

படலம் 10
அணுச்சுழற்சியும்
அணுப்பிரிதலும்

(நாள்: நவம்பர் 16, 2025)

நேரம்: காலை 10:00 மணி - தமிழ்நாடு)

ப. இரத்தனசாமி

அலகு 3

உயிரணு: கட்டமைப்பும் செயல்களும்

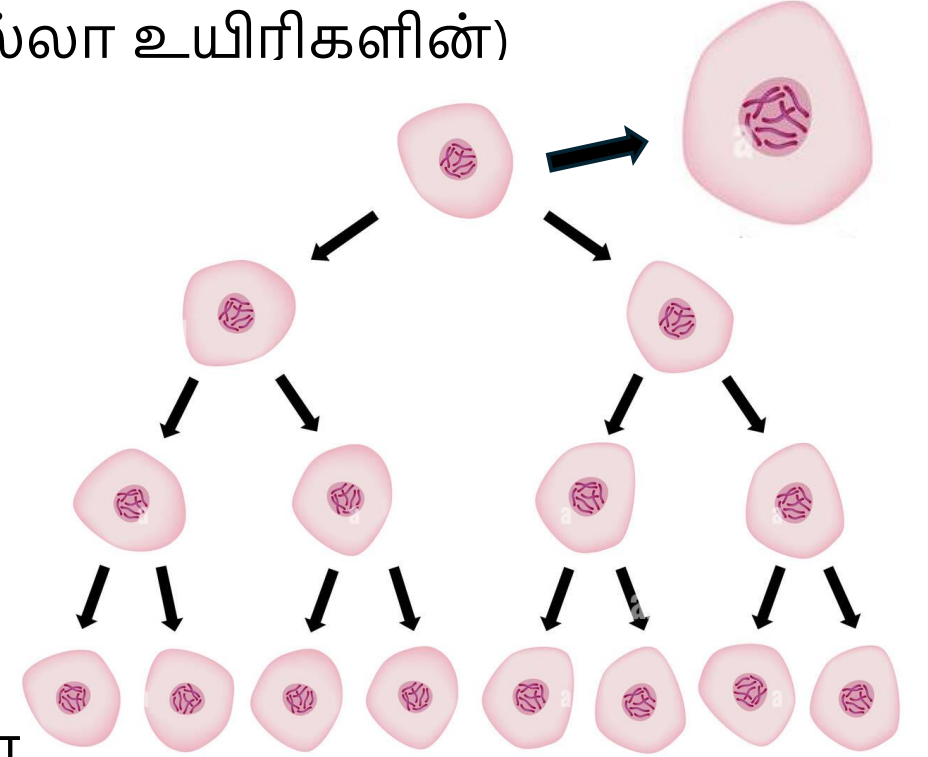
படலம் 8 உயிரணு: வாழ்வின் அலகு

படலம் 9 உயிரிய மூலக்கூறுகள்

படலம் 10 அணுச்சுழற்சியும் அணுப்பிரிதலும்

அணுப்பிரிதல், இனப்பெருக்கல், புதிய உயிரி உருவாதல் - முன்னோட்டம்

- எல்லா உயிரிகளும் (பெரிய உயிரிகள் உட்பட), தங்கள் வாழ்வை ஒரு ஒற்றையணுவிலிருந்து தொடங்குகின்றன
- ஒரு ஒற்றையணு, எவ்வளவு பெரிய உயிரியையையும் உருவாக்குவது எவ்வாறு?
- **வளர்ச்சியும் இனப்பெருக்கமும்** அணுக்களின் (எல்லா உயிரிகளின்) சிறப்பியல்புகள்
- எல்லா அணுக்களும் **இரண்டாக பிரிவதன்மூலம்** இனப்பெருக்குகின்றன
- ஒரு ஒற்றையணுவிலிருந்தும், அதன் சந்ததியிலிருந்தும் தோன்றி வளரும் இந்த இனப்பெருக்கம் ஒரு **புதிய அணுவினத்தொகையை** உண்டாக்கிறது
- வளர்ச்சியும் பிரிதலுமான இவ்வாறான **இந்த சுழற்சி**, இருமடியாயிரக்கணக்கான அணுக்களுள்ள கட்டமைப்புகள் உருவாவதை சாத்தியமாக்குகிறது



படலம் 10ல் கற்கவிருப்பது

10.1 அணுச்சுழற்சி (Cell Cycle)

10.2 M கட்டம் (M Phase)

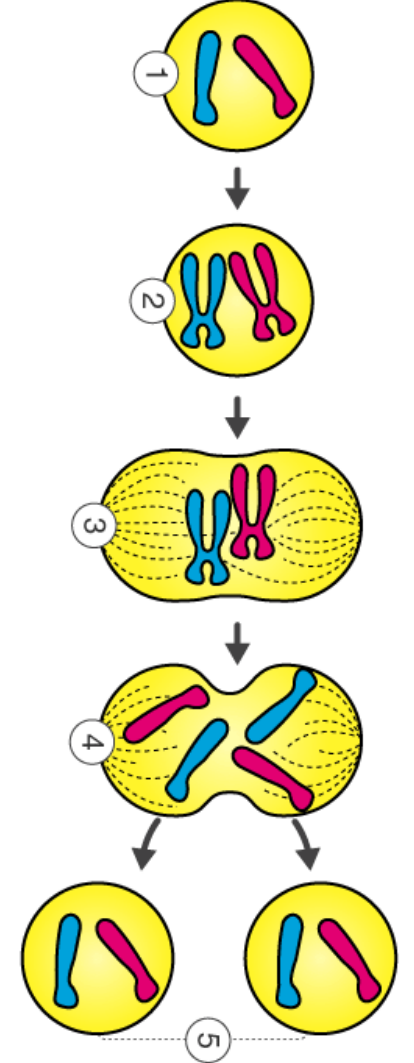
10.3 முழுப்பிரிதலின் முக்கியத்துவம் (Significance of Mitosis)

10.4 குன்றற்பிரிதல் (Meiosis)

10.5 குன்றற்பிரிதலின் முக்கியத்துவம் (Significance of Meiosis)

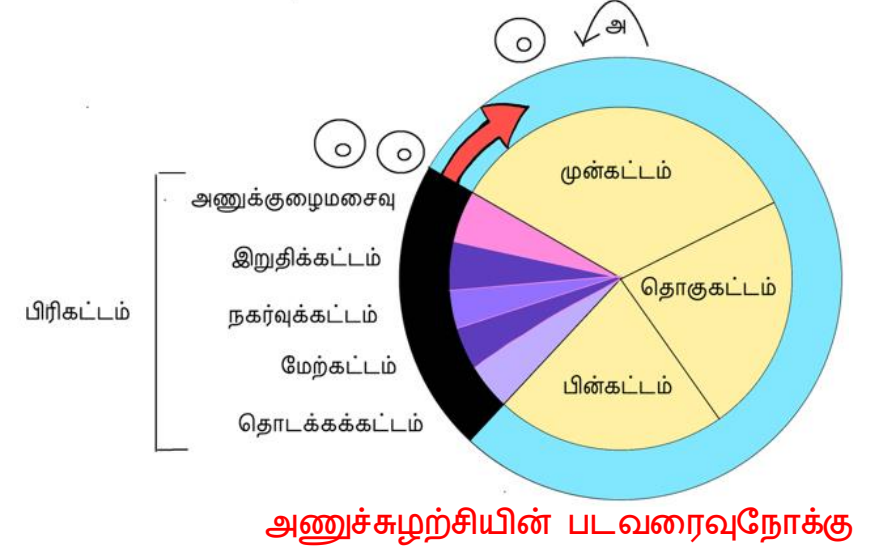
10.1 அணுச்சுழற்சி (CELL CYCLE)

- எல்லா வாழியிரிகளிலும், **அணுப்பிரிதல்** என்பது ஒரு முக்கியமான நிகழ்முறை
- அணு பிரியும்போது, **அனடிநகலாதலும் அணுவளர்ச்சியும்** நடைபெறுகின்றன
- **சேயணுக்கள்** முழுமையான மரபுப்பதையை (genome) பெறும்வகையில், **அனடிநகலாதல் (DNA replication), அணுவளர்ச்சி, அணுப்பிரிதல்** ஆகிய எல்லா நிகழ்முறைகளும், ஒரு ஒருங்கமைந்த வழியில் இடம்பெறுகின்றன
 - அணு தன் மரபுப்பதையை நகலெடுத்து - அணுவின் மற்ற உள்ளடங்கிகளை தொகுத்தாக்கி - இறுதியில் இரண்டு சேயணுக்களாக பிரிவதான நிகழ்வுகளின் தொடரியை, **அணுச்சுழற்சி (cell cycle)** என்கிறோம்
- **அணுக்குழைமம்** அதிகரிப்பதால் அணுவளர்ச்சி தொடர்ச்சியாக நடைபெறினும், **அனடித்தொகுத்தாக்கம்**, அணுச்சுழற்சியின் ஒரு குறிப்பிட்ட கட்டத்திலே நடைபெறுகிறது
 - பிறகு நகலாக்கிய **மரபுமெய்யங்கள்** (அனடி), அணுப்பிரிதலின்போது நிகழும் ஒரு உட்சிக்கலான நிகழ்வுத்தொடரியால் சேயுட்கருக்களுக்கு பரவுகின்றன
- இந்த நிகழ்வுகளும் மரபியக்கட்டுப்பாட்டுக்கு உள்ளானவை



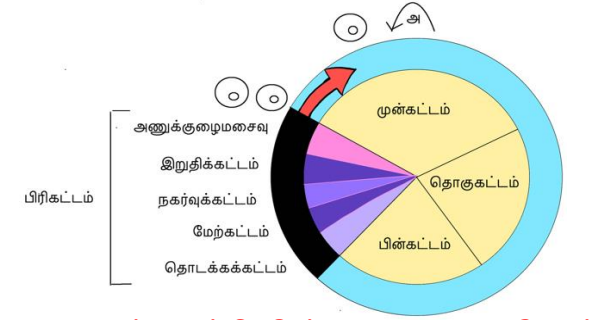
10.1.1 அணுப்பிரிதலின் கட்டங்கள் (Phases of Cell Cycle)

- உட்கருவுள்ள அணுக்கருக்கள் பிரிவதை, மனிதவணுக்களை வளர்ப்பதன் மூலம் அறிந்து கொள்ளலாம் - அவை
 - இவை சுமார் 24 மணிநேரத்துக்கு ஒருமுறை பிரிகின்றன என்பதும்
 - இந்த அணுச்சுழற்சியின் காலம், வெவ்வேறு உயிரிகளிலும் வெவ்வேறு அணுவகைகளிலும் வேறுபடலாம் என்பதும்
 - சான்றாக, **நொதிப்பூஞ்சை** 90 நிமிடங்களில் அணுச்சுழற்சியை முடித்துவிடுகிறது
- அணுச்சுழற்சியை **இரண்டு பெரும்பிரிவுகளாக** பிரிக்கலாம்
 - **இடைக்கட்டம் - Interphase**
 - **முழுப்பிரிதற்கட்டம் (பிரிகட்டம்) - M Phase (Mitosis phase)**
- **இடைக்கட்டம்:** இரண்டு பிரிகட்டத்துக்கிடையான கட்டம்
 - அணுச்சுழற்சியின் 95% இடைக்கட்டமே! (மனிதவணுவில் அணுச்சுழற்சியின் 24 மணி நேரத்தில், அணுப்பிரிதல் ஒரு மணி நேரத்தில் நிகழ்ந்துவிடுவதால், பெரும்பகுதிக்காலம் இடைக்கட்டமே)
- இடைக்கட்டத்தை **ஓய்வுக்கட்டம்** என்றாலும், இக்கட்டத்திலேதான் அணு வளர்ந்து, **அனடி நகலாகி**, பிரிதலுக்கு ஒரு ஒழுங்குமுறையில் அணியமாகும்
- **பிரிகட்டம்:** **மரபுமெய்யங்கள்** (chromosome) பிரிவதை குறிக்கும் (பிரிகட்டத்திற்க்தான் உண்மையில் அணுப்பிரிதல் நடைபெறுகிறது)
- இக்கட்டம், மரபுமெய்யங்கள் பிரியும் **உட்கருவசையில் (karyokinesis)** தொடங்கி, வழக்கமாக அணுக்குழைமம் பிரிவதை குறிக்கும் **அணுக்குழைமசையில் (cytokinesis)** முடியும்

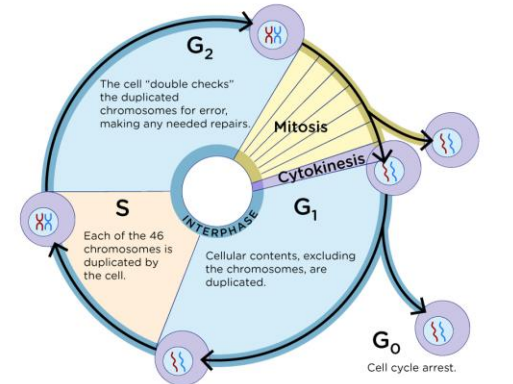
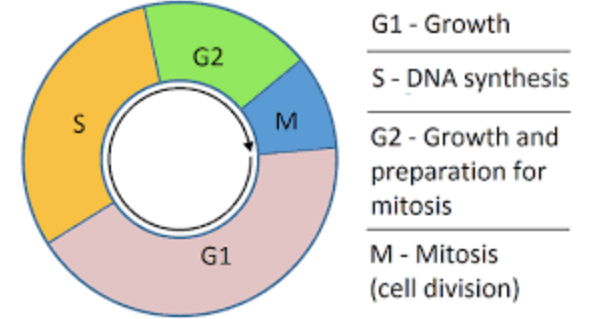


10.1.1 அணுப்பிரிதலின் இடைக்கட்டம் (Interphase)

