

17. MITOSE EN MEIOSE MET TOUWTJES

In dit practicum beelden de leerlingen de fasen van de mitose en/of de meiose uit met behulp van gekleurde koordjes die chromosomen voorstellen. Dit practicum kan de leerlingen helpen grip te krijgen op wat er in de opeenvolgende fasen gebeurt. Om leerlingen duidelijk te maken dat chromosomen alleen tijdens de mitose en meiose gespiraliseerd zijn, wordt gekleurd garen gebruikt als model voor ongespiraliseerde chromosomen. Dit uitbeeldpracticum is ontwikkeld door Caspar Geraedts (VU Lerarenacademie, Amsterdam).

duur	één lesuur (50 minuten), incl. voor- en nabespreking
doelgroep	derde klas havo/vwo, bovenbouw vmbo/havo/vwo
doelen	<p>Leerlingen kunnen:</p> <ul style="list-style-type: none">• uitleggen wat de begrippen chromosoom, chromosomenpaar en chromatide betekenen;• beschrijven wat er in de verschillende fasen van de mitose en de meiose gebeurt;• uitleggen dat chromosomen tijdens de mitose en de meiose gespiraliseerd zijn (en dat het voor een delende cel veel lastiger zou zijn om ongespiraliseerde chromosomen te verdelen over de dochtercellen).
nodig	<ul style="list-style-type: none">• chromosoommodel, gemaakt van drie kleuren koord (zie verderop); voor dit practicum kan hetzelfde chromosoommodel gebruikt worden dat beschreven wordt in practicum 14• drie kleuren garen (corresponderend met de kleuren van de koordjes)• gripzakjes (zip-lock bags)• A3-papier (en eventueel stift)

voorbereiding (eenmalig)

1. Maak een chromosoommodel van drie verschillende kleuren koord (bijvoorbeeld meubel- of jassenkoord¹). Voor dit practicum kan hetzelfde chromosoommodel gebruikt worden dat beschreven wordt in practicum 14 (in dat geval moet eigenlijk wel rekening gehouden worden met de allelen: twee zusterchromatiden hebben natuurlijk in principe dezelfde allelen).
2. Het is prettig om in totaal zo'n 10 tot 15 sets chromosomen te hebben om leerlingen in tweetallen (of kleine groepjes) te kunnen laten werken. Let op: een set bestaat in dit geval uit vier touwtjes van elke kleur.
3. De koordjes stellen in dit practicum specifiek *gespiraliseerde* chromosomen voor. Het plastic gripzakje stelt dan het kernmembraan voor. Gebruik drie kleuren garen (die corresponderen met de kleuren van de koordjes) om een model te maken van een celkern met *ongespiraliseerde* chromosomen. Vul twee zakjes met garen; met in het ene zakje twee keer zoveel garen als in het andere. Het eerste zakje stelt dan een celkern voor in de G₀- of G₁-fase; het tweede zakje een cel in de G₂-fase (na DNA-replicatie).



¹ Zie bijvoorbeeld: www.furnituren4fun.eu.

voorbereiding mitose

1. Print voor elke leerling of tweetal het werkblad mitose (zie bijlage).
2. Het model is het krachtigst als de zusterchromatiden ook echt aan elkaar vast zitten. Bind daarom bij voorkeur van elke set de zusterchromatiden aan elkaar vast met garen; dat wordt het centromeer. Elke set bestaat nu uit twee keer twee aan elkaar gebonden touwtjes, in drie kleuren.
3. Hang eventueel twee lange draden garen van één kleur (4 tot 5 meter) ergens op ooghoogte in het klaslokaal, parallel naast elkaar. Plak de draden op één plek met een plakbandje aan elkaar (dat is het centromeer). Leerlingen krijgen hierdoor een indruk van de lengte die DNA-moleculen / chromosomen zouden hebben als ze niet opgevouwen zouden liggen in de celkern.
4. Zorg ervoor dat leerlingen hun Binas bij de hand hebben.

uitvoering mitose

1. Laat de twee zakjes met garen zien, en vertel dat deze celkernen voorstellen. Laat een paar leerlingen echt goed kijken en eventueel voelen aan de zakjes om te constateren dat in het ene zakje veel meer garen (DNA) zit dan in het andere.
2. Vraag de leerlingen in welke fase van de celcyclus deze celkernen zich bevinden (zie Binas 76A).
3. Vraag kort na wat leerlingen (nog of al) weten over DNA-replicatie. Vertel dat na DNA-replicatie de eigenlijke kerndeling (mitose) kan plaatsvinden.
4. Wijs leerlingen op de twee lange draden garen (met ergens in het midden de centromeer) die in de klas gespannen zijn: deze draden stellen dubbelstrengs DNA-moleculen voor (opgerold om eiwitten zouden we ze chromosomen noemen). Er heeft al DNA-replicatie plaatsgevonden, dus er liggen twee identieke moleculen naast elkaar, maar ze zitten nog wel aan elkaar vast. Van deze draden moet er dus één naar elke dochtercel.
5. Laat nogmaals het zakje met garen zien dat de G₂-fase voorstelt. Vraag de leerlingen wie zin zou hebben om deze draden (DNA-moleculen) netjes te verdelen over twee zakjes. Laat nu een zak met touwtjes (gespiraliseerde chromosomen) zien. Wat is hier gebeurd? Waarom is het verdelen van chromosomen op deze manier een stuk eenvoudiger?
6. De leerlingen gaan vervolgens zelf uitbeelden hoe het proces mitose precies in z'n werk gaat. Ze mogen hierbij ook Binas gebruiken (tabel 76B). Deel de werkbladen uit, en geef ieder tweetal (of drietal) een set touwtjes in een gripzakje, een tweede gripzakje, een vel A3-papier (met daarop de omtrek van de oudercel getekend) en een stift.
7. Het is de bedoeling dat leerlingen uiteindelijk van elke fase van de mitose een foto maken. Deze foto's sturen ze op naar jou als docent (per email).
8. Soms aarzelen leerlingen om de touwtjes echt uit elkaar te trekken (het centromeer te verbreken). Dat is natuurlijk wel de bedoeling.
9. Je kan tijdens de nabespreking eventueel gebruik maken van het volgende filmpje: https://youtu.be/Z8MNVX_Rask.

(na)denkwerk

- Ga tijdens de nabespreking in op de betekenis van de termen chromosoom, chromatide en chromosomenpaar.
- Ga ook in op de vraag hoe de chromosomen tijdens de mitose worden voortbewogen. Je zou kunnen stellen dat tijdens de simulatie de leerlingen zelf de rol van de trekdraden vervullen.
- Benadruk dat chromosomen in werkelijkheid niet verschillende kleuren hebben, maar wel een kenmerkende lengte en plek van het centromeer.

aanpassen/uitbreiden

- In plaats van leerlingen foto's te laten maken van elke fase, zijn er ook alternatieve manieren om de simulatie vast te leggen:
 - Laat leerlingen een filmpje maken van de mitose, waarin een voice-over beschrijft wat er gebeurt. Eventueel kun je de leerlingen elkaars filmpjes nog laten becommentariëren in een volgende les.
 - Laat leerlingen, nadat ze het hele proces een keer hebben uitgebeeld, één fase van de mitose neerleggen, en de touwtjes vastplakken op het vel A3-papier (met plakband). Hang de vellen daarna in de goede volgorde naast elkaar in de klas.
- Laat leerlingen (in een volgende les) nu ook de meiose uitbeelden.

bijlagen

- werkblad mitose