

कोशिका चक्र और कोशिका विभाजन

इस अध्याय के सभी महत्वपूर्ण प्रश्न – उत्तर सहित। पहले खुद हल करने की कोशिश करो, फिर उत्तर मिलाओ।

अभ्यास प्रश्न-उत्तर (हर टॉपिक से)

» कोशिका चक्र की अवधारणा और महत्व

प्रश्न 1 (आसान). कोशिका चक्र का मुख्य उद्देश्य क्या है?

उत्तर – कोशिका की वृद्धि, मरम्मत और प्रजनन।

प्रश्न 2 (आसान). कोशिका विभाजन के बिना जीवन में क्या समस्या हो सकती है?

उत्तर – कोई भी जीव बढ़ नहीं पाएगा, और क्षतिग्रस्त कोशिकाएँ ठीक नहीं हो पाएंगी।

प्रश्न 3 (मध्यम). अगर किसी कोशिका का कोशिका चक्र सिर्फ 90 मिनट का है, तो उसका कितना समय M-प्रावस्था (विभाजन) में बीतेगा?

उत्तर – अगर 95% अंतरावस्था में बीतता है, तो 5% M-प्रावस्था में। तो, 90 मिनट का 5% = 4.5 मिनट।

प्रश्न 4 (कठिन). कोशिका चक्र में जीनोम का द्विगुणन (DNA की कॉपी बनाना) क्यों ज़रूरी है?

उत्तर – ताकि जब कोशिका विभाजित हो, तो दोनों नई कोशिकाओं को माता कोशिका जैसा ही पूरा और सही आनुवंशिक पदार्थ (DNA) मिल सके।

» कोशिका चक्र की मुख्य प्रावस्थाएँ: अंतरावस्था और एम प्रावस्था

प्रश्न 5 (आसान). कोशिका चक्र की कितनी मुख्य प्रावस्थाएँ होती हैं?

उत्तर – दो मुख्य प्रावस्थाएँ होती हैं: अंतरावस्था और एम प्रावस्था.

प्रश्न 6 (आसान). किस प्रावस्था में कोशिका वास्तविक रूप से विभाजित होती है?

उत्तर – एम प्रावस्था में.

प्रश्न 7 (मध्यम). मनुष्य की कोशिका के 24 घंटे के कोशिका चक्र में, कौन सी प्रावस्था सबसे अधिक समय लेती है और कितनी?

उत्तर – अंतरावस्था सबसे अधिक समय लेती है, लगभग 23 घंटे (कुल समय का 95% से अधिक).

प्रश्न 8 (कठिन). अंतरावस्था को 'विश्राम प्रावस्था' क्यों कहते हैं, जबकि इसमें बहुत सी जैविक क्रियाएँ होती हैं?

उत्तर – इसे 'विश्राम प्रावस्था' इसलिए कहते हैं क्योंकि इस दौरान कोशिका का वास्तविक विभाजन नहीं होता, पर अंदर ही अंदर DNA प्रतिकृति और कोशिका वृद्धि जैसी सभी ज़रूरी तैयारियाँ होती रहती हैं.

» अंतरावस्था की उप-प्रावस्थाएँ (G1, S, G2)

प्रश्न 9 (आसान). अंतरावस्था की किस उप-प्रावस्था में कोशिका सबसे ज्यादा वृद्धि करती है?

उत्तर – G1 प्रावस्था

प्रश्न 10 (आसान). DNA का संश्लेषण किस प्रावस्था में होता है?

उत्तर – S प्रावस्था

प्रश्न 11 (मध्यम). G2 प्रावस्था में मुख्य रूप से कौन से पदार्थ बनते हैं, जो कोशिका विभाजन में मदद करते हैं?

उत्तर – प्रोटीन

प्रश्न 12 (कठिन). अगर एक कोशिका में G1 में 2n गुणसूत्र और 2C DNA है, तो G2 प्रावस्था के अंत में उसमें गुणसूत्रों की संख्या और DNA की मात्रा क्या होगी?

उत्तर – गुणसूत्र 2n और DNA 4C

» शांत अवस्था (G0) और कोशिका विभाजन का विनियमन

प्रश्न 13 (आसान). शांत अवस्था (G0) में कोशिका उपापचयी रूप से (सक्रिय/निष्क्रिय) होती है।

उत्तर – सक्रिय

प्रश्न 14 (आसान). कौन सी अवस्था में कोशिका विभाजन चक्र से बाहर निकल जाती है?

उत्तर – G0 अवस्था

प्रश्न 15 (मध्यम). मनुष्य में दिल की कोशिकाएं आमतौर पर किस अवस्था में पाई जाती हैं?

उत्तर – G0 अवस्था

प्रश्न 16 (कठिन). प्राणियों में सूत्री विभाजन सामान्यतः किन कोशिकाओं में होता है? क्या इसमें कोई अपवाद है?

उत्तर – प्राणियों में सूत्री विभाजन सामान्यतः द्विगुणित कायिक कोशिकाओं में होता है। हाँ, इसमें अपवाद है, जैसे नर मधुमक्खियाँ जिनकी अगुणित कोशिकाएँ भी सूत्री विभाजन करती हैं।

» सूत्री विभाजन (M प्रावस्था) का परिचय और पूर्वावस्था

प्रश्न 17 (आसान). सूत्री विभाजन की पहली अवस्था का नाम क्या है?

उत्तर – पूर्वावस्था

प्रश्न 18 (आसान). पूर्वावस्था में गुणसूत्र किस रूप में दिखने लगते हैं?

उत्तर – संघनित होकर ठोस रूप में

प्रश्न 19 (मध्यम). पूर्वावस्था के दौरान कौन से कोशिकांग (organelles) अदृश्य होने लगते हैं?

उत्तर – केंद्रिका, गॉल्जीकाय, एंडोप्लाज्मिक रेटिकुलम, केंद्रक आवरण

प्रश्न 20 (कठिन). तारककाय का द्विगुणन किस अवस्था में होता है और वह पूर्वावस्था में क्या करना शुरू करता है?

उत्तर – तारककाय का द्विगुणन अंतरावस्था की S प्रावस्था में होता है, और पूर्वावस्था में वह कोशिका के विपरीत ध्रुवों की ओर चलना शुरू कर देता है।

» सूत्री विभाजन की मध्यावस्था

प्रश्न 21 (आसान). सूत्री विभाजन की किस अवस्था में गुणसूत्र कोशिका के केंद्र में एक सीधी रेखा में पंक्तिबद्ध होते हैं?