- **இடைக்கட்டம் (தொடர்ச்சி):** இதை மேலும் மூன்று கட்டங்களாக பிரிக்கலாம்
 - முன்னிடைக்கட்டம் (முன்கட்டம்) - G1 phase (Gap 1)
 - தொகுத்தாக்கக்கட்டம் (தொகுக்கட்டம்) - S phase (Synthesis)
 - பின்னிடக்கட்டம் (பின்கட்டம்) G2 phase (Gap 2)
- **முன்கட்டம்:** முழுப்பிரிதலுக்கும் அனடிநகலாதல் தொடங்குவதற்கும் இடைப்பட்ட இடைவெளி
 - அணுவில் வளர்சிதைமாற்றம் நிகழ்ந்து அணு தொடர்ந்து வளர்கிறது (**அணுவளர்ச்சி**) - ஆனால் அனடி நகலாவதில்லை -
- **தொகுக்கட்டம்:** இதில் **அனடி நகலாகிறது** - அணுவிலுள்ள **அனடியின் அளவு இரட்டிக்கும்**
 - அனடியின் தொடக்க அளவு $2C$ எனில் அது $4C$ யாக அதிகரிக்கும்
 - ஆனால் மரபுமெய்யங்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிப்பதில்லை
 - அணு இரட்டைமெய்யமெனில் (diploid), அதாவது முன் கட்டத்தில் $2n$ மரபுமெய்யங்கள் இருந்தால், தொகுக்கட்டத்தின் பின்னும் $2n$ மரபுமெய்யங்களே இருக்கும்
 - இக்கட்டத்தில், விலங்கணுக்களில் உட்கருவில் அனடிநகலாதல் தொடங்குகிறது; அணுக்குழைமத்தில் வெற்றுமையம் (centriole) இரட்டிக்கும்
- **பின்கட்டம்:** இதில் முழுப்பிரிதலுக்கு அணியமாக புரதங்கள் தொகுத்தாகின்றன; **வளர்ச்சி தொடர்கிறது**



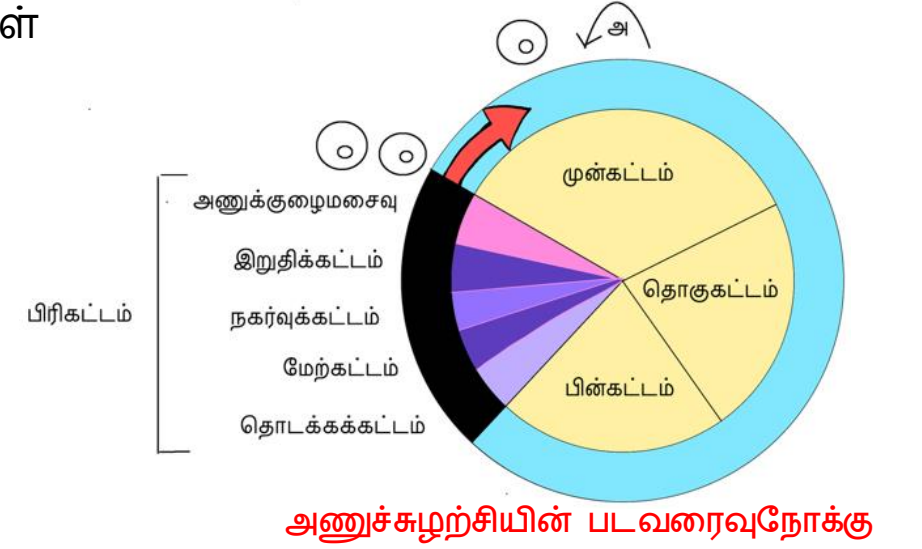
அணுச்சுழற்சியின் படவரைவுநோக்கு



அமைதிப்படிநிலை

10.2 அணுப்பிரிதலின் பிரிகட்டம் (M PHASE)

- இது அணுப்பிரிதலில் விரைவான நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறும் கட்டம்
- கிட்டத்தட்ட அணுவின் எல்லாப்பாகங்களும் மறுவொறுங்கமைகின்றன
- தாயணுவிலும் சேயணுவிலும் சம எண்ணிக்கையில் மரபுமெய்யங்கள் இருப்பதால், இதை **சமப்பிரிதல்** (equational division) எனலாம்
- முழுப்பிரிதலில் உட்கருவசைவை (karyokinesis) **நான்கு கட்டங்களாக** பிரிக்கலாம்
 - தொடக்கக்கட்டம் - *Prophase*
 - மேற்கட்டம் - *Metaphase*
 - நகர்வுக்கட்டம் - *Anaphase*
 - இறுதிக்கட்டம் - *Telophase*



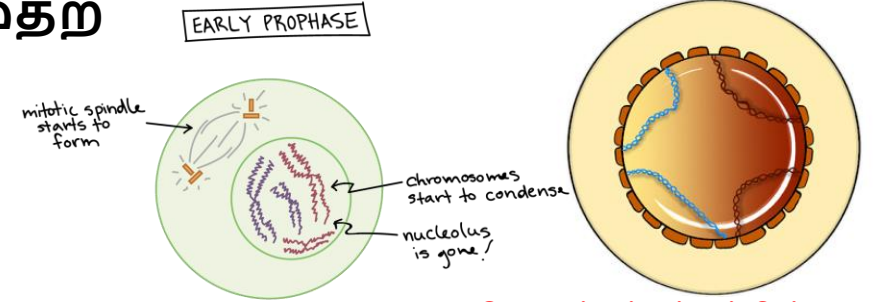
*இது நம் வசதிக்காக பிரிக்கப்பட்ட நான்கு கட்டங்களே!

** அணுப்பிரிதல் தொடர்ச்சியான நிகழ்முறை என்பதையும், கட்டங்களிடையில் தெளிவான பிரிவுகள் இல்லை என்பதையும் புரிந்து கொள்வது முக்கியம்

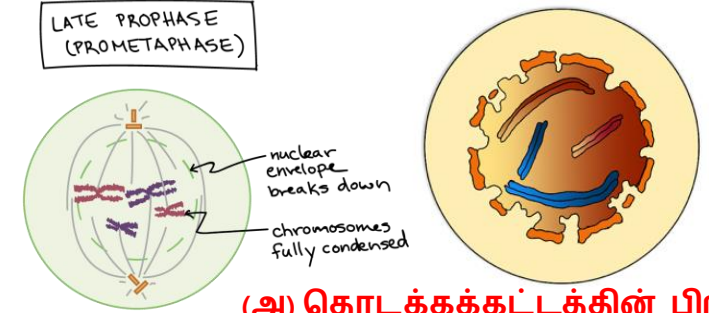
10.2.1 பிரிகட்டத்தின் தொடக்கக்கட்டம் (Prophase)

தொடக்கக்கட்டம்: முழுப்பிரிதலில் உட்கருவசைவின் முதற் கட்டம்

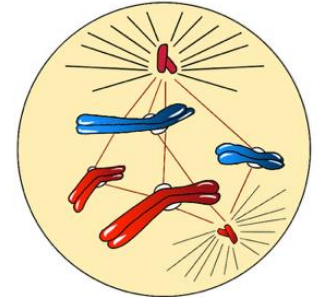
- இடைக்கட்டத்தின் பின்கட்டத்துக்கும்பின் இது வருகிறது
- தொகுகட்டத்திலும் பின்கட்டத்திலும் தொகுத்தான புதிய அனடிமூலக்கூறுகள், தனிப்பட்டவையாக இல்லாமல் ஒன்றுடனொன்று பின்னியிருக்கும்
- மரபுமெய்யப்பொருண்மம் ஒருக்கமடையத்தொடங்குவதையே தொடக்கக்கட்டம் குறிக்கிறது
- மரபுமெய்யப்பொருள் மரபுவலையவொருக்கம் (chromatin condensation) என்ற நிகழ்முறையால் சிக்குநீங்குகிறது - படம் (அ)
- இடைக்கட்டத்தின் தொகுகட்டத்தின்போது இரட்டித்த மையமெய்யம் (centrosome), இப்போது அணுவின் எதிரெதிர் முனைகளைநோக்கி நகரத்தொடங்கும்



(அ) தொடக்கக்கட்டத்தின் முற்பகுதி



(அ) தொடக்கக்கட்டத்தின் பிற்பகுதி



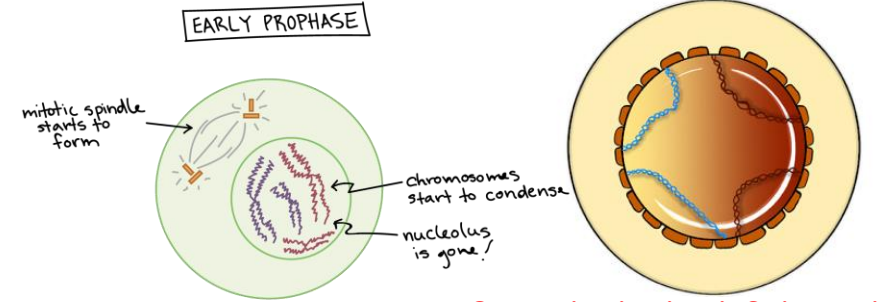
மேற்கட்டத்துக்கு நிலைமாற்றம்

10.2.1 பிரிகட்டத்தின் தொடக்கக்கட்டம் (Prophase)...

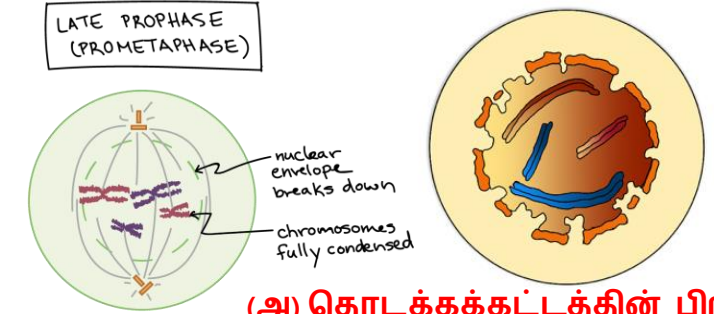
தொடக்கக்கட்டம்:...

தொடக்கக்கட்டம் முடிவடைவதை கீழ்க்காணும் நிகழ்ச்சிகளால் குறிக்கலாம்

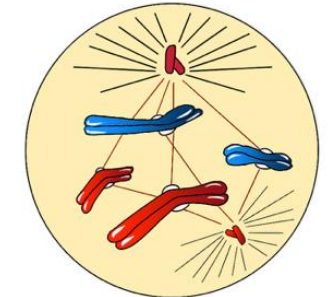
- (1) மரபுமெய்யப்பொருண்மம், ஒருங்கி திணுங்கி முழுப்பிரியும் மரபுமெய்யமாகிறது
- (2) மரபுமெய்யங்கள், மையத்திரளில் (centromere) இணைந்த இரண்டு மரபுமெய்யிளங்களால் (chromatids) ஆனவையாக காட்சியளிக்கின்றன
- (3) இடைக்கட்டத்தில், இரட்டித்த மரபுமெய்யம் அணுவின் எதிரெதிர் முனைகளைநோக்கி நகர்கின்றன
- (4) ஒவ்வொரு மையமெய்யமும் உடுவுரு (asters) எனப்படும் நுண்குழலங்களை (microtubules) ஆரவாட்டில் செலுத்துகிறது
- (5) இரண்டு உடுவுருக்களும் கதிராணிநாரிழைகளும் சேர்ந்து, இழையுருப் பிரிதலுக்கான செங்கருவியாகின்றன
- (6) தொடக்கக்கட்டத்தின் முடிவிலுள்ள அணுக்களை, நுண்ணோக்கியில் பார்க்கும்போது, கால்சிக்கூட்டுமம், அகக்குழைமவலை, சிறுவுட்கரு, உட்கருமுடுறை ஆகியவை இல்லாதது தெரியும்



தொடக்கக்கட்டத்தின் முற்பகுதி



(அ) தொடக்கக்கட்டத்தின் பிற்பகுதி



மேற்கட்டத்துக்கு நிலைமாற்றம்

10.2.2 பிரிகட்டத்தின் மேற்கட்டம் (Metaphase)

மேற்கட்டம்: உட்கருமூடுறை முற்றிலும் கட்டழிந்து, மரபுமெய்யங்கள் அணுக்குழைமம் முழுவதிலும் பரவியிருப்பது, இழையுருப்பிரிவின் இரண்டாங்கட்டம் தொடங்குவதை குறிக்கிறது

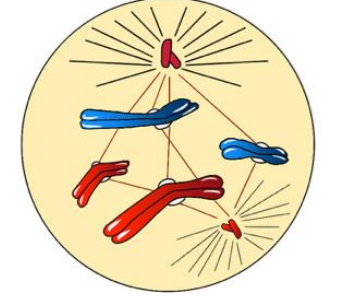
இதற்குள் மரபுமெய்யங்களின் குறுக்கம் (condensation) முற்றுப்பெறுவதால், அவற்றை நுண்ணோக்கியில் தெளிவாக காணலாம்

இக்கட்டத்தில் மரபுமெய்யங்களின் உருவியலை ஆய்ந்தறிவது எளிது

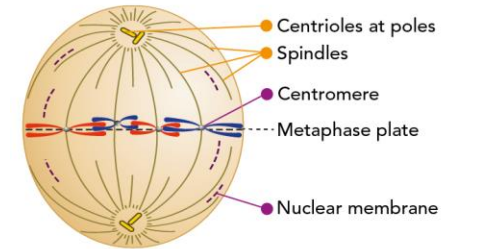
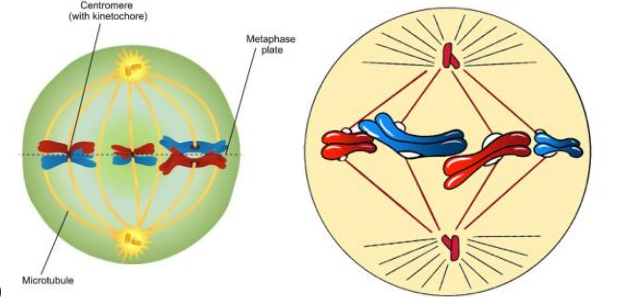
- மரபுமெய்யம், இரண்டு மரபுமெய்யிளங்களால் (chromatids) ஆனது - இந்த மரபுமெய்யிளங்கள் மையத்திரளில் (centromere) ஒட்டியிருக்கின்றன - படம் (ஆ)
- மையத்திரளின் மேற்பரப்பிலுள்ள சிறு வட்டுவடிவக்கட்டமைப்புகள், நகர்விடங்கள் (kinetochores)
- இவை கதிராணிநாரிழைகள் (spindle fibres) இணையும் இடங்களாக பணியாற்றுகின்றன
- அணுவின் நடுவில் நகர்ந்துவிட்ட மரபுமெய்யங்களை, கதிராணிநாரிழைகள் அணுவின் இரண்டு முனைகளுடனும் இணைக்கின்றன
- ஒரு மரபுமெய்யிளம் ஒரு முனையுடனும், மற்றது மறுமுனையுடனும் இணைக்கின்றன
- மேற்கட்டத்தில், எல்லா மரபுமெய்யங்களும் அணுவின் மையக்கோட்டில் இருக்க, ஒவ்வொன்றின் ஒரு மரபுமெய்யிளம் அணுவின் ஒரு முனையுடனும், மற்ற மரபுமெய்யிளம் மறு முனையுடனும் அவற்றின் நகர்விடங்களிலிருந்து கதிராணிநாரிழைகளால் இணைக்கின்றன படம் (ஆ)
- மேற்கட்டத்தில் மரபுமெய்யங்கள் கிடக்கும் நடுக்கோட்டுத்தளம், மேற்கட்டத் தட்டு (metaphase plate) எனப்படும்

