

## 35. ACTIEPOTENTIAAL MET HOEDJES EN LIJVEN

Leerlingen vinden het lastig om, aan de hand van een grafiek van de actiepotentiaal, te begrijpen wat er op membraanniveau precies gebeurt. Daarbij begrijpen ze vaak niet de *onderliggende mechanismen* die verantwoordelijk zijn voor de veranderingen in het potentiaalverschil die optreden. Door uit te beelden wat er op membraanniveau precies gebeurt bij een actiepotentiaal (en waarom) zullen leerlingen dit proces waarschijnlijk beter gaan begrijpen en onthouden. Dit uitbeeldpracticum is ontwikkeld door Tim Nieuwenhuis (Gerrit van der Veen College, Amsterdam) en Caspar Geraedts (VU Lerarenacademie, Amsterdam).

---

duur	30 minuten, incl. voor- en nabespreking
doelgroep	bovenbouw (havo en) vwo
doelen	<p>Leerlingen kunnen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• beschrijven hoe impulsgeleiding verloopt, en daarbij gebruikmaken van de termen depolarisatie, repolarisatie, hyperpolarisatie, actiepotentiaal en refractaire periode;</li><li>• uitleggen hoe de natriumpoort, de kalumpoort en de Na/K-pomp werken;</li><li>• een grafiek van de actiepotentiaal interpreteren, en deze koppelen aan de ionenverdeling van natrium en kalium.</li></ul>

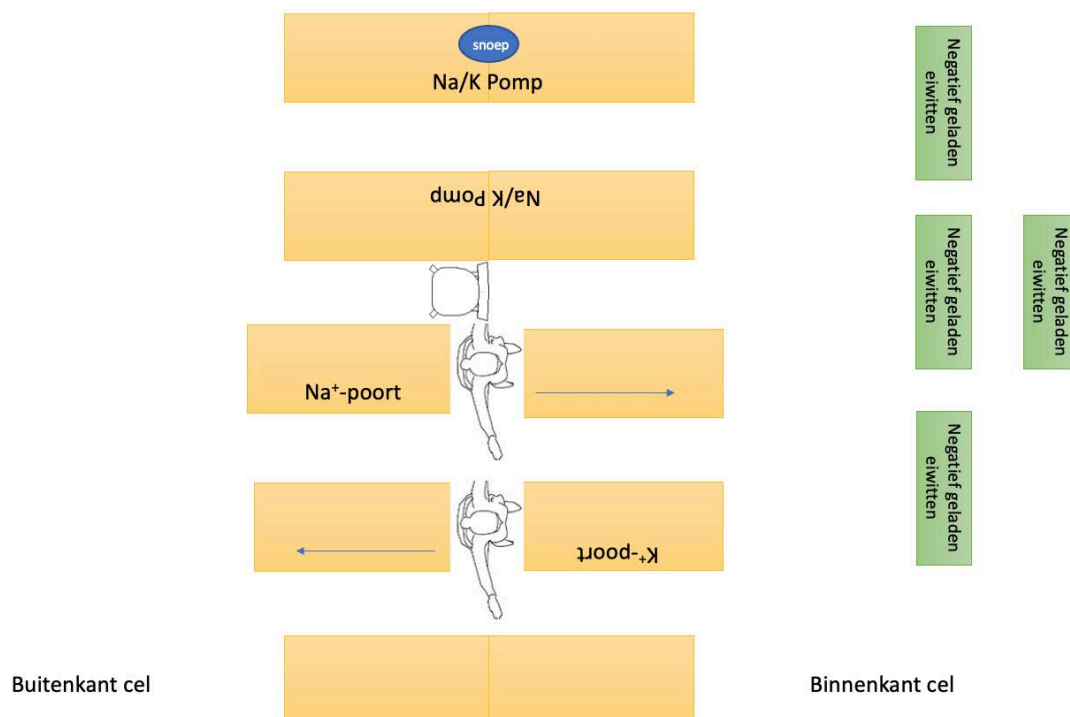


### nodig

- 15 rode en 15 blauwe hoedjes
- een grote ruimte met een aantal tafels en stoelen
- een zakje of rolletje snoepjes (ATP!)
- de bordjes in de bijlage (geprint op A3)
- de grafiek van de actiepotentiaal (geprojecteerd met de beamer)
- eventueel een smartphone (of ander apparaat) om een filmpje te maken

### voorbereiding

1. Zet in het midden van de ruimte een aantal tafels neer (zie afbeelding). Deze vormen het membraan van een uitloper. Zorg ervoor dat aan beide zijden van het membraan voldoende ruimte is om te lopen.
2. Geef met de bordjes aan wat de binnenkant en wat de buitenkant van de cel is.
3. Hang de bordjes met de eiwitten ergens aan de binnenkant (plak ze bijvoorbeeld op een tafel, de wand, of het skelet); omdat deze geen actieve rol spelen in de simulatie hoeven we geen leerlingen 'op te offeren' voor deze rollen.
4. Leg de bordjes met de ionpoorten en de Na/K-pomp tussen de tafels.