उत्तर – मध्यावस्था

प्रश्न 22 (आसान). मध्यावस्था में गुणसूत्र जिस काल्पनिक तल पर पंक्तिबद्ध होते हैं, उसे क्या कहते हैं?

उत्तर – मध्यावस्था पट्टिका

प्रश्न 23 (मध्यम). तर्कुतंतु गुणसूत्र के किस भाग से जुड़ते हैं? उसका कार्य क्या है?

उत्तर – तर्कुतंतु गुणसूत्र के काइनेटोकोर से जुड़ते हैं। इनका कार्य गुणसूत्रों को ध्रुवों की ओर खींचने में मदद करना है।

प्रश्न 24 (कठिन). यदि मध्यावस्था में गुणसूत्र ठीक से मध्यावस्था पट्टिका पर पंक्तिबद्ध न हों, तो कोशिका विभाजन पर क्या प्रभाव पड़ सकता है?

उत्तर – यदि गुणसूत्र ठीक से पंक्तिबद्ध नहीं होते हैं, तो विभाजन के बाद बनने वाली दोनों नई कोशिकाओं में गुणसूत्रों की संख्या असमान हो सकती है, जिससे कोशिका में गंभीर समस्याएँ आ सकती हैं।

» सूत्री विभाजन की पश्चावस्था

प्रश्न 25 (आसान). सूत्री विभाजन की पश्चावस्था में क्या होता है?

उत्तर – गुणसूत्राबिंदु टूटते हैं और संतति अर्धगुणसूत्र विपरीत ध्रुवों की ओर गति करते हैं।

प्रश्न 26 (आसान). पश्चावस्था में गुणसूत्र का कौन-सा हिस्सा टूटता है?

उत्तर – गुणसूत्राबिंदु (Centromere)

प्रश्न 27 (मध्यम). पश्चावस्था में अलग होने वाले क्रोमेटिड को क्या कहते हैं?

उत्तर – संतति अर्धगुणसूत्र (Daughter chromatids) या अब गुणसूत्र।

प्रश्न 28 (कठिन). यदि एक कोशिका में 6 गुणसूत्र हैं, तो पश्चावस्था के अंत में प्रत्येक ध्रुव पर कितने गुणसूत्र पहुँचेंगे?

उत्तर – प्रत्येक ध्रुव पर 6 गुणसूत्र पहुँचेंगे, क्योंकि हर गुणसूत्र का क्रोमेटिड अलग होकर एक नया गुणसूत्र बन जाता है।

» सूत्री विभाजन की अंत्यावस्था

प्रश्न 29 (आसान). सूत्री विभाजन की अंत्यावस्था में गुणसूत्रों का क्या होता है? वे संघनित होते हैं या असंघनित?

उत्तर – वे असंघनित होते हैं।

प्रश्न 30 (आसान). किस अवस्था में केंद्रक झिल्ली का पुनर्निर्माण होता है?

उत्तर – अंत्यावस्था में।

प्रश्न 31 (मध्यम). अंत्यावस्था को पूर्वावस्था का उलटा क्यों कहा जाता है? कोई दो कारण बताओ।

उत्तर – पूर्वावस्था में केंद्रक झिल्ली टूटती है और गुणसूत्र संघनित होते हैं, जबकि अंत्यावस्था में केंद्रक झिल्ली वापस बनती है और गुणसूत्र असंघनित होते हैं।

प्रश्न 32 (कठिन). यदि अंत्यावस्था में केंद्रक झिल्ली का पुनर्निर्माण न हो, तो कोशिका विभाजन पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

उत्तर – यदि केंद्रक झिल्ली का पुनर्निर्माण न हो, तो कोशिका में स्पष्ट रूप से दो अलग केंद्रक नहीं बन पाएंगे, जिससे कोशिका विभाजन अधूरा रहेगा और शायद एक ही कोशिका में दो गुणसूत्र समूह रह जाएंगे।

» कोशिकाद्रव्य विभाजन (साइटोकाइनेसिस)

प्रश्न 33 (आसान). कोशिकाद्रव्य विभाजन क्या है?

उत्तर – केंद्रक विभाजन के बाद कोशिका के अंदर के कोशिकाद्रव्य का दो संतति कोशिकाओं में बँटवारा ही कोशिकाद्रव्य विभाजन है।

प्रश्न 34 (आसान). प्राणी कोशिका और पादप कोशिका में साइटोकाइनेसिस में क्या मुख्य अंतर है?

उत्तर – प्राणी कोशिका में खांच बनती है जबकि पादप कोशिका में कोशिका पट्टिका बनती है।

प्रश्न 35 (मध्यम). अगर कोशिकाद्रव्य विभाजन न हो तो क्या होगा?

उत्तर – अगर कोशिकाद्रव्य विभाजन न हो तो एक ही कोशिका के अंदर कई सारे केंद्रक बन जाएँगे, और दो अलग-अलग कोशिकाएँ नहीं बन पाएँगी। ऐसी कोशिका को 'संकोशिका' कहते हैं।

प्रश्न 36 (कठिन). कोशिका पट्टिका का निर्माण केंद्र से शुरू होकर बाहर की ओर क्यों होता है, जबकि खांच बाहर से अंदर की ओर बनती है?

उत्तर – पादप कोशिकाओं में एक कठोर कोशिका भित्ति होती है जो लचीली नहीं होती, इसलिए बाहर से खांच नहीं बन सकती। अंदर से एक नई दीवार (कोशिका पट्टिका) बनती है जो बाहर की भित्ति से जुड़ जाती है। प्राणी कोशिकाओं में कोशिका भित्ति नहीं होती, इसलिए झिल्ली सिकुड़कर खांच बना सकती है।

» सूत्री कोशिका विभाजन का महत्व

प्रश्न 37 (आसान). अगर एक पौधा अपनी पत्तियाँ गिरा देता है और नई पत्तियाँ आती हैं, तो यह किस विभाजन का उदाहरण है?

उत्तर – सूत्री कोशिका विभाजन

प्रश्न 38 (आसान). तुम्हारे बाल रोज बढ़ते हैं, इसमें कौन सा विभाजन काम करता है?

उत्तर – सूत्री कोशिका विभाजन

प्रश्न 39 (मध्यम). कोशिका के बड़े होने पर उसका केंद्रक-कोशिकाद्रव्य अनुपात बिगड़ जाता है। इसे सही करने के लिए कोशिका कौन सा विभाजन करती है?

उत्तर – सूत्री कोशिका विभाजन

प्रश्न 40 (कठिन). तुम्हारे नाखून बढ़ते रहते हैं और हर महीने हमें उन्हें काटना पड़ता है। यह शरीर में किस प्रक्रिया का लगातार उदाहरण है?