மேற்கட்டத்தின் முக்கியப் பண்புகள்

- (1) கதிராணிநாரிழைகள் மரபுமெய்யங்களின் நகர்விடங்களை இணைக்கின்றன
- (2) மரபுமெய்யங்கள் கதிராணிநடுக்கோட்டுக்கு இழுக்கப்பட்டு, மேற்கட்டத்தட்டுடன் கதிராணிநாரிழைகளால் நேரமைக்கின்றன



மேற்கட்டத்துக்கு நிலைமாற்றம்

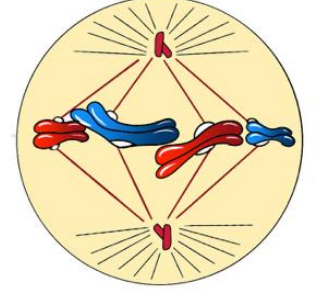


(ஆ) மேற்கட்டம்

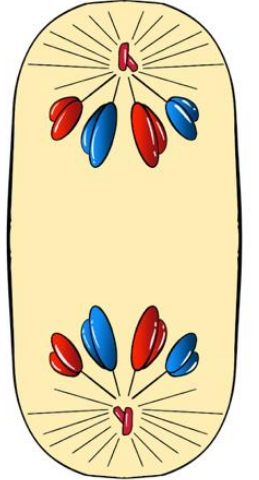
10.2.3 பிரிகட்டத்தின் நகர்வுக்கட்டம் (Anaphase)

நகர்வுக்கட்டம்: இது தொடங்கும்போது, மேற்கட்டத்தட்டில் அடுக்கப்பட்டுள்ள மரபுமெய்யங்களின் இரண்டு மரபுமெய்யிளங்களும் ஒரேநேரத்தில் பிரிந்து, எதிரெதிர்முனைகளைநோக்கி நகர்த்தொடங்குகின்றன

- இப்போது, இவற்றை வரப்போகும் சேயுட்கருக்களின் சேய்மரபுமெய்யங்கள் என்கிறோம்
- ஒவ்வொரு மரபுமெய்யமும் மேற்கட்டத்தட்டிலிருந்து விலகும்போது, ஒவ்வொரு மரபுமெய்யத்தின் மையத்திரளும், அணுவின் ஒரு முனையைநோக்கி முன்னடத்த, அதன் இரு கரங்களும் பின்றொடர்கின்றன - படம் (இ)
- நகர்வுக்கட்டத்தின் சிறப்பியல்பான நிகழ்வுகள்
 - (அ) மையத்திரள்கள் பிரிந்து மரபுமெய்யிளங்கள் விலகுகின்றன
 - (ஆ) மரபுமெய்யிளங்கள் எதிரெதிர் முனைகளைநோக்கி அசைகின்றன



(ஆ)
மேற்கட்டம்

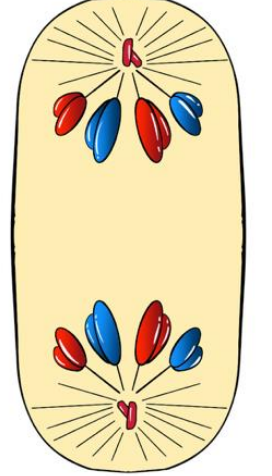


(இ)
நகர்வுக்கட்டம்

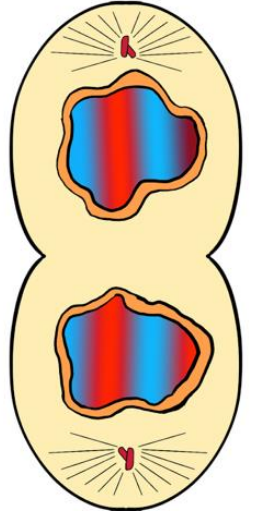
10.2.4 பிரிகட்டத்தின் இறுதிக்கட்டம் (Telophase)

உட்கருவசைவின் இறுதிக்கட்டத்தின் தொடக்கத்தில், முனைகளையடைந்த மரபுமெய்யங்கள், ஒருக்கநீங்கி (decondense) தம் தனியுருமையை இழக்கின்றன

- தனியான மரபுமெய்யங்களை காணவியலாது
- மரபுவலையப்பொருண்மத்தின் ஒவ்வொரு தொகுதியும், ஒவ்வொரு முனையிலும் திரள்கின்றன - படம் (ஈ)
- இந்தக்கட்டத்தின் முக்கிய நிகழ்வுகள்
 - (அ) மரபுமெய்யங்கள் எதிரெதிர் கதிராணி முனைகளில் திரள்கின்றன
 - அவற்றை தனித்தனியாக காணவியலாது
 - (ஆ) இரண்டு சேயுட்கருக்கள் உருவாகும் முனைகளிலுள்ள மரபுமெய்யத்திரள்களைச் சுற்றி, உட்கருமேலுறை வளராகிறது
 - (இ) சிறுவுட்கரு, கால்சிக்கூட்டுமம், அகக்குழைமவலை ஆகியவை மீளுருவாகின்றன



(இ) நகர்வுக்கட்டம்

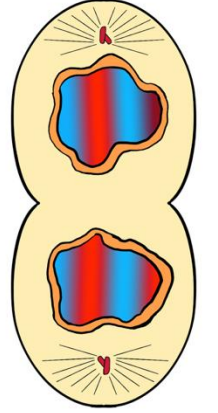


(ஈ) இருதிக்கட்டம்

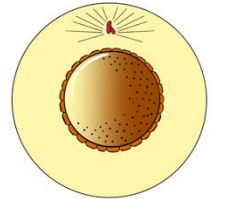
10.2.5 அணுக்குழைமசைவு (Cytokinesis)

முழுப்பிரிதலில் (Mitosis) இரட்டித்த மரபுமெய்யங்கள் சேயுட்கருக்களாக பிரிவது (உட்கரு வசைவு) (karyokinesis) மட்டுமல்லாமல், **அணுக்குழைமமும்** பிரிந்து (அணுக்குழைமசைவு) (cytokinesis), அணுவும் இரண்டு சேயணுக்களாகப் பிரிகிறது - படம் (உ)

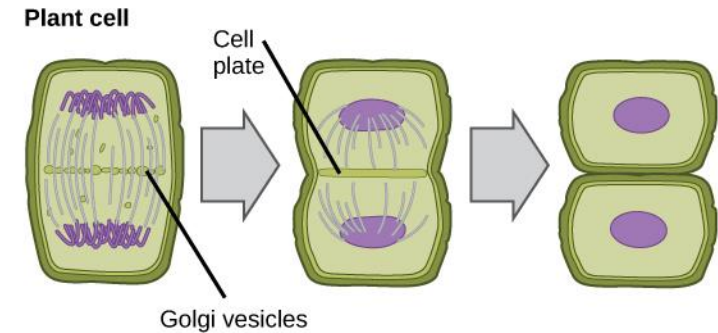
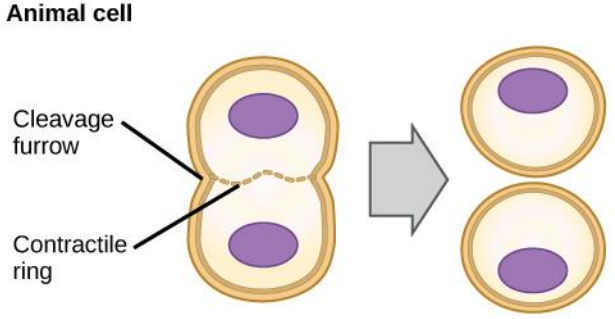
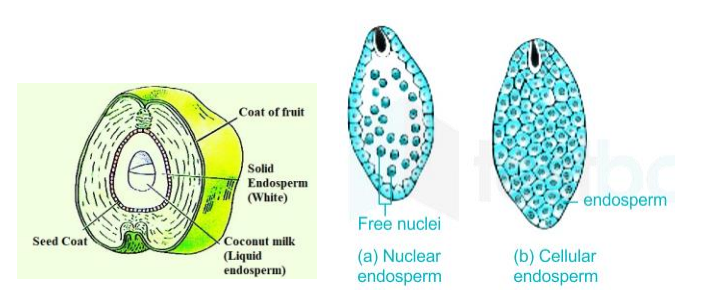
- இதன்பின் அணுப்பிரிதல் முற்றுப்பெறுகிறது
- **விலங்கணுவில்** இது குழைமச்சவ்வில் ஒரு வரிப்பள்ளம் தோன்றுவதில் தொடங்குகிறது
 - இந்த பள்ளம் படிப்படியாக ஆழமாகி இறுதியில் நடுவில் இணைந்து அணுக்குழைமத்தை இரண்டாக பிரிக்கிறது
- **தாவரவணுவின்** அணுச்சுவர் ஒப்பளவில் நீட்டத்தகாததாக இருப்பதால், அவை வேறு இயங்குமுறையால் அணுக்குழைமசைவுக்குள்ளாகின்றன
 - இங்கு சுவர் உருவாதல் அணுவின் மையத்தில் தொடங்கி வெளிநோக்கி வளர்ந்து ஏற்கெனவே உள்ள பக்கச்சுவர்களை சந்திக்கிறது
 - புதிய அணுச்சுவர் உருவாவது **அணுத்தட்டு** (cell-plate) எனப்படும் ஒரு முன்வைப்பியில் தொடங்குகிறது
 - இது அடுத்தடுத்த இரண்டு அணுச்சுவர்களின் இடையில் தோன்றும் ஒரு **மென்றட்டு** (middle lamella)
- அணுக்குழைமப்பிரிவின்போது ஆற்றலாகிடங்கள், கணிகங்கள் போன்ற அணுவுறுப்புகள் இரண்டு சேயணுக்களுக்கும் பரவுகின்றன.
- **சில உயிரிகளில் உட்கருவசைவுக்குப்பின் அணுக்குழைமசைவு நிகழ்வதில்லை.** இதன் விளைவாக, **கூட்டணு** (syncytium) போன்ற பலவுட்கருநிலைமைகள் எழுகின்றன.
 - தேங்காயில் உள்விதை உண்டாவது ஒரு சான்று



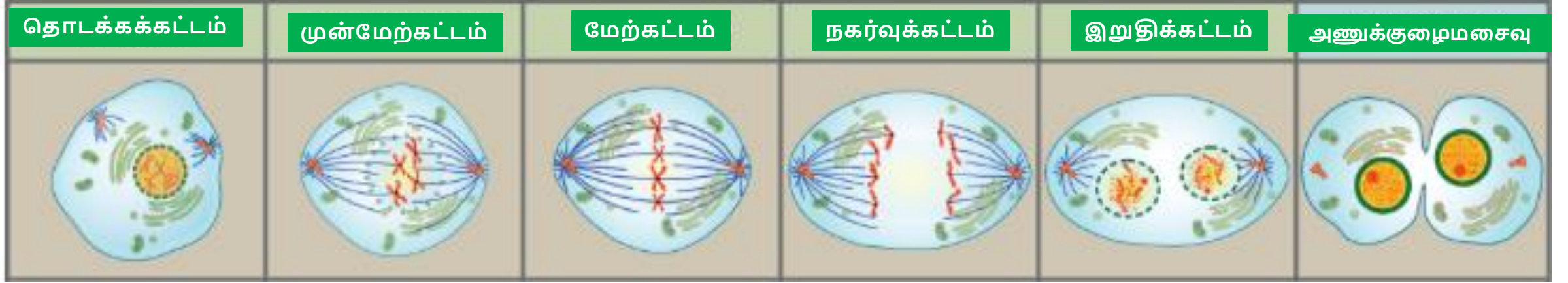
(ஈ) இருதிக்கட்டம்



(உ) இடைக்கட்டம்



முழுப்பிரிதலின் சுருக்கம்



- மரபுமெய்யப் பொருண்மம் ஒருங்கி திணுங்கித் தெரியும்
- கதிராணி நாரிழைகள் மையமெய்யங்களிலிருந்து வெளிப்படும்
- உட்கருச்சவ்வு சிதைந்து சிறுவுக்கரு மறையும்

- மரபுமெய்யங்களின் குறுக்கம் தொடரும்
- மையத்திரளில் சிறு வட்டுவடிவக் கட்டமைப்புகளான நகர்விடங்கள் தோன்றும்
- நகர்விடங்களில் நாரிழை நுண்குழலங்கள் இணையும்
- மரபுமெய்யங்கள் அணுவின் எதிரெதிர் முனைகளை நோக்கி நகரும்

- நாரிழைகள் முழுதும் வளராகி யிருக்கும்
- மரபுமெய்யங்கள் அணுவின் எதிரெதிர் முனைகளை அடைந்திருக்கும்
- மரபுமெய்யங்கள் கதிராணி நடுக்கோட்டுக்கு இழுக்கப்பட்டு மேற்கட்டத் தட்டுடன் கதிராணி நாரிழைகளால் நேரமையும்
- மரபுமெய்யிளங்கள் அணுவின் இரண்டு முனைகளுடனும் கதிராணிநாரிழைகளால் இணையும்