### uitvoering

1. Kies twee leerlingen uit die de ionpoorten gaan uitbeelden. Geef de volgende instructie:  
  
voor de *natriumpoort* - Wanneer de leerling haar/zijn arm zijwaarts uitgestoken heeft is de poort dicht (er kan niks passeren). Op een teken van de docent doet de leerling haar/zijn arm omhoog. De poort is dan open: (alleen) natriumionen kunnen nu door de poort het membraan passeren. De poort gaat weer dicht als de kalumpoort open gaat.  
  
voor de *kalumpoort* - Wanneer de leerling haar/zijn arm zijwaarts uitgestoken heeft is de poort dicht (er kan niks passeren). Wanneer zes natriumionen door de natriumpoort zijn gegaan, moet de leerling haar/zijn arm omhoog doen. De poort is dan open: (alleen) kaliumionen kunnen nu door de poort. De poort gaat weer dicht als zeven kaliumionen zijn gepasseerd.
2. Verdeel de overige leerlingen in twee groepen: dat zijn de natriumionen en kaliumionen. Geef elk type ion een eigen kleur hoedje.
3. Laat de leerlingen positie nemen in een rustpotentiaal: de poorten zijn dicht, binnen de cel staan (bijna) alle kaliumionen, en buiten de cel staan de natriumionen. Bespreek waarom de rustpotentiaal negatief is (door de negatief geladen eiwitten).
4. Geef de natriumpoort een seintje dat zij/hij moet open gaan (de drempelwaarde is bereikt). Bespreek met de leerlingen wat er nu gebeurt; herinner ze aan het proces diffusie. Laat de natriumionen diffunderen (zolang de poort open is en zolang er nog geen evenwicht is bereikt). Dit is *depolarisatie*.
5. Na het passeren van zes natriumionen zal de kalumpoort open gaan (en de natriumpoort dicht). Laat nu de kaliumionen diffunderen.
6. Als het goed is diffundeert er één kaliumion meer dan er natriumionen waren gediffundeerd. Dit is *repolarisatie*, en dan *hyperpolarisatie*.
7. Er is nu een nieuwe verdeling van ionen over het membraan. Bespreek met de leerlingen wat er is veranderd. Kostte het diffunderen van de ionen energie? Kunnen op deze manier eindeloos veel impulsen doorgegeven worden (nee, want de concentratiegradiënten verdwijnen)?
8. Bespreek nu de functie van de Na/K-pomp. Laat de leerlingen bedenken waarom de Na/K-pomp energie verbruikt (actief transport). Kies één leerling (die eerst ion was) uit en laat deze leerling nu de Na/K-pomp uitbeelden. Geef de volgende instructie:  
  
voor de *Na/K-pomp* - Deze leerling 'pompt' (voorzichtig trekken) natriumionen en kaliumionen tegen het concentratieverval in over het membraan, totdat de rustpotentiaal weer bereikt is. Laat de Na/K-pomp per twee getransporteerde leerlingen een snoepje opeten.
9. Als het hele proces stap voor stap is uitgelegd en uitgebeeld (onder regie van de docent), laat je de leerlingen nog een aantal actiepotentialen uitbeelden waarbij de Na/K-pomp natuurlijk steeds actief is. Leg indien nodig het proces tussendoor stil voor extra uitleg of instructie. Als docent hou je de regie op het aantal impulsen dat gegeven wordt: zo kan je de frequentie verhogen of verlagen.

### (na)denkwerk

- Projecteer met de beamer de grafiek van de actiepotentiaal op het bord, en koppel tijdens de simulatie en de uitleg dat wat er in de klas gebeurt aan de grafiek.
- Bespreek de overeenkomsten en verschillen tussen deze simulatie en de werkelijkheid. Ga bijvoorbeeld in op de aantallen natrium- en kaliumionen die door de Na/K-pomp worden verplaatst.
- Je kan nu ook bespreken dat er ook een maximale impulsfrequentie is en wat daarvoor de beperkende factoren zijn.

### uitbreiden

- Je zou met de natriumpoort-leerling kunnen afspreken dat je twee signalen (prikkel) hebt: een kleine en een grote. Een kleine prikkel leidt dan niet tot een (volledige) opening van de poort; de drempelwaarde wordt niet bereikt. Een grote prikkel (of veel kleine prikkels snel achter elkaar) zorgen wel voor het opengaan van de poort.
- Je kan de refractaire periode uitbeelden door een prikkel te geven terwijl aan beide kanten van het membraan (nog) evenveel natriumionen zijn. Dit werkt dus niet.
- Je kan de leerlingen eventueel ook de Binas-tabellen laten bestuderen, en de overeenkomsten en verschillen met de simulatie laten benoemen.

### bijlagen

- bordjes (printen op A3)