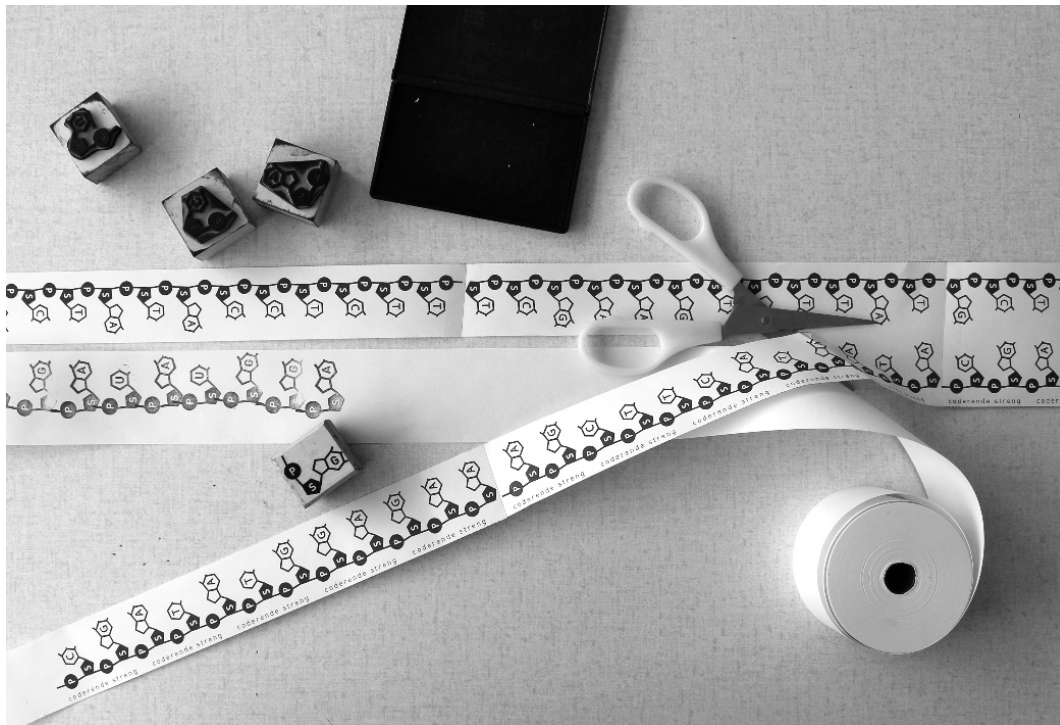


3. EIWITSYNTHESE MET PAPIER EN STEMPELS

Eiwitsynthese is voor leerlingen abstract en complex: er zijn allerlei verschillende moleculen bij betrokken, allerlei verschillende interacties tussen die moleculen, en ook nog allerlei verschillende plaatsen in cel. Daarnaast moet onderscheid gemaakt worden tussen de coderende streng en de template- of matrijsstreng, tussen DNA, mRNA en tRNA, en tussen codon en anti-codon. Dit uitbeeldpracticum laat de hele eiwitsynthese voor leerlingen tot leven komen. Vaak wordt dit practicum gedaan ná instructie over de eiwitsynthese, om te toetsen in hoeverre leerlingen het begrepen hebben. Maar je kan het practicum, met meer sturing en uitleg weliswaar, ook eerder doen. Bij dit uitbeeldpracticum wordt gebruik gemaakt van de stempelset DNA, een set van zes stempels waarmee nucleotiden en aminozuren gestempeld kunnen worden. Deze stempelset en bijbehorende practica werden ontwikkeld door Rogier Arents (Studio Rogier Arents, Rotterdam), Caspar Geraedts (VU Lerarenacademie, Amsterdam) en John Huizinga (Hogeschool Utrecht, Utrecht)¹.