- இருமரபு மெய்யிளங்களைப் பிணைத்திருந்த கூட்டிணைப்புரதங்கள் சிதையும்
- இருமரபு மெய்யிளங்களும் (தற்போது மரபுமெய்யம்) எதிரெதிர்முனைகளை நோக்கி இழுக்கப்படும்
- நகர்விடமற்ற கதிராணி நாரிழைகள் நீண்டு அணுவை நீட்சியுறச்செய்யும்

- மரபுமெய்யங்கள் முனைகளையடைந்து ஒருக்கநீங்கும் (decondense)
- மரபுமெய்யத்திரள்களைச் சுற்றி உட்கருமேலுறை வளராகிறது
- கதிராணி நாரிழைகள் சிதையும்

- விலங்கணு: குழைமச்சவ்வில் ஒரு வரிப்பள்ளம் தோன்றி படிப்படியாக ஆழமாகி இறுதியில் நடுவில் இணைந்து அணுவை இரண்டாக பிரிக்கும்
- தாவரவணு: அணுத்தட்டு உருவாகி நீண்டு அணுக்களைப் பிரிக்கும்

10.3 முழுப்பிரிதலின் முக்கியத்துவம்

- முழுப்பிரிதல் எனப்படும் சமப்பிரிதல் இரட்டைமெய்ய அணுக்களில் மட்டுமே நிகழ்வது வழக்கம்
 - ஆனால், சில தாழ்நிலைத்தாவரங்களிலும் சில சமூகப்பூச்சிகளிலும், ஒற்றைமெய்ய அணுக்களும் முழுப்பிரிதலால் பிரிகின்றன
- ஒரு உயிரியின் வாழ்வில், இந்த பிரிதலின் முக்கியத்துவத்தை அறிந்துகொள்வது அவசியம்
 - ஒற்றைமெய்யப்பூச்சிகளையும் இரட்டைமெய்யப்பூச்சிகளையும் பற்றிப்படித்த சான்றுகள் உங்களுக்கு நினைவிருக்கிறதா?
 - *தேனீ, எறும்பு, குளவி, அரம்பவீ ஆகியவற்றின் பெண்கள் (இரட்டைமெய்யம்) – ஆண்கள் (ஒற்றைமெய்யம்)*
- முழுப்பிரிதலால், இரட்டைமெய்ய சேயணுக்கள் உண்டாவது வழக்கம்
- இவற்றின் மரபுப்பொருள்கள் முற்றிலும் சமம்

10.3 முழுப்பிரிதலின் முக்கியத்துவம்

- பலவணுவுயிரிகளின் வளர்ச்சி, இழையுருப்பிரிவால் (mitosis) நடைபெறுகிறது
- அணுவளர்ச்சியால், உட்கருவுக்கும் அணுக்குழைமத்துக்குமுள்ள விகிதம் மாறுகிறது
- எனவே உட்கருவணுக்குழைம விகிதத்தை மீளமைக்க, அணு பிரிவது அவசியமாகிறது
- முழுப்பிரிதலின் ஒரு முக்கியமான பங்களிப்பு, அணுவை பழுதுநீக்கல்
- புறத்தோலின் மேற்படலத்திலும், குடலின் உட்படலத்திலுமுள்ள அணுக்களும், குருதியணுக்களும் இடைவிடாது புதுப்பிக்கப்படுகின்றன
- உச்சிக்குழலாக்கத்திசு (apical cambium), பக்கவாட்டாக்கக்குழலாக்கத்திசு (lateral cambium) போன்ற ஆக்கத்திசுக்களில் (meristematic tissues) நிகழும் முழுப்பிரிதலால், தாவரங்கள் தங்கள் வாழ்க்கை முழுவதும் இடைவிடாமல் வளர்கின்றன

10.4 குன்றற்பிரிதல் (MEIOSIS)

குன்றற்பிரிதல் என்றால்.....

- குன்றற்பிரிதல், பாலுறவால் இனப்பெருக்கும் உயிரிகளின் வாழ்க்கைச்சுழற்சியில், ஒரு ஒற்றைமெய்யக்கட்டத்தை (haploid) புகுத்துகிறது
 - கருவுறுதல், இரட்டைமெய்யக்கட்டத்தை (diploid) மீட்பெறுகிறது
- தாவரங்களிலும் விலங்குகளிலும், சேரணுவாதலின்போது (gametogenesis) குன்றற்பிரிதலை எதிர்கொள்கிறோம்
 - இது ஒற்றைமெய்ய சேரணுக்களை உண்டாக்குகிறது
- பாலுறவுப்பெருக்கத்தால் வழித்தோன்றல்களை உருவாக்கும்போது, மரபுமெய்யத்தின் ஒரு முழு ஒற்றைமெய்யக்கணம் அடங்கிய - இரண்டு சேரணுக்கள் (gametes) - ஒன்றிழைகின்றன
 - இந்தச் சேரணுக்கள், தனித்துவமான இரட்டைமெய்ய அணுக்களிலிருந்து உருவானவை
- மரபுமெய்ய எண்ணிக்கையை பாதிக்காத குறைக்கும் இந்த தனித்துவ வகையான அணுப்பிரிதல், ஒற்றைமெய்ய சேயணுக்களை உருவாக்குகிறது - இவ்வகையான பிரிதல் குன்றற்பிரிதல் ஆகும்

10.4 குன்றற்பிரிதல் (MEIOSIS)...

குன்றற்பிரிதலின் முக்கிய பண்புகூறுகள்:

- (அ) குன்றற்பிரிதலில் ஒரு அனடிநகலாதற் சுழற்சியும் ஒன்றன்பின்னொன்றான இரண்டு பிரிதற்சுழற்சிகளும் உள்ளன
 - முதற்குன்றற்பிரிதல் (meiosis I), இரண்டாங்குன்றற்பிரிதல் (meiosis II) என்று குறிக்கும் இவற்றில் உட்கருவும் அணுவும் பிரிகின்றன
- (ஆ) தொகுகட்டத்தில் (S phase) தாய்மரபுமெய்யங்கள் நகலாகி முற்றொருமையான உடன்பிறந்த சேய்மரபுமெய்யிளங்களை உண்டாக்கியபின் முதற்குன்றற்பிரிதல் தொடங்குகிறது
- (இ) முதற்குன்றற்பிரிதலில் படியொப்புமையான (homologous) மரபுமெய்யங்கள் இணையாகின்றன
 - இவற்றின் உடன்பிறவாத மரபுமெய்யிளங்கள் மீள்சேர்கின்றன
- (ஈ) இரண்டாங்குன்றற்பிரிதலின் இறுதியில் நான்கு ஒற்றைமரபுமெய்ய அணுக்கள் உருவாகின்றன
- குன்றற்பிரிதலின் நிகழ்வுகளை சில கட்டங்களாகவும் உட்கட்டங்களாகவும் பிரிக்கலாம்

10.4 குன்றற்பிரிதல் (MEIOSIS).....

குன்றற்பிரிதலின் நிகழ்வுகளை சில கட்டங்களாகவும் உட்கட்டங்களாகவும் பிரிக்கலாம்

குன்றற்பிரிதலின் கட்டங்களும் உட்கட்டங்களும்

முதற்குன்றற் பிரிதல் (Meiosis I)	இரண்டாங்குன்றற் பிரிதல் (Meiosis II)
முதற்றொடக்கக் கட்டம்	இரண்டாந்தொடக்கக் கட்டம்
முதன்மேற்கட்டம்	இரண்டாம்மேற்கட்டம்
முதனகர்வுக் கட்டம்	இரண்டானகர்வுக்கட்டம்
முதலிறுதிக்கட்டம்	இரண்டாமிறுதிக்கட்டம்

10.4.1 முதற்குன்றற்பிரிதல் (Meiosis I)

முதற்றொடக்கக்கட்டம் (Prophase I):

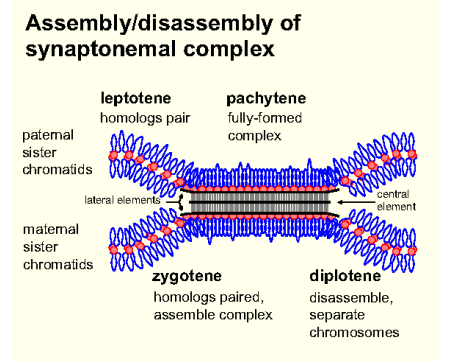
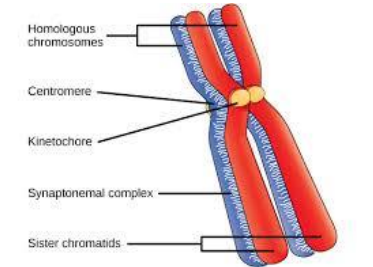
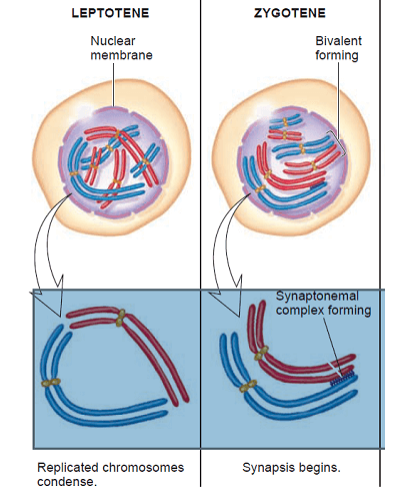
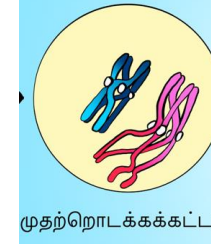
முதற்குன்றற்பிரிதலின் தொடக்கக்கட்டம் முழுப்பிரிதலின் (mitosis) தொடக்கக் கட்டத்தோடு ஒப்பிட பொதுவாக நீண்டதும் மேலும் உட்சிக்கலானதும்

இது ஐந்து படிநிலைகள் கொண்டது

மரபுமெய்யநடத்தையின் அடிப்படையில் - **மென்னாடா** (Leptotene), **இணைமநாடா** (Zygotene), **தடிப்புநாடா** (Pachytene), **இருநாடா** (Diplotene), **பிரிவசைவு** (Diakinesis) ஆகிய படிநிலைகள்

மென்னாடாப்படிநிலையில் மரபுமெய்யங்கள் படிப்படியாக ஒளிநுண்ணோக்கியில் தோன்றத்தொடங்கும்

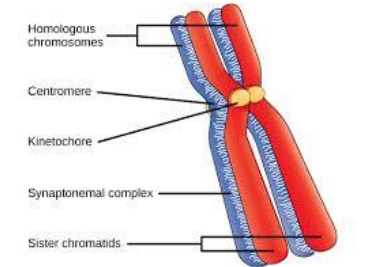
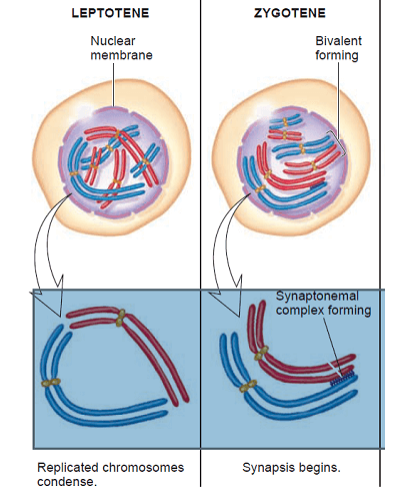
- அவற்றின் குறுக்கம் இந்த படிநிலைமுழுவதிலும் தொடரும்



10.4.1 முதற்குன்றற்பிரிதல் (Meiosis I)...

இணைமநாடாப்படிநிலையில் மரபுமெய்யங்கள் இணையாக சேர்த்தொடங்குகின்றன

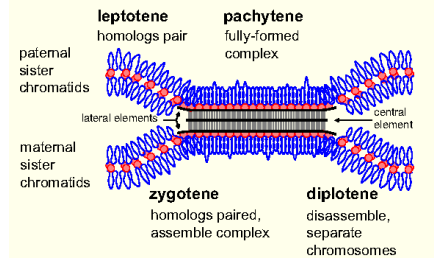
- இந்த நிகழ்முறை மரபுமெய்யிணைதல் (synapsis) எனப்படும்
- இவ்வாறு இணைந்த மரபுமெய்யங்கள் படியொப்புமையான மரபுமெய்யங்கள் (homologous chromosomes) எனப்படும்
- இந்தப்படிநிலையில் மரபுமெய்யிணைதலின்போது இணையிழைக்கூட்டுமம் (synaptonemal complex) என்ற ஒரு கட்டமைப்பு உருவாவதை எதிர்மின்னிநுண்ணோக்குக் காட்டும்
 - இணைந்த இரண்டு படியொப்புமையான மரபுமெய்யங்களால் உருவான கூட்டுமம் நான்மடி (bivalent or a tetrad) எனப்படும்



* இவை அடுத்த படிநிலையில் தெளிவாக தெரியும்

**முதற்குன்றற்பிரிதலின் முதற்றொடக்கக்கட்டத்தின் முதலிரண்டு படிநிலைகளும், தடிப்புநாடா எனப்படும் அடுத்த படிநிலையோடு ஒப்பளவில் குறுகிய காலத்தவை

