته.

# عوامل موثر در میتوز

|  |
| --- |
| تصویر |

# سانتریولها

سانتریولها اجزای سلولی لوله‌مانندی هستند که در تمام سلولهای جانوری و در گیاهان ابتدایی و عده زیادی از [جلبکها](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AC%D9%84%D8%A8%DA%A9) به جز جلبک قرمز وجود دارند. این اجزای سلول در گیاهان عالی وجود ندارند. یکی از نقشهای سانتریولها دخالت در تقسیم میتوز به هنگام تشکیل دوک میتوزی است. البته تمام سلولهایی که دوک میتوزی تشکیل می‌دهند الزاما سانتریول ندارند، مثل گیاهان عالی. به هر جفت سانتریول عمود بر هم به همراه ماده پیرامونی متصل به آن، **سانتروزوم** می‌گویند.

# کروماتین

ترکیب اصلی [هسته](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%87%D8%B3%D8%AA%D9%87+%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84)، [کروماتین](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%A9%D8%B1%D9%88%D9%85%D9%88%D8%B2%D9%88%D9%85) است که همان کروموزوم اینترفازی است. شبکه کروماتین از درهم رفتن رشته‌های کروماتینی تشکیل شده و این رشته‌ها در حقیقت حالت بسیار کم ‌تراکم شده‌ای از کروموزومها هستند. در کروماتین مجموعه مولکولی پیچیده از DNA، پروتئینهای وابسته به آن و نیز مقداری از [RNAها](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B3%D8%A7%D8%AE%D8%AA%D9%85%D8%A7%D9%86+RNA) وجود دارند.

# کروموزوم

یک کروموزوم از همانندسازی و نیز به هم پیچیدگی و تابیدگی هر رشته کروماتین مرحله انترفازی در سلول‌های یوکاریوتی تا رسیدن به ضخامت 1000 تا 1400نانومتر ایجاد می‌شود. هر کروموزوم متافازی شامل دو کروماتید است. هر کروماتید بخشی از کروموزوم است که نیمی از سراسر طول کروموزوم را تشکیل می‌دهد. این دو کروماتید از ناحیه [سانترومر](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%A9%D8%B1%D9%88%D9%85%D9%88%D8%B2%D9%88%D9%85) بهم وصلند. طرفین سانترومر کروموزوم را دو بخش پروتئینی پیله‌مانند و متراکم به اسم [کینه توکور](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%A9%D8%B1%D9%88%D9%85%D9%88%D8%B2%D9%88%D9%85) می‌پوشاند که این کینه توکورها از مراکز سازمان‌دهی رشته‌های دوک میتوزی هستند.

# مراحل میتوز

# پروفاز

طولانی‌ترین مرحله تقسیم میتوزی است که با تحول عمده‌ای در [سیتوپلاسم](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B3%DB%8C%D8%AA%D9%88%D9%BE%D9%84%D8%A7%D8%B3%D9%85) و هسته همراه است. در شروع پروفاز هسته تقریبا موقعیت مرکزی پیدا می‌کند (در وسط سلول قرار می‌گیرد) و دیوارهای آن قابل مشاهده است. در سیتوپلاسم دو دیپلوزوم مشاهده می‌شود که هر دیپلوزوم از دو سانتریول که به صورت تقریبا عمود برهم قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. دو دیپلوزوم از هم فاصله می‌گیرند و بین این دو دوک میتوزی تشکیل می‌گردد. در داخل هسته نیز کروموزوم‌ها تدریجا متراکم شده و وقتی این تراکم شدید شد، پوشش هسته از بین می‌رود. از اواسط پروفاز پوشش هسته قطعه‌قطعه می‌شود و در پایان پروفاز تنها قطعات کوچکی از آن در سیتوپلاسم قابل تشخیص است. شیره هسته نیز با سیتوزول آمیخته می‌شود.

در پروفاز به دلیل تراکم شدید کروماتین، رونویسی RNAها به‌تدریج کاهش می‌یابد؛ RNAهای ریبوزومی رونویسی نمی‌شوند و این وضع موجب تحلیل رفتن و سپس ناپدید شدن [هستکها](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%87%D8%B3%D8%AA%D9%87+%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84) می‌شود. خرد شدن پوشش هسته‌ای به ریز لوله‌های دوک امکان می‌دهد فضایی را که قبلا بوسیله شیره هسته اشغال شده بود، در اختیار بگیرند و به این ترتیب مرحله جدیدی آغاز می‌شود که آن را پیش متافاز نامند. این مرحله گذرا با جابجایی ابتدا نوسان‌دار و سپس جهت‌دار کروموزوم‌ها همراه است که موجب می‌شود کروموزوم‌ها در سطح میانی سلول قرار گیرند.