उत्तर – सूत्री कोशिका विभाजन द्वारा नई कोशिकाओं का बनना और पुरानी का प्रतिस्थापन।

» अर्धसूत्री विभाजन का परिचय और मुख्य विशेषताएँ

प्रश्न 41 (आसान). अर्धसूत्री विभाजन को और किस नाम से जानते हैं?

उत्तर – न्यूनकारी विभाजन

प्रश्न 42 (आसान). अर्धसूत्री विभाजन में DNA प्रतिकृति कितनी बार होती है?

उत्तर – एक बार

प्रश्न 43 (मध्यम). अगर प्याज की जड़ की कोशिका में 16 गुणसूत्र हैं, तो उसके परागकण (pollen grain) में कितने गुणसूत्र होंगे?

उत्तर – 8 गुणसूत्र (क्योंकि परागकण लैंगिक कोशिका है)

प्रश्न 44 (कठिन). मानव शरीर में अर्धसूत्री विभाजन कहाँ होता है और इसका मुख्य परिणाम क्या है?

उत्तर – यह जनन ग्रंथियों (अंडाशय और वृषण) में होता है और इसका मुख्य परिणाम अगुणित युग्मकों (शुक्राणु और अंडाणु) का निर्माण है।

» अर्धसूत्री विभाजन I की पूर्वावस्था I (लेप्टोटीन, जाइगोटीन, पैकेटीन, डिप्लोटीन, डायकाइनेसिस)

प्रश्न 45 (आसान). किस अवस्था में गुणसूत्रों का संघनन (compaction) शुरू होता है?

उत्तर – लेप्टोटीन

प्रश्न 46 (आसान). सिनेप्टोनिमल सम्मिश्र का निर्माण किस अवस्था में होता है?

उत्तर – जाइगोटीन

प्रश्न 47 (मध्यम). जीन विनिमय (crossing over) अर्धसूत्री विभाजन I की किस अवस्था की मुख्य घटना है?

उत्तर – पैकेटीन

प्रश्न 48 (कठिन). डिप्लोटीन अवस्था में बनने वाली X-आकार की संरचना को क्या कहते हैं और यह क्यों बनती है?

उत्तर – इसे काएज्मेटा कहते हैं। यह जीन विनिमय (crossing over) के बाद समजात गुणसूत्रों के उन बिंदुओं पर जुड़ाव के कारण बनती है, जहाँ उनके टुकड़ों का आदान-प्रदान हुआ था।

» अर्धसूत्री विभाजन I की मध्यावस्था I, पश्चावस्था I और अंत्यावस्था I

प्रश्न 49 (आसान). अर्धसूत्री विभाजन I की किस अवस्था में समजात गुणसूत्र मध्य रेखा पट्टिका पर व्यवस्थित होते हैं?

उत्तर – मध्यावस्था I

प्रश्न 50 (आसान). अर्धसूत्री विभाजन I की किस अवस्था में समजात गुणसूत्र अलग होते हैं?

उत्तर – पश्चावस्था I

प्रश्न 51 (मध्यम). अर्धसूत्री विभाजन I की अंत्यावस्था I के अंत में, एक कोशिका से कितनी संतति कोशिकाएँ बनती हैं और उनमें गुणसूत्रों की संख्या पैतृक कोशिका से कितनी होती है?

उत्तर – दो संतति कोशिकाएँ बनती हैं, और उनमें गुणसूत्रों की संख्या पैतृक कोशिका की आधी होती है।

प्रश्न 52 (कठिन). मध्यावस्था I और मध्यावस्था II में क्या मुख्य अंतर है, जब गुणसूत्र मध्य रेखा पट्टिका पर व्यवस्थित होते हैं?

उत्तर – मध्यावस्था I में, समजात गुणसूत्रों के जोड़े मध्य रेखा पट्टिका पर एक-दूसरे के आमने-सामने व्यवस्थित होते हैं। जबकि मध्यावस्था II में, केवल एकल गुणसूत्र (जिनमें अभी भी दो अर्धगुणसूत्र होते हैं) मध्य रेखा पट्टिका पर पंक्तिबद्ध होते हैं।

» अंतरालावस्था (इंटरकाइनेसिस) और अर्धसूत्री विभाजन II

प्रश्न 53 (आसान). अर्धसूत्री विभाजन I और II के बीच की अवस्था को क्या कहते हैं?

उत्तर – अंतरालावस्था (इंटरकाइनेसिस)

प्रश्न 54 (आसान). क्या इंटरकाइनेसिस में DNA का प्रतिकृतिकरण होता है?

उत्तर – नहीं

प्रश्न 55 (मध्यम). अर्धसूत्री विभाजन II किस अन्य विभाजन के समान है?

उत्तर – समसूत्री विभाजन

प्रश्न 56 (कठिन). यदि एक कोशिका में अर्धसूत्री विभाजन I के बाद गुणसूत्रों की संख्या 6 है, तो अर्धसूत्री विभाजन II के अंत में प्रत्येक पुत्री कोशिका में गुणसूत्रों की संख्या कितनी होगी?

उत्तर – 6 ही रहेगी, क्योंकि अर्धसूत्री विभाजन II समसूत्री विभाजन के समान होता है जिसमें गुणसूत्रों की संख्या समान रहती है।

» अर्धसूत्री विभाजन II की पूर्वावस्था II, मध्यावस्था II, पश्चावस्था II और अंत्यावस्था II

प्रश्न 57 (आसान). अर्धसूत्री विभाजन II की किस अवस्था में गुणसूत्र मध्य पट्टिका पर संरेखित होते हैं?

उत्तर – मध्यावस्था II

प्रश्न 58 (आसान). अर्धसूत्री विभाजन II के अंत में कितनी अगुणित कोशिकाएँ बनती हैं?

उत्तर – चार

प्रश्न 59 (मध्यम). अर्धसूत्री विभाजन II की किस अवस्था में गुणसूत्रबिंदु का विभाजन होता है?

उत्तर – पश्चावस्था II

प्रश्न 60 (कठिन). अर्धसूत्री विभाजन I और अर्धसूत्री विभाजन II की पूर्वावस्था में मुख्य अंतर क्या है?

उत्तर – पूर्वावस्था I में समजात गुणसूत्र युग्मन करते हैं और उनमें विनिमय होता है, जबकि पूर्वावस्था II में ऐसा कुछ नहीं होता है और यह समसूत्री विभाजन की पूर्वावस्था के समान होती है।

» अर्धसूत्री विभाजन का महत्व

प्रश्न 61 (आसान). यदि कुत्ते की कायिक कोशिका में 78 गुणसूत्र होते हैं, तो उसके शुक्राणु में कितने गुणसूत्र होंगे?