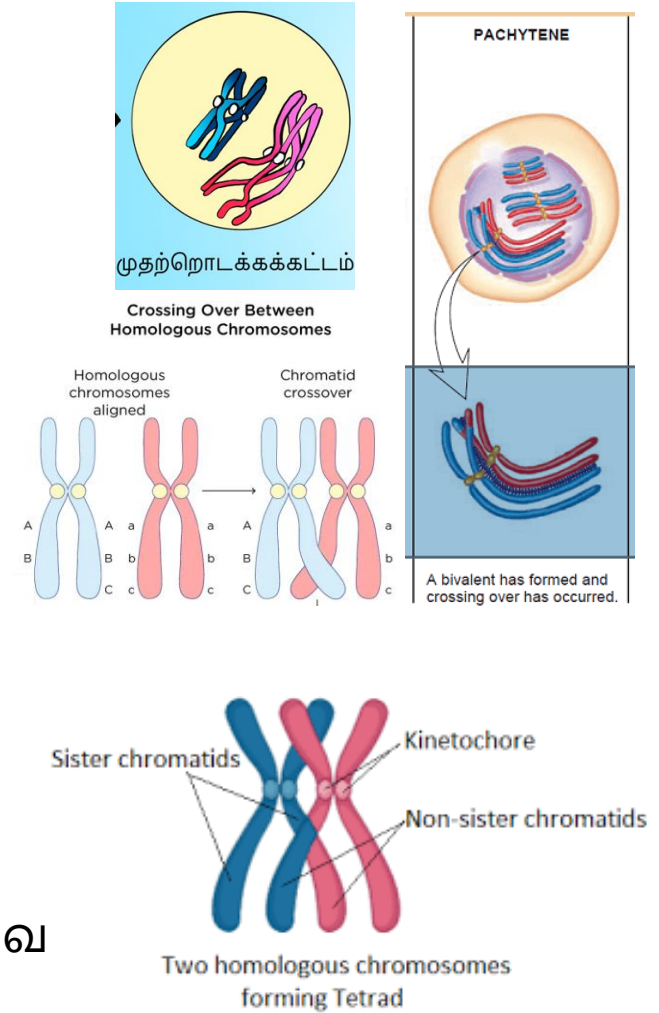
Assembly/disassembly of synaptonemal complex



10.4.1 முதற்குன்றற்பிரிதல் (Meiosis I)

முதற்றொடக்கக்கட்டம் (Prophase I) - தொடர்ச்சி

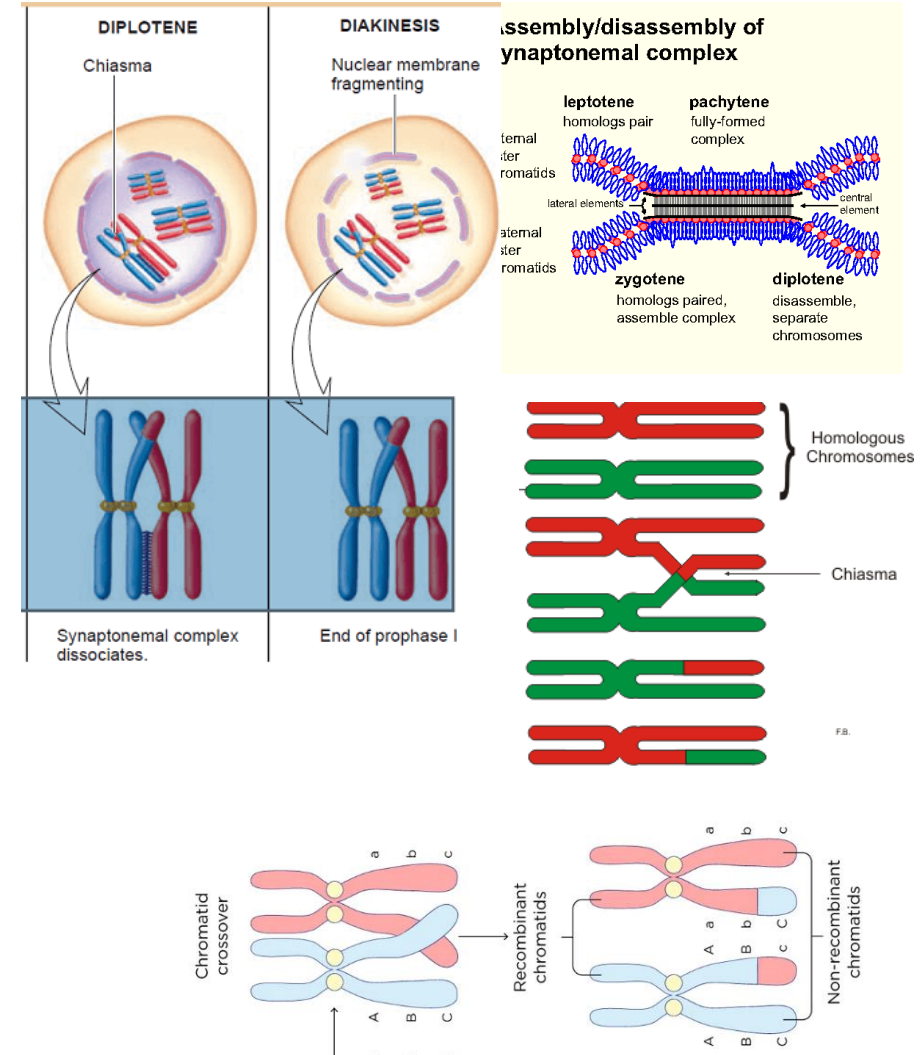
- தடிப்புநாடாப்படிநிலையில் (Pachytene) ஒவ்வொரு நான்மடியின் நான்கு மரபுமெய்யிளங்களும் தெளிவாகத்தோன்றும்
- இந்த படிநிலையின் சிறப்பியல்பு மீள்சேர்க்கைச்சிறுகணுக்கள் (recombination nodules) தோன்றுவது
 - இச்சிறுகணுக்களில் படியொப்புமையான மரபுமெய்யங்களின் உடன்பிறவாத மரபுமெய்யிளங்களிடையில், மரபுப்பொருண்மம் இடைமாதும், குறுக்குமாற்றம் (crossing over) நிகழும்
 - குறுக்குமாற்றத்தை மீள்சேருக்கி (recombinase) எனப்படும் ஊக்கிப்புரதம் வினையூக்கும்
 - குறுக்குமாற்றம் இரண்டு மரபுமெய்யங்களிலுமுள்ள மரபுப்பொருண்மம் மீள்சேர்வதை (recombination of genetic material) குறிக்கிறது
 - படியொப்புமையான மரபுமெய்யங்களிடையில் மீள்சேர்க்கை நிகழ்வ இந்தப்படிநிலையின் இறுதியில் முற்றுப்பெறுகிறது
 - மரபுமெய்யங்கள் குறுக்கு மாற்றவிடங்களில் இணைந்திருக்கின்றன



10.4.1 முதற்குன்றற்பிரிதல் (Meiosis I)

முதற்றொடக்கக்கட்டம் (Prophase I) - தொடர்ச்சி

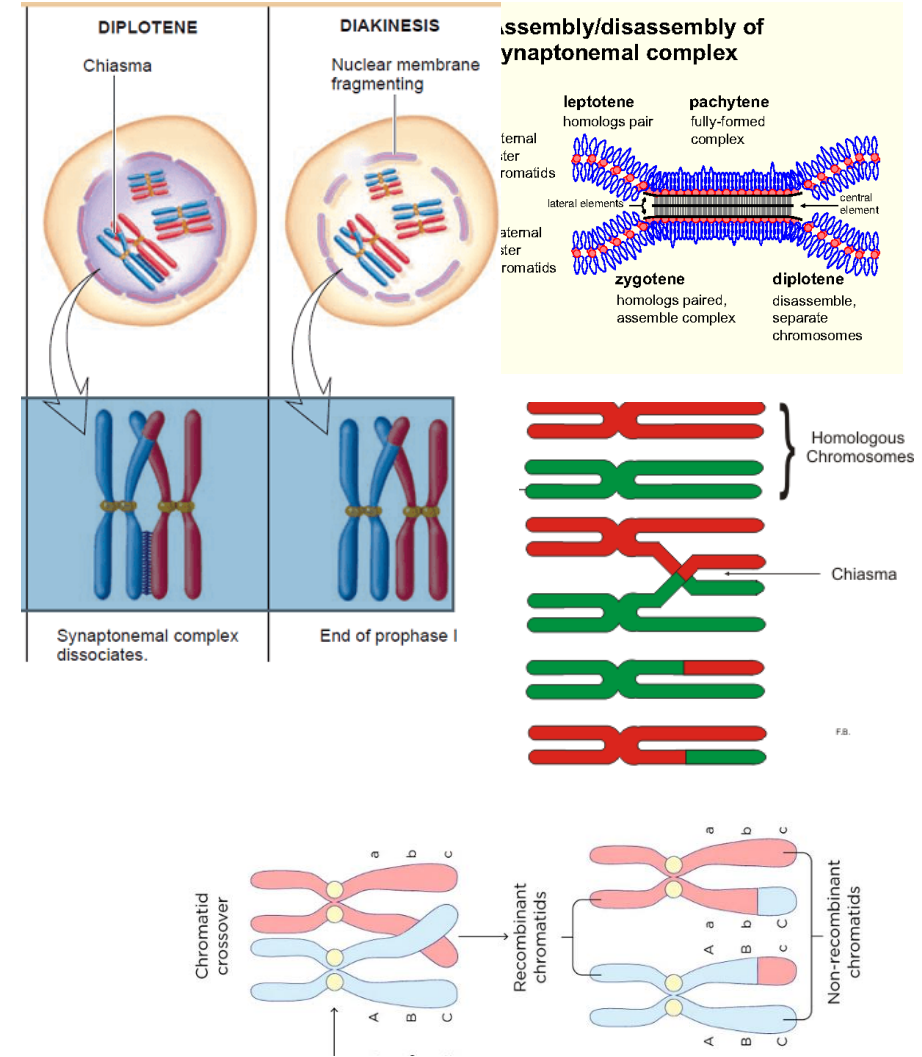
- இருநாடாப்படிநிலை (Diplotene) இணையிழைக்கூட்டுமம் (synaptonemal complex) கலையும்போது தொடங்குகிறது
 - அப்போது நான்மடியின் மீள்சேர்ந்த படியொப்புமையான மரபுமெய்யங்கள் ஒன்றைவிட்டொன்று விலகும் போக்கும் தொடங்குகிறது
 - அவை இப்போது குறுக்குமாற்றவிடங்களில் மட்டுமே இணைந்திருக்கின்றன. இந்த Xவடிவக்கட்டமைப்புகள் குறுக்கணைவுகள் (chiasmata) எனப்படும்
 - சில முதுகெலும்பிகளின் முட்டையாக்கணுக்களில் (மனிதன், நீர்நில வாழ்வன) இருநாடாப்படிநிலை மாதக்கணக்கிலோ ஆண்டுக்கணக்கிலோ தொடரலாம்



10.4.1 முதற்குன்றற்பிரிதல் (Meiosis I)

முதற்றொடக்கக்கட்டம் (Prophase I) - தொடர்ச்சி

- பிரிவசைவு (Diakinesis): முதற்குன்றற்பிரிதலின் இறுதிப்படிநிலை
 - இதை குறுக்கணைவுகள் மறைவதால் அறியலாம்
 - இந்த படிநிலையில் மரபுமெய்யங்கள் முற்றிலும் குறுக்கமடைந்து விட்டன
 - குன்றற்பிரிதற்கதிராணி (meiotic spindle) தொகுவினைந்து படியொப்புமையான மரபுமெய்யங்கள் பிரிவதற்கு அணியமாக்குகின்றன
 - பிரிவசைவின் இறுதியில் சிறுவுட்கரு மறைகிறது - உட்கருமேலுறையும் சிதைகிறது.
- பிரிவசைவு மேற்கட்டம் தொடங்குவதை குறிக்கிறது



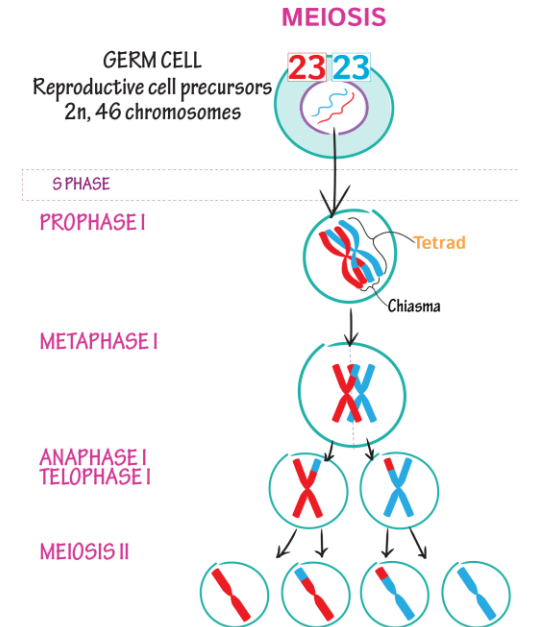
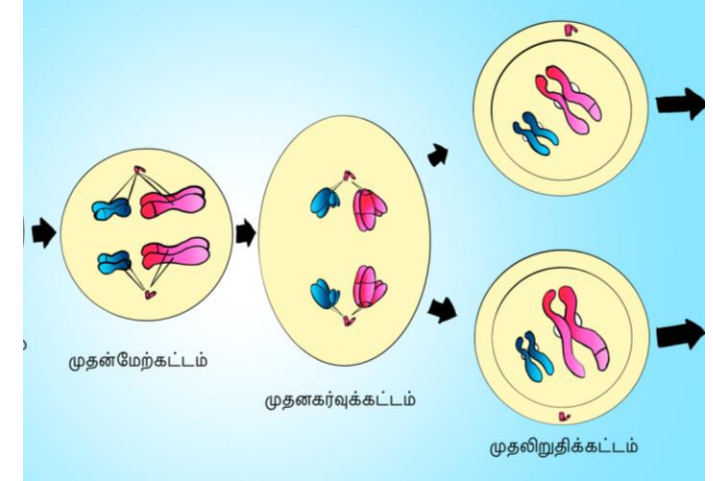
10.4.1 முதற்குன்றற்பிரிதல் (Meiosis I)...