¹ Voor meer informatie en bestellingen kijk op <https://www.betapartners.nl/stempelset-dna/> of mail c.l.geraedts@vu.nl.

duur	één lesuur (50 minuten), incl. voor- en nabespreking
doelgroep	bovenbouw havo/vwo
doelen	<p>Leerlingen kunnen:</p> <ul style="list-style-type: none">• aangeven waar in de cel de processen transcriptie, translatie en eiwitvouwing plaatsvinden, en daarbij de volgende begrippen gebruiken: celkern, cytoplasma, ribosoom, ER / Golgi-apparaat;• beschrijven hoe de processen transcriptie en translatie verlopen, en daarbij de volgende begrippen gebruiken: template streng, coderende streng, transcriptiefactor, RNA-polymerase, mRNA, tRNA, codon, startcodon, stopcodon, anti-codon, aminozuur, de genetische code;• uitgaande van een gegeven DNA-fragment de bijbehorende nucleotidenvolgorde van het mRNA-molecuul en de aminozuurvolgorde van het eiwit bepalen;• uitleggen dat eiwitten pas in het ER en het Golgi-apparaat hun uiteindelijke driedimensionale vorm krijgen, doordat ze op een bepaalde manier worden gevouwen (onder invloed van enzymen).
nodig	<p>per groepje (van 5 leerlingen)</p> <ul style="list-style-type: none">• een print van de <i>sequentie eiwitsynthese</i> (zie bijlage)• een stuk of acht prints van de bijlage tRNA• een print van de bijlage <i>aminozuren eigenschappen</i>• de stempelset DNA, inclusief inktkussen• een stuk of 8 (kleine) PostIts• de kaartjes met beschrijvingen van de vijf eiwitrollen: transcriptiefactor, RNA-polymerase, tRNA-synthetase, translatie-eiwitten, en vouweiwitten• een stuk kassarol voor het mRNA-molecuul (4 cm breed is voldoende)• een schaar en plakband <p>voor de hele klas (eventueel):</p> <ul style="list-style-type: none">• een print van de bijlagen <i>CELKERN</i>, <i>RIBOSOOM</i>, <i>ER</i> en <i>BLAASJE</i> om verschillende plekken in de cel (het lokaal) aan te geven

voorbereiding

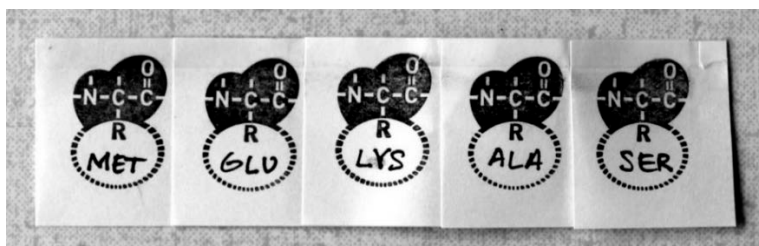
1. Print de bijlagen in de juiste aantallen (zie hierboven), knip de rolkaartjes uit (en selecteer de enzymen die je nodig hebt), en knip en plak de DNA-sequenties.
2. Verzamel alle materialen.
3. Bedenk hoe je het practicum wilt doen: per groepje één of twee vaste tafels waar alles gebeurt (overzichtelijker), of het lokaal ombouwen tot één grote cel, met daarin op verschillende plekken tafels die de celkern, een ribosoom, het ER en een membraanblaasje voorstellen. In het laatste geval kunnen de geprinte bijlagen met de namen van die celonderdelen op de desbetreffende plek opgehangen worden.
4. Zorg dat leerlingen Binas of ScienceData bij de hand hebben voor (o.a.) de genetische code.