उत्तर – 39

प्रश्न 62 (आसान). अर्धसूत्री विभाजन का कौन सा कार्य नई पीढ़ी में आनुवंशिक विविधता बढ़ाता है?

उत्तर – जीन विनिमय (crossing over)

प्रश्न 63 (मध्यम). बिना अर्धसूत्री विभाजन के लैंगिक जनन करने वाले जीवों में पीढ़ी दर पीढ़ी गुणसूत्रों की संख्या में क्या परिवर्तन आएगा?

उत्तर – गुणसूत्रों की संख्या हर पीढ़ी में दोगुनी होती जाएगी।

प्रश्न 64 (कठिन). अर्धसूत्री विभाजन के दौरान होने वाली आनुवंशिक विभिन्नताएं विकास (Evolution) के लिए क्यों महत्वपूर्ण हैं?

उत्तर – आनुवंशिक विभिन्नताएं जीवों को बदलते पर्यावरण के अनुकूल ढलने में मदद करती हैं, जिससे नई प्रजातियों का विकास होता है और वे जीवित रह पाती हैं।

हल किए हुए उदाहरण (step-by-step)

उदाहरण 1. यदि किसी नई कोशिका को पूरी तरह से विभाजित होने में कुल 24 घंटे लगते हैं, तो वह 'तैयारी' (अंतरावस्था) में कितना समय बिताएगी?

- › कोशिका चक्र की कुल अवधि = 24 घंटे।
- › हमने पढ़ा है कि कोशिका चक्र का 95% से अधिक समय अंतरावस्था में बीतता है।
- › तो, 24 घंटे का 95% निकालो: $(95/100) * 24 = 22.8$ घंटे।
- › इसका मतलब है कि लगभग 22.8 घंटे कोशिका सिर्फ तैयारी में ही लगी रहेगी।

उत्तर – कोशिका अपनी तैयारी (अंतरावस्था) में लगभग 22.8 घंटे बिताएगी।

उदाहरण 2. यदि किसी मनुष्य की कोशिका का कोशिका चक्र 24 घंटे का है, तो अंतरावस्था और एम प्रावस्था में कितना समय लगेगा?

› हमें पता है कि मनुष्य की कोशिका के कोशिका चक्र में अंतरावस्था कुल समय का 95% से ज्यादा होती है और एम प्रावस्था लगभग 1 घंटा।

- › कुल समय = 24 घंटे.
- › एम प्रावस्था का समय = 1 घंटा (लगभग).
- › अंतरावस्था का समय = कुल समय - एम प्रावस्था का समय.
- › अंतरावस्था का समय = 24 घंटे - 1 घंटा = 23 घंटे.
- › प्रतिशत में जांच: $23/24 * 100\% = 95.83\%$, जो 95% से ज्यादा है.

उत्तर – अंतरावस्था = 23 घंटे, एम प्रावस्था = 1 घंटा.

उदाहरण 3. एक कोशिका में G1 प्रावस्था में 2C DNA है और गुणसूत्रों की संख्या $2n$ है। S प्रावस्था के बाद इसमें DNA की मात्रा और गुणसूत्रों की संख्या क्या होगी?

- › G1 प्रावस्था में: DNA = 2C, गुणसूत्र = $2n$
- › S प्रावस्था में DNA का प्रतकृतिकरण होता है, जिससे DNA की मात्रा दुगुनी हो जाती है।
- › S प्रावस्था में गुणसूत्रों की संख्या अपरिवर्तित रहती है, क्योंकि प्रतकृतिकरण के बाद भी दो अर्धगुणसूत्र एक ही सेंट्रोमियर से जुड़े रहते हैं और एक ही गुणसूत्र गिने जाते हैं।

उत्तर – S प्रावस्था के बाद DNA की मात्रा 4C होगी और गुणसूत्रों की संख्या $2n$ ही रहेगी।

उदाहरण 4. एक कोशिका G1 प्रावस्था में प्रवेश करती है, लेकिन उसे विभाजन की आगे आवश्यकता नहीं है। यह कौन-सी अवस्था में चली जाएगी?

- › पहला कदम: हमें समझना है कि कोशिका किस प्रावस्था से निकल रही है - G1।
- › दूसरा कदम: यह भी बताया गया है कि उसे विभाजन की आगे आवश्यकता नहीं है, यानी उसे आराम करना है विभाजन के चक्र से हटकर।
- › तीसरा कदम: वह अवस्था जहाँ कोशिका विभाजन चक्र से निकलकर उपापचयी रूप से सक्रिय रहती है लेकिन विभाजित नहीं होती, वह शांत अवस्था (G_0) है।

उत्तर – यह कोशिका शांत अवस्था (G_0) में चली जाएगी।

उदाहरण 5. एक कोशिका जिसमें 4 गुणसूत्र हैं, उसकी पूर्वावस्था में क्या मुख्य बदलाव दिखेंगे?

- › पहला कदम: कोशिका के अंदर के क्रोमैटिन धागे धीरे-धीरे छोटे और मोटे होकर स्पष्ट गुणसूत्रों के रूप में दिखाई देना शुरू होंगे।
- › दूसरा कदम: सेंट्रोसोम (तारककाय) जो S प्रावस्था में दोगुना हो चुका था, अब कोशिका के एक सिरे से दूसरे सिरे की ओर बढ़ना शुरू कर देगा।
- › तीसरा कदम: कोशिका के अंदर केंद्रिका, गॉल्जीकाय और एंडोप्लाज्मिक रेटिकुलम (ER) जैसी संरचनाएं धीरे-धीरे गायब होने लगेंगी। केंद्रक आवरण भी टूटना शुरू हो जाएगा।

उत्तर – पूर्वावस्था में 4 गुणसूत्र संघनित होकर स्पष्ट होंगे, तारककाय विपरीत ध्रुवों की ओर बढ़ने लगेंगे, और केंद्रिका व केंद्रक आवरण जैसी संरचनाएं अदृश्य होने लगेंगी।

उदाहरण 6. एक कोशिका के सूत्री विभाजन की मध्यावस्था में गुणसूत्रों की मुख्य स्थिति क्या होती है और तर्कुतंतु कहाँ जुड़ते हैं?