முதன்மேற்கட்டம் (Metaphase I)

- நான்மடிமரபுமெய்யங்கள் (bivalent chromosomes) நடுக்கோட்டுத் தட்டில் நேரமையும்
- கதிராணியின் (spindle) எதிரெதிர் முனைகளிலுள்ள நுண்குழலங்கள் (microtubules) படியொப்புமையான மரபுமெய்யங்களின் (homologous chromosomes) நகர்விடங்களில் (kinetochore) இணையும்

முதனகர்வுக்கட்டம் (Anaphase I)

- படியொப்புமையான மரபுமெய்யங்கள் பிரிகின்றன
- உடன்பிறந்த மரபுமெய்யினங்கள் (sister chromatids) தங்கள் மையத்திரளில் (centromeres) இணைந்திருப்பது தொடரும்



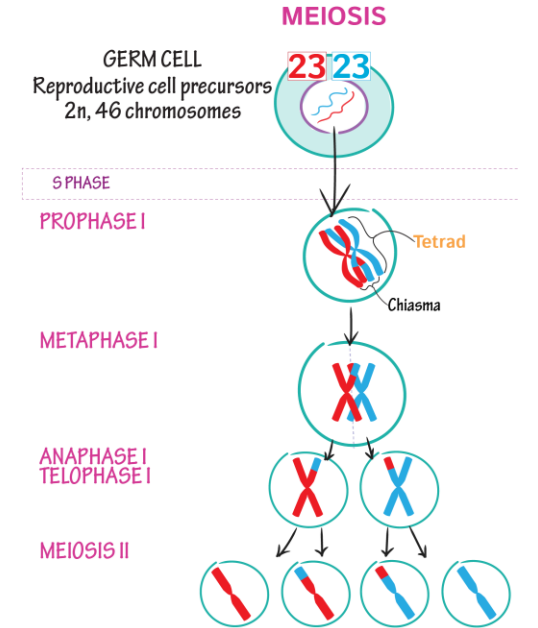
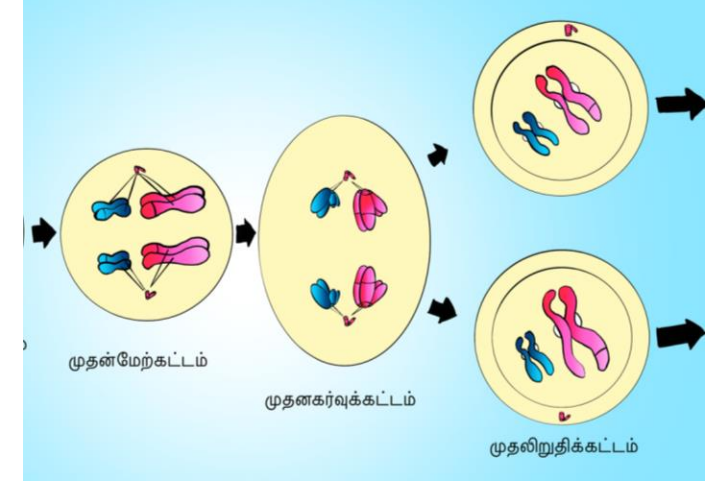
10.4.1 முதற்குன்றற்பிரிதல் (Meiosis I)...

முதலிறுதிக்கட்டம் (Telophase I)

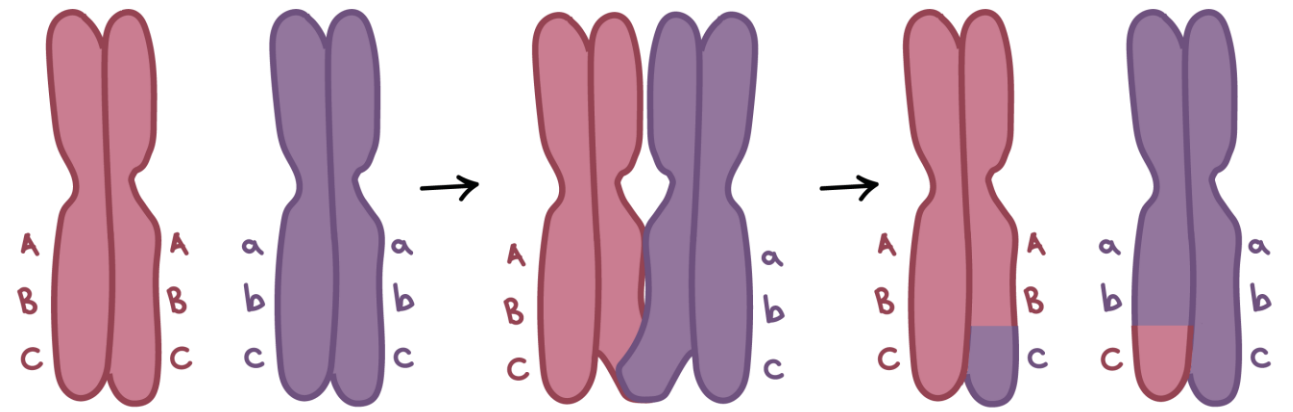
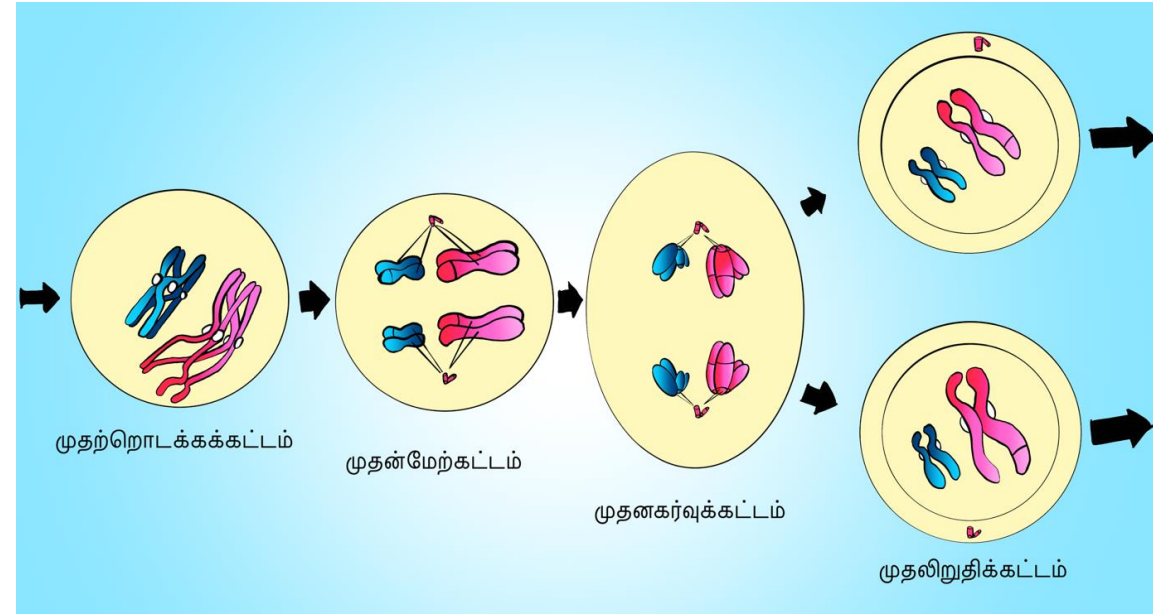
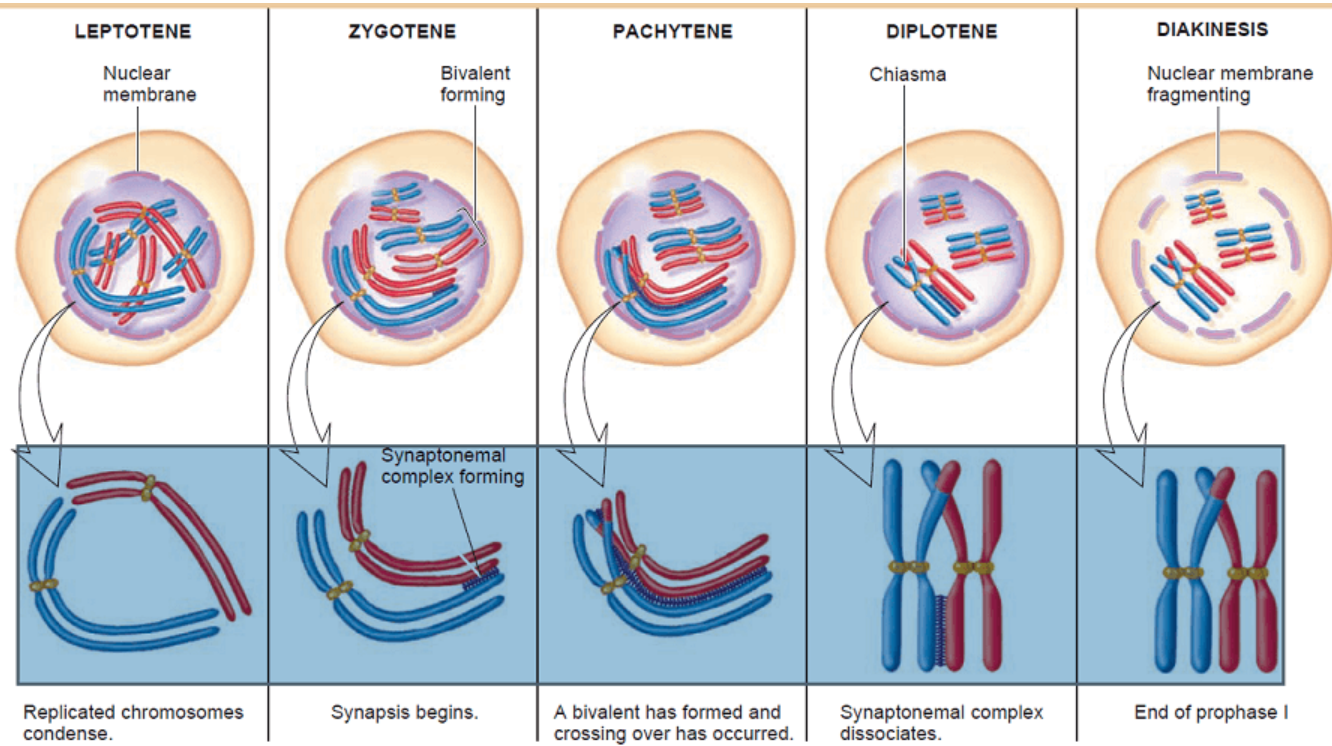
- உட்கருச்சவ்வும் சிறுவுட்கருவும் மீண்டும் தோன்றும்
- அணுக்குழைமசைவு தொடரும் - இது அணுக்களின் இரட்டை (dyad of cells) எனப்படும்
- பல வேளைகளில் மரபுமெய்யங்கள் சற்றே பிரிகையடையினும், இடைக்கட்ட உட்கருவைப்போல் மிகநீண்ட நிலையை அடைவதில்லை

அசைவிடை (interkinesis)

- இரண்டு குன்றற்பிரிதற்கட்டங்களுக்கும் இடையிலுள்ள படிநிலையை அசைவிடை என்கிறோம் - இது மிகக்குறுகியது
- அசைவிடையின்போது அனடிநகலாதல் இல்லை
- அசைவிடையை தொடர்ந்து இரண்டாந்தொடக்கக் கட்டம் நிகழ்கிறது - இது முதற்றொடக்கக் கட்டத்தைவிட மிக எளிதானது



முதற்குன்றற்பிரிதலின் (Meiosis I) சுருக்கம்



10.4.2 இரண்டாங்குன்றற்பிரிதல் (Meiosis I)

இரண்டாங்குன்றற்பிரிதல்:

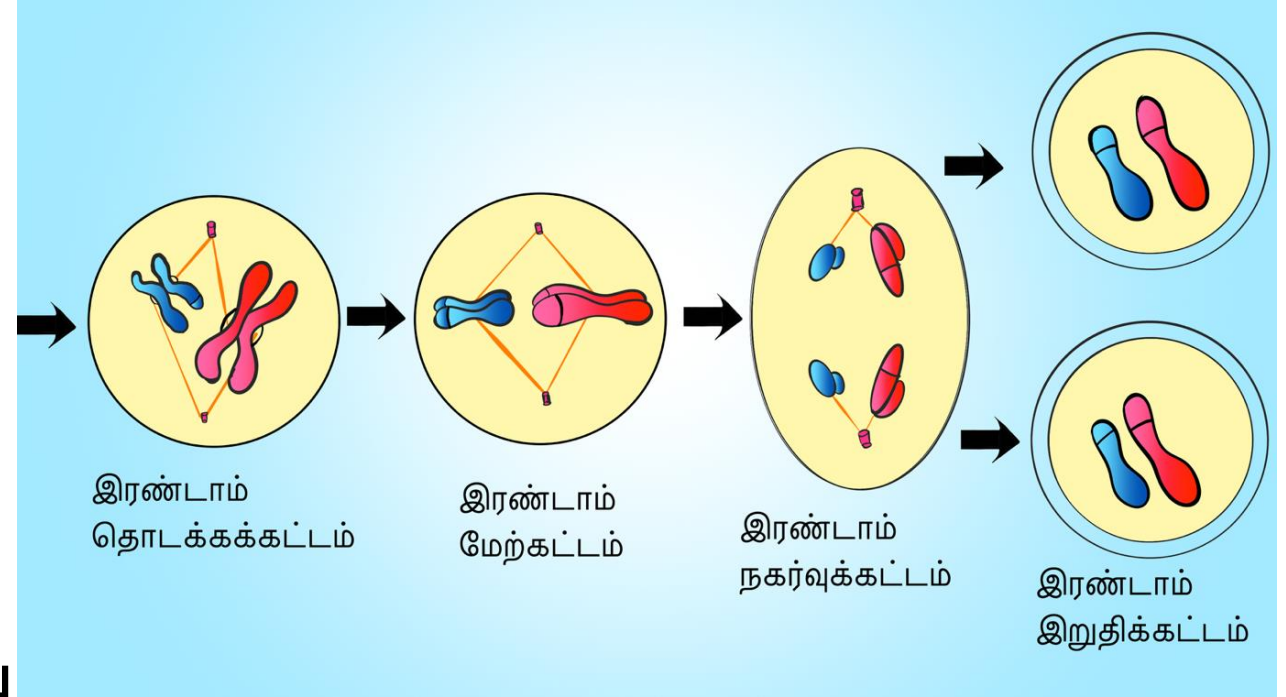
அணுக்குழைமசைவுக்குப்பின் மரபுமெய்யங்கள் முற்றிலும் நீளும்முன் தொடங்குகிறது - முதற்குன்றற்பிரிதலுக்கு முரணாக, இரண்டாங்குன்றற்பிரிதல் இயல்பான முழுப்பிரிவை ஒத்திருக்கும்

இரண்டாந்தொடக்கக்கட்டம் (Prophase II)

- உட்கருச்சவ்வு இரண்டாந்தொடக்கக்கட்டத்தின் முடிவில் மறைந்து மரபுமெய்யங்கள் மீண்டும் திணியும்

இரண்டாம்மேற்கட்டம் (Metaphase II)