# متافاز

در این مرحله دو دیپلوزوم در دو قطب سلول مقابل هم قرار گرفته‌اند. اطراف هر کدام رشته‌های دوکی و مابین آنها رشته‌های دوکی قطبی یا ممتد کشیده شده است. پوشش هسته محو شده و کروموزوم‌های دو کروماتیدی در وسط دوک در امتداد صفحه عرضی به اسم صفحه متافازی یا صفحه استوایی قرار می‌گیرند. کروموزوم‌ها بصورت حلقه‌ای بیش و کم منظم با فاصله‌ای برابر از دو قطب دوک قرار می‌گیرند.

دو کروماتید هر کروموزوم در این مرحله موقعیت خاصی دارند. این کروماتیدها از هم مشخص شده و بطور نسبی از هم جدا شده‌اند. دو انتهای آنها کم و بیش به سوی قطب‌های دوک متوجه است. در حالیکه ناحیه سانترومر (محل اتصال دو کروماتید خواهری) به سوی بخش میانی در صفحه استوا قرار دارد.

|  |
| --- |
| تصویر |

# آنافاز

مرحله کوتاهی است که در آن ماده ژنتیکی همانندسازی شده (دو کروماتید) از ناحیه سانترومر از هم تفکیک می‌شوند و به اصطلاح سانترومر به دو بخش تقسیم می‌شود. هر نیمه هر سانترومر همراه یک کروماتید و کینه توکور وابسته به آن، یک [کروموزوم آنافازی](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%A9%D8%B1%D9%88%D9%85%D9%88%D8%B2%D9%88%D9%85) را تشکیل می‌دهند. دو [کروموزوم تک کروماتیدی](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%A9%D8%B1%D9%88%D9%85%D9%88%D8%B2%D9%88%D9%85) حاصل به دو قطب مهاجرت می‌کنند و طوری این عمل انجام می‌گیرد که همواره ناحیه کینه توکور و سانترومر متصل به آن زودتر از بازوهای کروموزوم‌ها به قطبین می‌رسند.

بطوری که کروموزومهای آنافازی اشکال خمیده‌ای شبیه عدد 7 و در نیمه مقابل یاخته شبیه 8 به خود می‌گیرند. در پایان آنافاز در هر قطب هسته‌ای از کروموزومهای پسری مجتمع هستند که تعدادشان با تعداد کروموزومهای یاخته مادری برابر و همان 2n است. با این تفاوت که هر کروموزم تک کروماتیدی است.

# تلوفاز

در این مرحله تراکم کروموزومهای جمع‌ شده در هر قطب، به تدریج کاهش می‌یابد و مجموعه [پوشش هسته‌ای لامینا](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%87%D8%B3%D8%AA%D9%87+%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84) در اطرف توده کروموزومی شروع به سازمان‌یابی دوباره می‌کنند و هسته‌ها بازسازی شده، هستکها نیز ساخته می‌شوند.

# تقسیم سیتوپلاسم

مجموعه پدیده‌هایی که شرح داده شد تقسیم هسته‌ای یا کاریوکینز است که اغلب با تقسیم سیتوپلاسم نیز همراه است. در [سلول‌های جانوری](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84+%D8%A7%D9%86%D8%B3%D8%A7%D9%86%DB%8C) تقسیم سلول از اواخر آنافاز با تشکیل یک فشردگی حلقوی، عمود بر محور طولی دوک میتوزی شروع می‌شود. با شروع این فشردگی حلقوی، از تراکم [ریبوزومها](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B1%DB%8C%D8%A8%D9%88%D8%B2%D9%88%D9%85)، حفره‌های سیتوپلاسمی، قطعاتی از [شبکه آندوپلاسمی](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B4%D8%A8%DA%A9%D9%87+%D8%A2%D9%86%D8%AF%D9%88%D9%BE%D9%84%D8%A7%D8%B3%D9%85%DB%8C) در بخش میانی یاخته مجموعه‌ای به اسم *جسم میانی* تشکیل می‌گردد و فشردگی حلقوی میانی به روش به سوی مرکز و به سوی جسم میانی پیش می‌رود تا سرانجام سیتوپلاسم نیز به دو بخش تقسیم ‌شود و دو سلول جدید از هم جدا شوند. در ضمن این جریانات دوک میتوزی نیز از بین رفته و [اسکلت سلولی](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%A7%D8%B3%DA%A9%D9%84%D8%AA+%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84%DB%8C) بازسازی می‌شود.