- › मध्यावस्था में, सभी संघनित गुणसूत्र कोशिका के भूमध्यरेखीय तल पर आकर व्यवस्थित हो जाते हैं।
- › यह भूमध्यरेखीय तल एक काल्पनिक रेखा है जिसे 'मध्यावस्था पट्टिका' कहते हैं।
- › प्रत्येक गुणसूत्र के 'काइनेटोकोर' (जो गुणसूत्र के सेंट्रोमीयर पर स्थित होता है) से 'तर्कुतंतु' जुड़ते हैं।
- › एक गुणसूत्र का एक काइनेटोकोर एक ध्रुव से और दूसरा काइनेटोकोर विपरीत ध्रुव से आने वाले तर्कुतंतु से जुड़ता है।

उत्तर – मध्यावस्था में गुणसूत्र कोशिका के मध्य में 'मध्यावस्था पट्टिका' पर एक सीधी रेखा में पंक्तिबद्ध होते हैं, और तर्कुतंतु उनके 'काइनेटोकोर' से जुड़ते हैं।

उदाहरण 7. मान लीजिए एक कोशिका में 4 गुणसूत्र हैं। सूत्री विभाजन की पश्चावस्था में इन गुणसूत्रों का क्या होगा?

- › मध्यावस्था तक, हर गुणसूत्र में दो क्रोमेटिड होते हैं जो गुणसूत्राबिंदु से जुड़े होते हैं। तो 4 गुणसूत्रों में कुल 8 क्रोमेटिड हैं।
- › पश्चावस्था के शुरू होते ही, हर गुणसूत्र का गुणसूत्राबिंदु (Centromere) बीच से टूट जाएगा।
- › जैसे ही गुणसूत्राबिंदु टूटता है, हर क्रोमेटिड अब एक अलग 'संतति अर्धगुणसूत्र' बन जाता है।
- › तर्कुतंतु इन संतति अर्धगुणसूत्रों को कोशिका के विपरीत ध्रुवों (poles) की ओर खींचना शुरू कर देंगे।
- › अंतिम परिणाम ये होगा कि एक तरफ 4 संतति अर्धगुणसूत्र होंगे और दूसरी तरफ 4 संतति अर्धगुणसूत्र होंगे, जो संख्या में अब गुणसूत्र कहलाएँगे।

उत्तर – पश्चावस्था के अंत तक, कोशिका के विपरीत ध्रुवों पर 4-4 गुणसूत्रों के सेट पहुँच जाएंगे, यानी कुल 8 गुणसूत्र (जो पहले 4 थे, पर अब उनके क्रोमेटिड अलग होकर नए गुणसूत्र बन गए हैं) कोशिका के दो सिरों पर होंगे।

उदाहरण 8. मान लीजिए एक कोशिका में 4 गुणसूत्र हैं और वह सूत्री विभाजन की अंत्यावस्था में है। इस अवस्था में आप क्या मुख्य बदलाव देखेंगे?

- › पहला बदलाव: गुणसूत्र जो पश्चावस्था में ध्रुवों की ओर गए थे, वे अब हर ध्रुव पर एक जगह इकट्ठा हो जाएंगे।
- › दूसरा बदलाव: ये गुणसूत्र अब मोटे और छोटे नहीं रहेंगे, बल्कि फिर से पतले और लंबे होने लगेंगे, जैसे उनका 'वजन' कम हो गया हो।
- › तीसरा बदलाव: हर गुणसूत्र समूह के चारों तरफ एक नई केंद्रक झिल्ली धीरे-धीरे बनने लगेंगी।
- › चौथा बदलाव: केंद्रिका, गॉल्जीकाय और अंतर्द्रव्यी जालिका जैसे कोशिकांग, जो पूर्वावस्था में गायब हो गए थे, वे भी अब फिर से दिखने लगेंगे।
- › पांचवां बदलाव: अंत में, कोशिका के अंदर दो बिल्कुल नए केंद्रक बन जाएंगे, हर केंद्रक में 4 गुणसूत्र होंगे।
- › छठा बदलाव: इसके साथ ही, कोशिकाद्रव्य विभाजन (cytokinesis) भी शुरू हो जाएगा, जिससे पूरी कोशिका दो हिस्सों में बंटेगी।

उत्तर – अंत्यावस्था में 4 गुणसूत्रों वाली कोशिका के प्रत्येक ध्रुव पर गुणसूत्र एकत्रित होकर पतले होंगे, केंद्रक झिल्ली बनेगी, और कोशिकांग वापस आकर दो नए केंद्रक बना लेंगे।

उदाहरण 9. एक प्राणी कोशिका में कोशिकाद्रव्य विभाजन कैसे होता है, समझाओ।

- › सबसे पहले, केंद्रक विभाजन (Karyokinesis) पूरा हो जाता है और कोशिका में दो केंद्रक बन जाते हैं।
- › इसके बाद, कोशिका की झिल्ली में, बाहर की तरफ से, एक खांच या गड्ढा (furrow) बनना शुरू होता है।
- › यह खांच धीरे-धीरे अंदर की ओर गहरी होती जाती है, जैसे तुम किसी गुब्बारे को बीच से दबा रहे हो।
- › आखिर में, यह खांच इतनी गहरी हो जाती है कि कोशिकाद्रव्य को दो बराबर हिस्सों में बांट देती है, और एक कोशिका से दो नई प्राणी कोशिकाएं बन जाती हैं।

उत्तर – प्राणी कोशिकाओं में कोशिकाद्रव्य विभाजन जीवद्रव्यकला में खांच निर्माण से होता है।

उदाहरण 10. मान लीजिए आपके शरीर की कोई पुरानी कोशिका टूट गई है। इसे ठीक करने और इसकी जगह नई कोशिका बनाने में कौन सा कोशिका विभाजन सहायक होगा?

- › पहचानिए कि यह एक मरम्मत या प्रतिस्थापन का मामला है।
- › याद करें कि वृद्धि और मरम्मत के लिए कौन सा विभाजन होता है।
- › इस स्थिति में, सूत्री विभाजन ही नई और समान कोशिकाएँ बनाएगा।
- › इस प्रकार, सूत्री विभाजन ही टूटी हुई कोशिका की जगह नई कोशिका बनाने में मदद करेगा।

उत्तर – सूत्री कोशिका विभाजन

उदाहरण 11. एक कोशिका जिसमें गुणसूत्रों की संख्या $2n = 46$ है, उसमें अर्धसूत्री विभाजन होने पर बनने वाली संतति कोशिकाओं में कितने गुणसूत्र होंगे?