- இந்தக்கட்டத்தில் மரபுமெய்யங்கள் நடுக்கோட்டுத்தளத்தில் நேராகி - எதிரெதிர் முனையிலிருக்கும் கதிராணியின் நுண்குழலங்களுடன் - உடன்பிறந்த மரபுமெய்யிளங்களின் நகர்விடங்களால் இணையும்



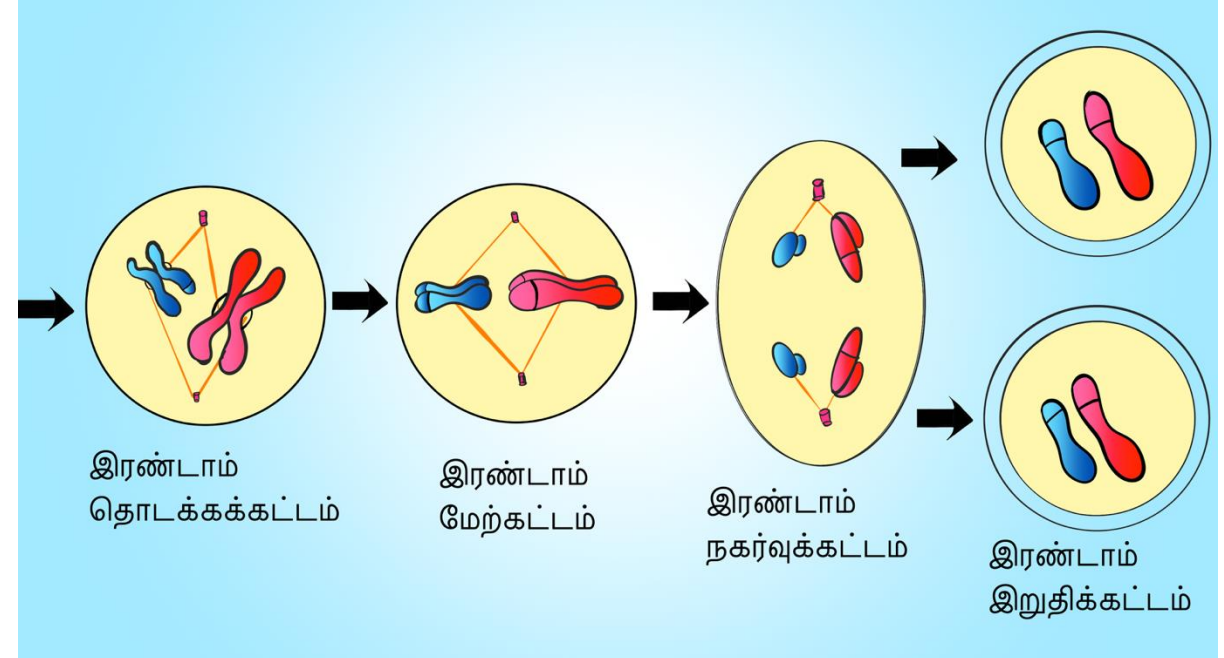
10.4.2 இரண்டாங்குன்றற்பிரிதல் (Meiosis I)...

இரண்டானகர்வுக்கட்டம் (Anaphase II)

- இது ஒவ்வொரு மரபுமெய்யத்தின் மையத்திரளும் ஒரேநேரத்தில் பிரிவதில் தொடங்கும் (மையத்திரள் உடன்பிறந்த மரபுமெய்யிளங்களை பிடித்திருக்கும்)
- நகர்விடங்களில் இணைந்த நுண்குழலங்கள், நீளத்தில் குறுகுவதால் மரபுமெய்யிளங்கள் எதிரெதிர் முனைகளைநோக்கி நகரும்

இரண்டாமிறுதிக்கட்டம் (Telophase II)

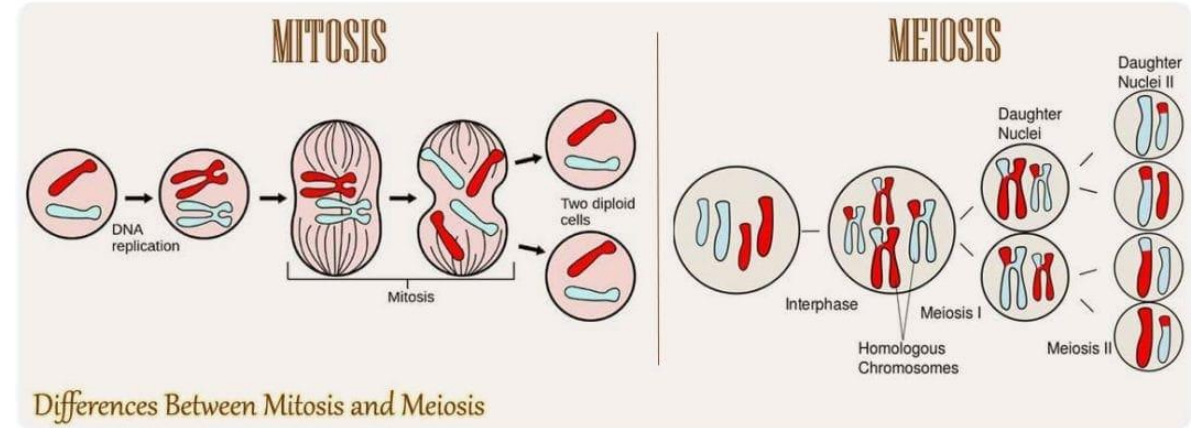
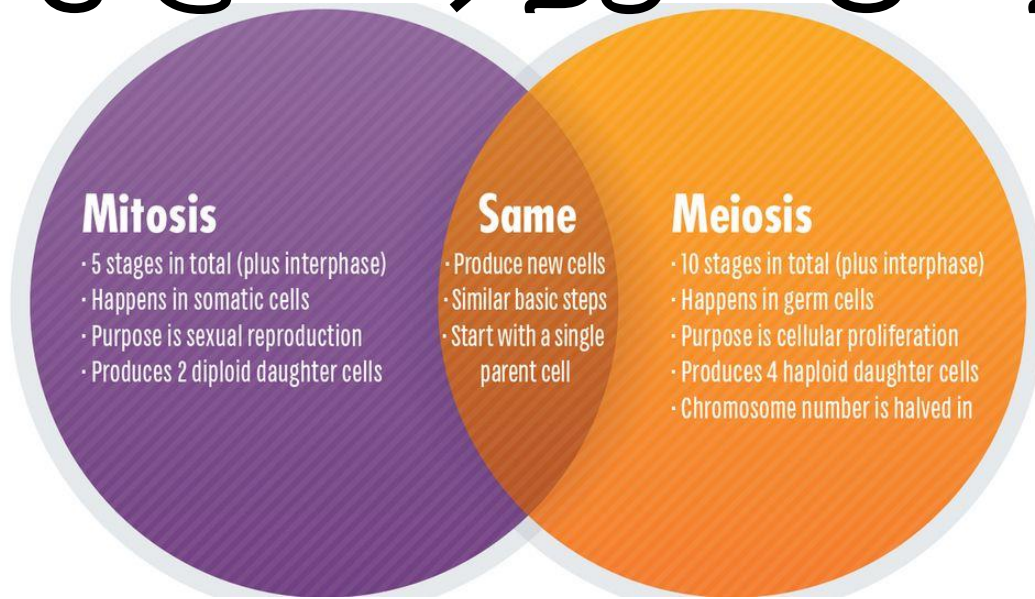
- குன்றற்பிரிதல் இரண்டாமிறுதிக்கட்டத்தில் முடிவடையும்
- இக்கட்டத்தில், மரபுமெய்யங்களின் இரண்டு தொகுதிகளையும் மீண்டும் உட்கருமூடுறைகள் சூழ்ந்து மூடும்
- இதைத் தொடர்ந்து, அணுக்குழைமசைவால் நான்கு ஒற்றைமெய்ய சேயணுக்கள் உருவாகும்



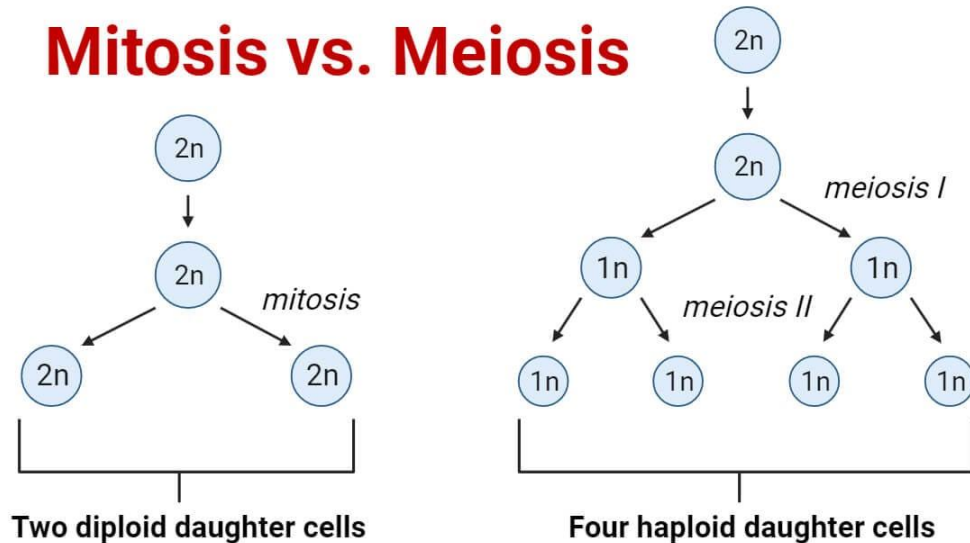
10.5 குன்றற்பிரிதலின் முக்கியத்துவம்

- பாலுறவால் இனப்பெருக்கும் ஒவ்வொரு இனத்தின் எல்லா தலைமுறைகளிலும் குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையான மரபுமெய்யங்கள் இருப்பது குன்றற்பிரிதலின் மூலமே நடைபெறுகிறது
- இந்த நிகழ்முறையில் மரபுமெய்யங்களின் எண்ணிக்கை பாதுகாக்கக் குறைவது ஒரு முரணாக தோன்றும்
- இது உயிரிகளின் அடுத்த தலைமுறையின் இனத்தொகையில் மரபியமாறுமையை அதிகரிக்கிறது
- இந்த மாறுமை படிமலர்ச்சியில் மிகவும் முக்கியமானது

முழுப்பிரிதலும் குன்றற்பிரிதலும் - தொகுப்பு



Mitosis vs. Meiosis

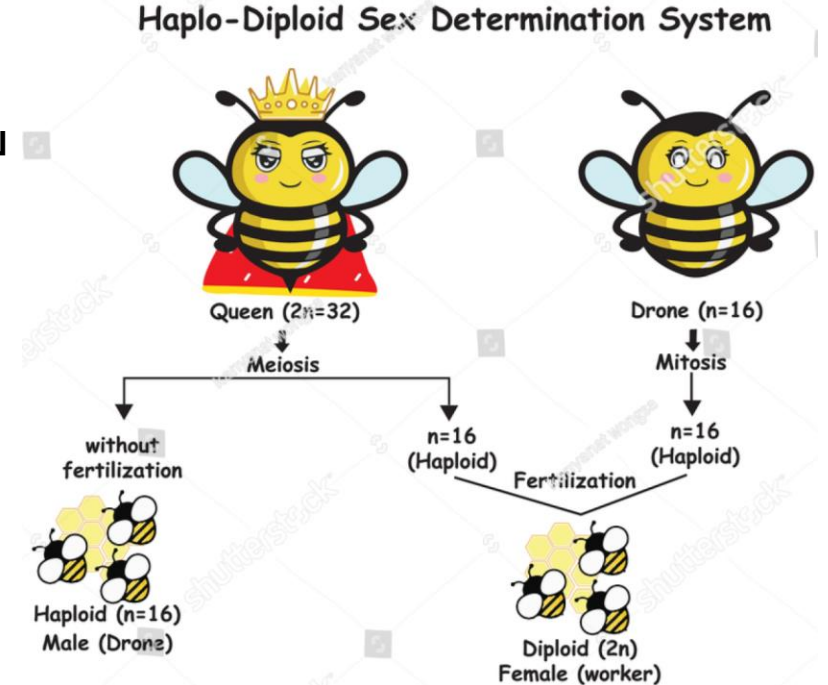


Mitosis vs Meiosis		sciennotes.org	
Prophase	<p>Duplicated chromosomes are two sister chromatids</p>	Prophase I	<p>Meiosis I Tetrads are two pairs of sister chromatids</p>
← Chromosome duplication 2n=4 →			
Metaphase	<p>Duplicated chromosomes align</p>	Metaphase I	<p>Tetrads align Crossing-over</p>
Anaphase Telophase	<p>Sister chromatids separate</p>	Anaphase I Telophase I	<p>Homologous chromosomes separate</p>
<p>2n 2n</p> <p>2 diploid daughter cells</p>		<p>Sister chromatids separate in anaphase II</p> <p>Meiosis 2</p> <p>n n n n</p> <p>4 haploid daughter cells</p>	

அணுப்பிரிதலின் மாற்றமைவுகள்

அணுப்பிரிதலின் மாற்றமைவுகள்:

- முதிர்ந்த விலங்குகளிலுள்ள சில அணுக்கள் (சான்றாக **இதயவணுக்கள்**) பிரிவதில்லை
- வேறு பல அணுக்கள் - காயத்தாலோ அணுவிறப்பாலோ - இழந்த அணுக்களை மீள்வைக்க தேவையானபோதே பிரிகின்றன (கல்லீரலணுக்கள், சிறுநீரகவணுக்கள்)
 - பிரியாத அணுக்கள் முன்கட்டத்தில் வெளியேறி, அமைதிப்படிநிலை - **quiescent stage (G_0)** எனப்படும் செயலற்ற நிலையை அடைகின்றன
 - இந்த நிலையிலுள்ள அணுக்களில், வளர்சிதை மாற்றம் நடைபெறாமல், உயிரியின் தேவைகளைச் சார்ந்து, இனப்பெருக்கம் தேவைப்படும்போது மட்டுமே பெருகின்றன
- விலங்குகளில், முழுப்பிரிதலை (mitotic cell division), இரட்டைமெய்ய உடல (**diploid somatic**) அணுக்களில் மட்டுமே காண்கிறோம்
- ஆனால் விதிவிலக்காக, சில ஒற்றைமெய்யவணுக்கள்கூட முழுப்பிரியும்
 - ஆண் தேனீக்கள் ஒரு சான்று
- இதன் மறுபக்கமாக, **தாவரங்களில்**, ஒற்றை மெய்யவணுக்களும் இரட்டைமெய்யவணுக்களும் முழுப்பிரியலாம்