uitvoering

1. Vorm groepjes van vijf, en deel de 'eiwitrollen' en alle andere materialen uit (maar nog niet de DNA-sequentie).
2. Vertel de leerlingen dat ze zo meteen een DNA-fragment krijgen. In dat DNA-fragment zit een gen verborgen. Ze moeten met hun groepje het eiwit synthetiseren waar dit fragment voor codeert.
3. Let op: alle deelprocessen moeten worden uitgebeeld: eerst moet het DNA geknipt worden, en moet het juiste mRNA-molecuul gestempeld worden, net als de juiste tRNA-moleculen (met anti-codons op het papier zelf, en het bijbehorende aminozuur op een PostIt). Er is per set slechts één aminozuurstempel; om aan te geven om welk aminozuur het gaat schrijven de leerlingen de drielettercode in de gestippelde ovaal (zie afbeelding hieronder).
4. Geef de leerlingen eerst de tijd om de rolbeschrijvingen te lezen, het liefst ook die van elkaar: het is een groepsopdracht (ze hebben individuele rollen, maar mogen elkaar natuurlijk helpen). Geef daarna het startsein.
5. Meestal zijn leerlingen wel een minuut of 20 met het uitbeelden van het hele proces bezig. Loop dan rond, en controleer hoe het gaat. Ook als je er voor kiest om er een 'wedstrijdje eiwitsynthese' van te maken is bijsturen en feedback natuurlijk belangrijk. Hou bij transcriptie in de gaten of leerlingen de juiste streng als template/matrijs gebruiken, mRNA in de juiste richt stempelen (van 5' naar 3'), uracil (U) gebruiken in plaats van thymine (T) en de hele sequentie stempelen (want translatie start bij het startcodon, maar transcriptie al daarvoor). Hou bij translatie in de gaten of leerlingen starten bij het startcodon, het mRNA in de juiste richting aflezen (van 5' naar 3'), de juiste anti-codons stempelen.
6. Om leerlingen te laten zien dat eiwitten na translatie nog niet 'af' zijn, is als laatste stap ook een bewerking toegevoegd waarbij de aminozuurketen moet worden gevouwen. Omdat het hier maar om een heel korte keten gaat (vijf aminozuren) is de vouwing zelf niet echt realistisch, al is het principe (hydrofobe, non-polaire restgroepen bij elkaar) bij eiwitvouwing wel van invloed.
7. Controleer of de mRNA-moleculen en de polypeptidenketens juist zijn gestempeld en gevouwen. De nucleotidenvolgorde in het mRNA moet zijn:

C-G-A-U-A-U-G-G-A-G-A-A-G-C-U-U-C-A-U-A-A-U-A

De bijbehorende aminozuurketen is dan: Met – Glu – Lys – Ala – Ser (zie afbeelding).

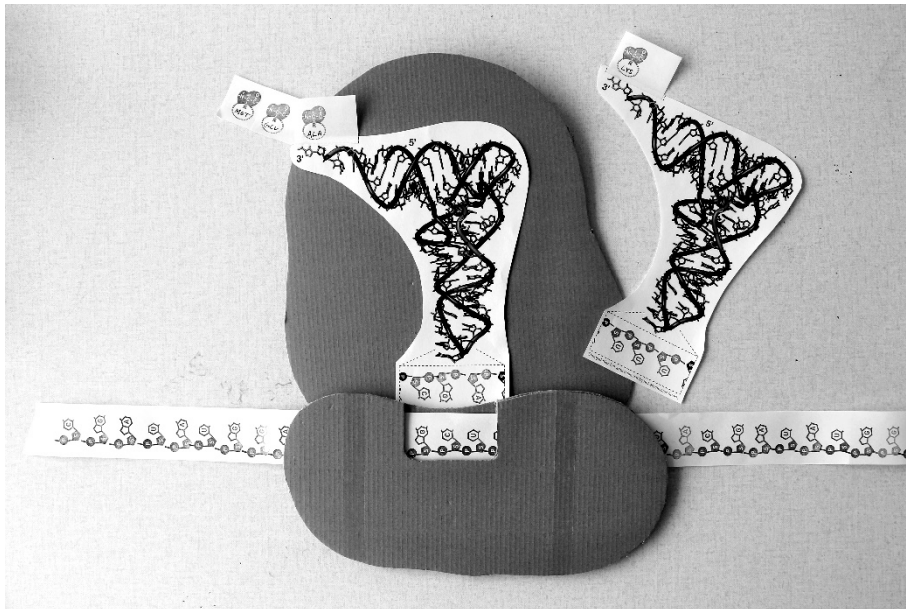


(na)denkwerk

- Bespreek wat er wel en niet klopt aan het model. Benadruk in ieder geval dat polypeptiden (en dus ook de DNA- en mRNA-sequenties die daarvoor coderen) In werkelijkheid véél langer zijn.
- Een veel voorkomende fout is dat leerlingen als laatste ‘aminozuur’ een PostIt met daarop in plaats van de drielettercode het woord ‘stop’ invoegen. Wees daar alert op en benadruk dat er geen stop-aminozuur is.

aanpassen/uitbreiden

- Maak eventueel van karton een ribosoom, waar de strook papier die het mRNA voorstelt doorheen getrokken kan worden (zie afbeelding hieronder). Zo kun je de translatie heel mooi en precies uitbeelden door steeds een codon op te schuiven.



bijlagen

- sequentie eiwitsynthese
- tRNA
- aminozuren eigenschappen
- beschrijvingen van de ‘eiwitrollen’
- blaadjes met daarop CELKERN, RIBOSOOM, ER en BLAASJE