- › पहचानें कि दी गई कोशिका में गुणसूत्रों की संख्या द्विगुणित ($2n$) है, जो कि 46 है।
- › अर्धसूत्री विभाजन को 'न्यूनकारी विभाजन' कहते हैं, जिसका अर्थ है कि यह गुणसूत्रों की संख्या को आधा कर देता है।
- › तो, 46 का आधा $46/2 = 23$ होता है।
- › इस विभाजन के अंत में चार अगुणित (n) कोशिकाएँ बनती हैं।
- › प्रत्येक संतति कोशिका में गुणसूत्रों की संख्या अगुणित (n) होगी।

उत्तर – अर्धसूत्री विभाजन के बाद बनने वाली प्रत्येक संतति कोशिका में 23 गुणसूत्र होंगे।

उदाहरण 12. मान लीजिए एक द्विगुणित कोशिका ($2n$) में 4 गुणसूत्र हैं। अर्धसूत्री विभाजन I की पूर्ववस्था I की विभिन्न अवस्थाओं में इन गुणसूत्रों का व्यवहार कैसे होगा?

- › लेप्टोटीन: 4 गुणसूत्र धागों की तरह दिखेंगे, लेकिन धीरे-धीरे सिकुड़ना शुरू कर देंगे।
- › जाइगोटीन: प्रत्येक समजात गुणसूत्र (यानी एक जैसे दिखने वाले) एक-दूसरे के साथ जोड़े बनाना शुरू करेंगे। इस कोशिका में 2 जोड़े समजात गुणसूत्र बनेंगे (कुल 4 गुणसूत्र)। यह युग्मन 'सिनेप्सिस' कहलाएगा और एक 'सिनेप्टोनिमल सम्मिश्र' बनेगा।
- › पैकेटीन: अब इन जोड़ों के बीच आनुवंशिक सामग्री का आदान-प्रदान (क्रॉसिंग ओवर) होगा। जैसे मान लो, एक लाल गुणसूत्र का टुकड़ा नीले गुणसूत्र में चला गया और नीले का लाल में। इससे नए कॉम्बिनेशन वाले गुणसूत्र बनेंगे।
- › डिप्लोटीन: सिनेप्टोनिमल सम्मिश्र टूटने लगेगा और समजात गुणसूत्र एक-दूसरे से अलग होने लगेंगे, लेकिन जहां क्रॉसिंग ओवर हुआ था, वहां अभी भी जुड़े रहेंगे। ये X-आकार की संरचनाएं 'काएज्मेटा' कहलाएंगी।
- › डायकाइनेसिस: काएज्मेटा गुणसूत्रों के किनारों की ओर खिसकेंगे और केंद्रक झिल्ली व केंद्रिका गायब होने लगेगी। गुणसूत्र पूरी तरह संघनित हो जाएंगे और मध्यावस्था के लिए तैयार हो जाएंगे।

उत्तर – पूर्ववस्था I की इन पांचों उप-अवस्थाओं से गुजरने के बाद, कोशिका मध्यावस्था I में प्रवेश करती है, जहां क्रॉसिंग ओवर के कारण आनुवंशिक रूप से भिन्न गुणसूत्र जोड़े मध्य प्लेट पर व्यवस्थित होते हैं।

उदाहरण 13. एक कोशिका जिसमें $2n=4$ गुणसूत्र हैं, अर्धसूत्री विभाजन I की मध्यावस्था I, पश्चावस्था I और अंत्यावस्था I में गुणसूत्रों की व्यवस्था और संख्या समझाइए।

› मध्यावस्था I में: यदि $2n=4$ है, तो इसका मतलब है कि कोशिका में गुणसूत्रों के 2 जोड़े हैं। ये दोनों जोड़े (कुल 4 गुणसूत्र) कोशिका की मध्य रेखा पट्टिका पर एक-दूसरे के आमने-सामने व्यवस्थित हो जाएंगे। प्रत्येक समजात गुणसूत्र में दो अर्धगुणसूत्र होते हैं, जो गुणसूत्रबिंदु से जुड़े रहते हैं।

› पश्चावस्था I में: जो समजात गुणसूत्रों के जोड़े मध्यावस्था पट्टिका पर थे, वे अब अलग-अलग ध्रुवों की ओर खिंचना शुरू कर देंगे। यानी, एक ध्रुव पर 2 गुणसूत्र (प्रत्येक में दो अर्धगुणसूत्र) और दूसरे ध्रुव पर भी 2 गुणसूत्र (प्रत्येक में दो अर्धगुणसूत्र) पहुँचेंगे। इस अवस्था में गुणसूत्रबिंदु नहीं टूटते हैं।

› अंत्यावस्था I में: जब गुणसूत्र ध्रुवों पर पहुँच जाते हैं, तो प्रत्येक ध्रुव पर गुणसूत्रों के दो-दो समूह बन जाते हैं। अब इन समूहों के चारों ओर केंद्रक आवरण फिर से बनना शुरू हो जाएगा। इसके साथ ही कोशिका द्रव्य का भी विभाजन होगा (साइटोकाइनेसिस)। परिणाम स्वरूप, दो नई कोशिकाएं बनेंगी, और हर कोशिका में गुणसूत्रों की संख्या आधी हो जाएगी ($n=2$)।

उत्तर – अर्धसूत्री विभाजन I की मध्यावस्था I में, 4 गुणसूत्रों के 2 जोड़े मध्यावस्था पट्टिका पर व्यवस्थित होंगे। पश्चावस्था I में, ये समजात जोड़े एक-दूसरे से अलग होकर विपरीत ध्रुवों पर जाएंगे। अंत्यावस्था I के अंत में, दो कोशिकाएं बनेंगी, जिनमें से प्रत्येक में $n=2$ गुणसूत्र होंगे, और हर गुणसूत्र में अभी भी दो अर्धगुणसूत्र जुड़े होंगे।

उदाहरण 14. अगर एक कोशिका में $2n=4$ गुणसूत्र हैं, तो अर्धसूत्री विभाजन I के बाद बनने वाली दो कोशिकाओं में गुणसूत्रों की संख्या क्या होगी? और अर्धसूत्री विभाजन II के बाद बनने वाली चारों कोशिकाओं में गुणसूत्रों की संख्या और DNA की मात्रा क्या होगी, अगर इंटरकाइनेसिस के दौरान DNA प्रतिकृति नहीं हुई?