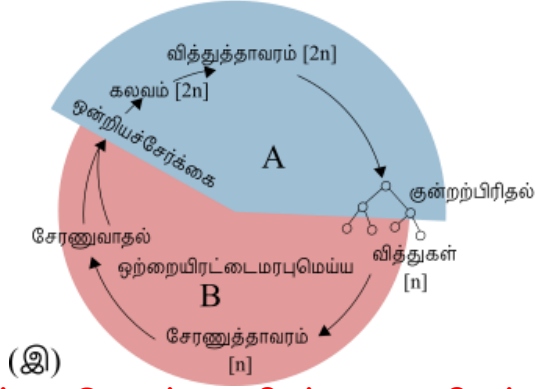
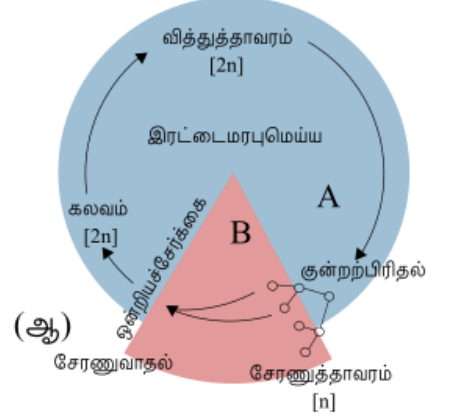
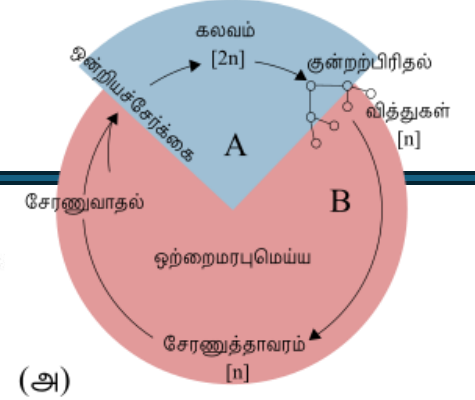
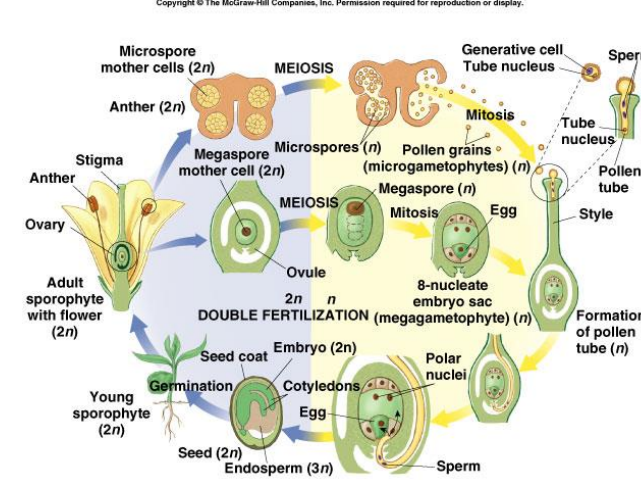
அணுப்பிரிதலின் மாற்றமைவுகள்...

வினா: தாவரங்களில் உங்களுக்கு தெரிந்த தலைமுறைமாறலுக்கான (படலம் 3) சான்றுகளிலிருந்து, ஒற்றைமெய்யவணுக்களில் (haploid) முழுப்பிரியும் தாவரவினங்களையும் கட்டங்களையும் இனங்காண்க

• எந்த பாலுறவுப்பெருக்கத்தாவரத்திலும், சேரணுவண்டாக்கும் ஒற்றைமெய்ய சேரணுத்தாவரமும், வித்துண்டாக்கும் இரட்டைமெய்ய (diploid) வித்துத்தாவரமும், மாறிமாறி வருகின்றன.

• இதை தலைமுறை மாறல் என்கிறோம்

- கலவம் (zygote) குன்றற்பிரிவதன் விளைவாக, ஒற்றைமரபுமெய்ய வித்துகள் உருவாகின்றன
- ஒற்றைமரபுமெய்ய வித்துகள் இழையுருப்பிரிந்து, சேரணுத்தாவரத்தை உண்டாக்குகின்றன
- இத்தகைய தாவரங்களில், மேலோங்கிய ஒளிச்சேர்க்கைத்தாவரம் தனி வாழும் சேரணுத்தாவரம்
- இவ்வகையான வாழ்க்கைச்சுழற்சியை, ஒற்றைமரபுமெய்யிய வாழ்க்கைச்சுழற்சி என்கிறோம்
- உருளால்கா (Volvox), சுருள்வளைவி (Spirogyra) போன்ற பல ஆல்காக்களும் உறையலகியத்தின் (Chlamydomonas) சில இனங்களும் இந்த பாங்கத்தில் உள்ளன



வாழ்க்கைச்சுழற்சிப்பாங்குகள்: (அ) ஒற்றைமரபுமெய்ய (ஆ) இரட்டைமரபுமெய்ய (இ) ஒற்றையிரட்டைமரபுமெய்ய

பாடச்சுருக்கம் - 1

- உயிரணுக்கோட்பாட்டின்படி, அணுக்கள் முன்பே இருக்கும் அணுக்களிலிருந்து எழுகின்றன
- இது நிகழும் நிகழ்முறை **அணுப்பிரிதல்** எனப்படும்
- பாலுறவால் இனப்பெருக்கும் எந்த உயிரியும் அதன் வாழ்க்கைச்சுழற்சியை ஒரு **ஒற்றையணுவான கலவத்தில்** தொடங்கும்
- உயிரி முதிர்ந்தவுடன் அணுப்பிரிதல் நின்றுவிடாமல் அதன் வாழ்க்கைச்சுழற்சியின் முழுவதிலும் தொடரும்

பாடச்சுருக்கம் - 2

- உயிரணு ஒரு பிரிதலிலிருந்து அடுத்த பிரிதல்வரை கடக்கும் படிநிலைகள் அணுச்சுழற்சி எனப்படும்
- அணுச்சுழற்சியை அணுப்பிரிதலுக்கு அணியமாகும் இடைக்கட்டம், அணுப்பிரிதலான முழுப்பிரிதற்கட்டம் ஆகிய இரண்டு கட்டங்களாக பிரிக்கலாம்
- இடைக்கட்டத்தை மேலும் முன்கட்டம், தொகுகட்டம், பின்கட்டம் ஆகிய மூன்று உட்கட்டங்களாக பிரிக்கலாம்
- முன்கட்டத்தில் அணு இயல்பான வளர்சிதைமாற்றங்களை மேற்கொண்டு வளரும்
 - பெரும்பான்மையான அணுவறுப்பு நகலாதலும் இக்கட்டத்திலே நடைபெறும்
- தொகுகட்டத்தில் அனடி நகலாதலும் மரபுமெய்யங்கள் இரட்டித்தலும் நடக்கும்
- பின்கட்டத்தில் அணுக்குழைமம் அதிகரிக்கும்
- இழையுருப்பிரிவையும் (Mitosis) தொடக்கக்கட்டம், மேற்கட்டம், நகர்வுக்கட்டம், இறுதிக்கட்டம் ஆகிய நான்கு உட்கட்டங்களாக பிரிக்கலாம்

பாடச்சுருக்கம் - 3

- **தொடக்கக்கட்டத்தில்** மரபுமெய்யவொருக்கம் நிகழும்
 - அதே நேரத்தில், வெற்றுமையங்கள் எதிரெதிர்முனைகளுக்கு நகரும்
 - உட்கருமூடுறையும் சிறுவுட்கருவும் மறைந்து கதிராணியிழைகள் தோன்றும்
- **மேற்கட்டத்தில்** மரபுமெய்யங்கள் நடுக்கோட்டுத்தட்டில் நேரமையும்
- **நகர்வுக்கட்டத்தில்** மையத்திரளும் இரண்டு மரபுமெய்யிளங்களும் பிரிந்து எதிரெதிர்முனைகளை நோக்கி நகர்த்தொடங்கும்
- **இறுதிக்கட்டத்தில்** மரபுமெய்யிளங்கள் முனைகளை அடையும் - மரபுமெய்யங்கள் நீட்சியடைவது தொடங்கும் சிறுவுட்கருவும் உட்கருமூடுறையும் மீண்டும் தோன்றும்
- உட்கருபிரிதலைத்தொடர்ந்து அணுக்குழைமமும் பிரியும் - இது அணுக்குழைமசைவு எனப்படும்
- **முழுப்பிரிதல்** தாயணுக்களிலுள்ள மரபுமெய்யங்களின் எண்ணிக்கையை சேயணுக்களில் மாறாமல் வைத்திருக்கும் **சமப்பிரிதல்**

பாடச்சுருக்கம் - 4

- முழுப்பிரிதலுக்கு மாறாக, **குன்றற்பிரிதல்** சேரணுக்களாவதற்கு ஒதுக்கப்பட்ட இரட்டைமெய்யவணுக்களில் நிகழ்கிறது
- சேரணுக்களை உண்டாக்கும்போது **மரபுமெய்யங்களின் எண்ணிக்கையை பாதியாக குறைப்பதால்** இது இவ்வாறு அழைக்கப்படும்
 - பாலுறவுப்பெருக்கத்தில் இரண்டு சேரணுக்கள் ஒன்றிழையும்போது மரபுமெய்யங்களின் எண்ணிக்கை தாயணுவுக்கு சமமாக மீளமையும்
- **குன்றற்பிரிதலை** முதற்குன்றற்பிரிதல் இரண்டாங்குன்றற்பிரிதல் என்று இரண்டு கட்டங்களாக பிரிக்கலாம்

பாடச்சுருக்கம் - 5

- முதற்குன்றற்பிரிதலில் நீண்ட தொடக்கக்கட்டம் நிகழ்கிறது
 - இதை மேலும் ஐந்து படிநிலைகளாக பிரிக்கலாம் - மென்னாடா, இணைமநாடா, தடிப்புநாடா, இருநாடா, பிரிவசைவு ஆகியவை
- முதற்றொடக்கக்கட்டத்தில் மரபுமெய்யங்கள் இரண்டிரண்டாக இணைந்து நான்மடிகள் உண்டாகி குறுக்குமாற்றம் ஏற்படும்
- முதன்மேற்கட்டத்தின்போது நான்மடிகள் நடுக்கோட்டுத்தட்டில் நேரமையும்
- முதனகர்வுக்கட்டத்தில் படியொப்புமையான மரபுமெய்யங்கள் தங்கள் இரண்டு மரபுமெய்யிளங்களுடனும் எதிரெதிர் முனைகளைநோக்கி நகரும்
 - ஒவ்வொரு முனையிலும் தாயணுவின் பாதி மரபுமெய்யங்கள் வந்துசேரும்
- முதலிறுதிக்கட்டத்தில் உட்கருமுடுறையும் சிறுவுட்கருவும் மீளுருவாகும்
- இரண்டாங்குன்றற் பிரிதல் முழுப்பிரிதலைப்போன்றது
 - இரண்டானகர்வுக்கட்டத்தின்போது உடன்பிறந்த மரபுமெய்யிளங்கள் பிரியும்
 - இவ்வாறு குன்றற்பிரிவின் இறுதியில் நான்கு ஒற்றைமரபுமெய்ய அணுக்கள் உண்டாகியிருக்கும்

இப்படலத்தில் உள்ள வினாக்கள்

- தாவரங்களும் விலங்குகளும் தங்கள் வாழ்நாள்முழுவதும் எவ்வாறு வளர்கின்றன?
 - தொடந்த அணுப்பிரிவாலும் அணு வளர்ச்சியாலும்
- தாவரத்தின் எல்லா அணுக்களும் எப்போதும் பிரிகின்றனவா?
 - இல்லை
- எல்லா விலங்குகளிலும் எல்லா தாவரங்களிலுமுள்ள எல்லா அணுக்களும் தொடர்ந்து பிரிந்துகொண்டேயிருக்கின்றனவா?
 - இல்லை
- உயர்தாவரங்களில் வாழ்நாள்முழுவதும் பிரியும் அணுக்களுள்ள திசுக்களின் பெயர்களையும் இருப்பிடங்களையும் கூறவியலுமா?
 - வேர், தளிர் ஆகியவற்றின் முனைகளில் உள்ள உச்சவாக்கத் திசுக்களும், வேர்களிலும் தண்டுகளிலும் பக்கவாட்டாக்கத்திசுவாகிய குழலாக்கத்திசுக்களும்
- விலங்குகளில் இவ்வாறான ஆக்கத்திசுக்கள் இருக்கின்றனவா?
 - ஆக்கத்திசுக்கள் இல்லையெனினும் அதற்கிணையான குருத்தணுக்கள் உள்ளன

இப்படலத்தில் உள்ள வினாக்கள்...

- வெங்காயத்தின் வேர்நுனியணுக்களில் முழுப்பிரிவை நீங்கள் கற்றிருக்கிறீர்கள் - ஒவ்வொரு அணுவிலும் 16 மரபுமெய்யங்கள் உள்ளன
 - அணுவில் முன்கட்டத்திலும், தொகு கட்டத்துக்குப்பின்னும், மேற்கட்டத்துக்குப் பின்னும் எத்தனை மரபுமெய்யங்கள் இருக்கின்றன?
 - **16 மரபுமெய்யங்கள்**
 - மேற்கட்டத்துக்குப்பின் அனடியுள்ளடக்கம் 2C எனில், முன்கட்டத்திலும் தொகுகட்டத்துக்குப் பின்னும் பின்கட்டத்திலும் உள்ளடக்கம் என்ன?
 - **முன்கட்டத்தில் 2C**
 - **தொகுகட்டத்துக்குப் பின்னும் பின்கட்டத்திலும் 4C**