› स्टेप 1: अर्धसूत्री विभाजन I के बाद, गुणसूत्रों की संख्या आधी हो जाती है। तो, प्रत्येक दो नई कोशिका में गुणसूत्रों की संख्या 2 होगी ($n=2$)। DNA की मात्रा C से 2C हो चुकी होती है (क्योंकि I से पहले ही DNA प्रतिकृति हुई थी, और गुणसूत्र अलग हुए पर क्रोमैटिड नहीं)।

› स्टेप 2: अंतरालावस्था (इंटरकाइनेसिस) के दौरान DNA का कोई प्रतिकृतिकरण नहीं होता। तो, प्रत्येक कोशिका में गुणसूत्रों की संख्या $n=2$ ही रहेगी, और DNA की मात्रा 2C ही रहेगी जब तक अर्धसूत्री विभाजन II शुरू नहीं होता।

› स्टेप 3: अर्धसूत्री विभाजन II, समसूत्री विभाजन की तरह है। इसमें क्रोमैटिड्स अलग होते हैं। तो, अर्धसूत्री विभाजन II के अंत में, कुल चार कोशिकाएं बनेंगी।

› स्टेप 4: इन चारों कोशिकाओं में गुणसूत्रों की संख्या $n=2$ रहेगी (क्योंकि क्रोमैटिड्स अलग हुए, गुणसूत्र नहीं), और DNA की मात्रा C हो जाएगी (क्योंकि 2C DNA, दो कोशिकाओं में बँट गया)।

› अरे स्को, मैं एक चीज़ और साफ कर दूँ। 'गुणसूत्रों की संख्या' और 'DNA की मात्रा' में फर्क है। शुरू में $2n=4$ गुणसूत्र और 2C DNA था। S फेज के बाद $2n=4$ गुणसूत्र और 4C DNA हो गया। फिर अर्धसूत्री I के बाद, हर कोशिका में $n=2$ गुणसूत्र (लेकिन हर गुणसूत्र में अभी भी दो क्रोमैटिड हैं) और 2C DNA बचा। अब इंटरकाइनेसिस के बाद, अर्धसूत्री II शुरू होता है। इसमें क्रोमैटिड अलग होते हैं। तो, अंत में $n=2$ गुणसूत्र और C DNA मिलेगा हर कोशिका में।

उत्तर – अर्धसूत्री विभाजन I के बाद प्रत्येक कोशिका में गुणसूत्रों की संख्या 2 ($n=2$) और DNA की मात्रा 2C होगी। इंटरकाइनेसिस में DNA प्रतिकृति नहीं होती। अर्धसूत्री विभाजन II के बाद बनने वाली प्रत्येक चार कोशिकाओं में गुणसूत्रों की संख्या 2 ($n=2$) और DNA की मात्रा C होगी।

उदाहरण 15. मान लीजिए एक द्विगुणित कोशिका में अर्धसूत्री विभाजन I के बाद प्रत्येक संतति कोशिका में 2 गुणसूत्र (प्रत्येक में दो क्रोमैटिड) हैं। अर्धसूत्री विभाजन II की प्रत्येक अवस्था में क्या होगा?

› पूर्वावस्था II: केंद्रक आवरण अदृश्य हो जाएगा, और 2 गुणसूत्र (हर गुणसूत्र में दो क्रोमैटिड) फिर से स्पष्ट और संघनित दिखेंगे।

› मध्यावस्था II: ये 2 गुणसूत्र कोशिका के केंद्र में एक सीधी रेखा में आ जाएंगे। तर्कु तंतु हर गुणसूत्र के सेंट्रोमियर से जुड़ जाएंगे।

› पश्चावस्था II: दोनों गुणसूत्रों के सेंट्रोमियर विभाजित हो जाएंगे। अब हर गुणसूत्र के दोनों क्रोमैटिड अलग-अलग हो जाएंगे, और ये अब संतति अर्धगुणसूत्र कहलाएंगे। ये संतति अर्धगुणसूत्र विपरीत ध्रुवों की ओर खिंचना शुरू कर देंगे।

› अंत्यावस्था II: हर ध्रुव पर 2 संतति अर्धगुणसूत्र पहुँच जाएंगे। उनके चारों ओर नया केंद्रक आवरण बन जाएगा। फिर

कोशिका द्रव्य विभाजित होगा और अंत में दो कोशिकाओं से कुल चार अगुणित कोशिकाएं बनेंगी, हर कोशिका में 2 गुणसूत्र (एकल क्रोमेटिड वाले)।

उत्तर – अर्धसूत्री विभाजन II के अंत में, प्रत्येक मूल द्विगुणित कोशिका से चार अगुणित कोशिकाएं बनती हैं, जिनमें से प्रत्येक में मूल कोशिका की तुलना में आधे गुणसूत्र होते हैं (यहाँ 2 गुणसूत्र, एकल क्रोमेटिड वाले)।

उदाहरण 16. यदि किसी जीव की कायिक कोशिका में $2n=8$ गुणसूत्र हैं, तो अर्धसूत्री विभाजन के बाद बनने वाले युग्मकों में कितने गुणसूत्र होंगे और फिर निषेचन के बाद नई पीढ़ी की कायिक कोशिका में कितने गुणसूत्र होंगे?

- › 1. जीव की कायिक कोशिका में गुणसूत्र संख्या $(2n) = 8$ है।
- › 2. अर्धसूत्री विभाजन का मुख्य उद्देश्य गुणसूत्रों की संख्या को आधा करना है।
- › 3. इसलिए, अर्धसूत्री विभाजन के बाद बनने वाले युग्मकों में गुणसूत्रों की संख्या $8/2 = 4$ होगी।
- › 4. निषेचन के दौरान, दो युग्मक (प्रत्येक में 4 गुणसूत्र) आपस में मिलते हैं।
- › 5. तो, नई पीढ़ी की कायिक कोशिका में गुणसूत्रों की संख्या $4 + 4 = 8$ होगी।

उत्तर – युग्मकों में 4 गुणसूत्र होंगे, और नई पीढ़ी की कायिक कोशिका में 8 गुणसूत्र होंगे। इस प्रकार गुणसूत्रों की संख्या पीढ़ी दर पीढ़ी स्थिर बनी रहेगी।

बोर्ड परीक्षा के लिए खास

- यह अवधारणा बोर्ड परीक्षाओं के लिए बहुत महत्वपूर्ण है क्योंकि यह पूरे 'कोशिका विभाजन' अध्याय का आधार है। कोशिका चक्र की परिभाषा, महत्व और अंतरावस्था-M प्रावस्था के बीच के अंतर को अच्छे से समझना।
- यह भाग, विशेषकर अंतरावस्था और एम प्रावस्था के बीच का समय और कार्य-विभाजन, अक्सर बोर्ड परीक्षाओं में पूछा जाता है। इनकी विशेषताओं को ठीक से याद रखना।
- S प्रावस्था में DNA की मात्रा दुगुनी होती है, लेकिन गुणसूत्र संख्या वही रहती है – यह बोर्ड परीक्षा का एक बहुत पसंदीदा प्रश्न है, इसे अच्छे से समझ लेना!
- G0 अवस्था की परिभाषा और प्राणियों तथा पादपों में सूत्री विभाजन के अपवाद, खासकर नर मधुमक्खी का उदाहरण, बोर्ड परीक्षाओं के लिए बहुत महत्वपूर्ण हैं।
- पूर्वावस्था के दौरान होने वाली घटनाओं को सही क्रम में याद रखना बहुत ज़रूरी है, खासकर गुणसूत्रों का संघनन और तारककाय का धुवों की ओर जाना। डायग्राम बनाते समय भी इन बिंदुओं पर ध्यान दें।
- मध्यावस्था पट्टिका का आरेख (diagram) बनाना और तर्कुतंतु के जुड़ाव को दर्शाना बोर्ड परीक्षाओं में अक्सर पूछा जाता है। अभ्यास करना मत भूलना!
- पश्चावस्था के दौरान 'गुणसूत्राबिंदु विखंडित होते हैं' इस मुख्य घटना को अपनी उत्तर पुस्तिका में स्पष्ट रूप से लिखें।
- यह अवस्था पूर्वावस्था के बिल्कुल विपरीत है, दोनों के लक्षणों की तुलना करते हुए याद करना बोर्ड परीक्षा के लिए बहुत मददगार होगा।
- प्राणी और पादप कोशिकाओं में कोशिकाद्रव्य विभाजन के तरीकों का अंतर बोर्ड परीक्षा में अक्सर पूछा जाता है। इसे चित्र के साथ अच्छे से तैयार करना, बच्चों।
- यह विषय बोर्ड परीक्षा के लिए बहुत महत्वपूर्ण है। सूत्री विभाजन के महत्व के मुख्य बिंदुओं को उदाहरणों के साथ याद रखना चाहिए।
- अर्धसूत्री विभाजन I और II की अवस्थाओं के नाम और उनमें होने वाली मुख्य घटनाओं को याद रखना बहुत ज़रूरी है, खासकर पूर्वावस्था I की उप-अवस्थाएँ जैसे जाइगोटीन और पैकेटीन, जहाँ 'सूत्रायुग्मन' और 'विनिमय (crossing over)' होता है। ये सीधे-सीधे बोर्ड परीक्षा में पूछे जाते हैं!
- पूर्वावस्था I की ये पाँचों उप-अवस्थाएँ और उनमें होने वाली मुख्य घटनाओं को क्रम से याद रखना बोर्ड परीक्षा के लिए बहुत ज़रूरी है। अक्सर इनसे सीधे प्रश्न आते हैं!

- अर्धसूत्री विभाजन I की मध्यावस्था I, पश्चावस्था I और अंत्यावस्था I के चित्र बनाकर उनका लेबलिंग करने का अभ्यास करें। अक्सर परीक्षा में इन अवस्थाओं की पहचान करने वाले प्रश्न आते हैं।
- इंटरकाइनेसिस में DNA प्रतिकृति नहीं होती, यह बात बोर्ड परीक्षा के लिए बहुत महत्वपूर्ण है। इसे बिल्कुल मत भूलना!
- अर्धसूत्री विभाजन I और अर्धसूत्री विभाजन II के बीच के अंतरों को, खासकर पश्चावस्था I और पश्चावस्था II की घटनाओं को, बहुत ध्यान से याद रखना। ये अक्सर बोर्ड परीक्षा में पूछे जाते हैं!
- यह प्रश्न 'अर्धसूत्री विभाजन का महत्व' सीधे बोर्ड परीक्षा में पूछा जा सकता है। इसके दोनों मुख्य बिंदुओं (गुणसूत्र संख्या का संरक्षण और आनुवंशिक विभिन्नताएं) को अच्छे से समझना और लिखना बहुत ज़रूरी है।

एक नज़र में रिवीज़न

- › कोशिका चक्र: वृद्धि, मरम्मत, प्रजनन हेतु कोशिका विभाजन की प्रक्रिया।
- › कोशिका चक्र: अंतरावस्था (तैयारी) >95% समय, एम प्रावस्था (विभाजन) <5% समय.
- › G1 (वृद्धि), S (DNA प्रतिकृति), G2 (प्रोटीन संश्लेषण)
- › G0: G1 से बाहर, उपापचयी सक्रिय, विभाजन नहीं; वनियमन प्राणियों/पादपों में भिन्न।
- › पूर्ववस्था: गुणसूत्र संघनन शुरू, तारककाय विपरीत ध्रुवों की ओर, केंद्रक आवरण विघटन।
- › गुणसूत्र मध्यरेखा पर, मध्यावस्था पट्टिका पर; तर्कुतंतु काइनेटोकोर से जुड़े।
- › पश्चावस्था: गुणसूत्रबिंदु टूटते हैं; संतति अर्धगुणसूत्रा विपरीत ध्रुवों पर जाते हैं।
- › अंत्यावस्था: गुणसूत्र ध्रुवों पर, असंघनित, केंद्रक झिल्ली व अंगक पुनर्निर्माण।
- › केंद्रक विभाजन के बाद कोशिकाद्रव्य का बँटवारा; प्राणी-खांच, पादप-पट्टिका।
- › वृद्धि, मरम्मत, कोशिका प्रतिस्थापन, केंद्रक-कोशिकाद्रव्य अनुपात बनाए रखना।
- › अर्धसूत्री विभाजन: न्यूनकारी विभाजन, गुणसूत्र आधे (2n), 2 चक्र विभाजन, 1 चक्र DNA प्रतिकृति, 4 अगुणित कोशिकाएँ।
- › पूर्ववस्था I: लेप्टोटीन (संघनन), जाइगोटीन (सिनेप्सिस), पैकेटीन (क्रॉसिंग ओवर), डिप्लोटीन (काएज्मेटा), डायाकाइनेसिस (केंद्रक झिल्ली गायब)।
- › मध्यावस्था I में समजात गुणसूत्र मध्य पट्टिका पर, पश्चावस्था I में समजात गुणसूत्र पृथक्करण, अंत्यावस्था I में कोशिका द्विक निर्माण।
- › अर्धसूत्री I और II के बीच इंटरकाइनेसिस; DNA प्रतिकृति नहीं; अर्धसूत्री II = समसूत्री विभाजन।
- › अर्धसूत्री विभाजन II = समसूत्री विभाजन जैसा, संतति अर्धगुणसूत्र अलग होते हैं, अंत में 4 अगुणित कोशिकाएँ।
- › अर्धसूत्री विभाजन: गुणसूत्र संख्या स्थिर + आनुवंशिक विविधता + विकास।