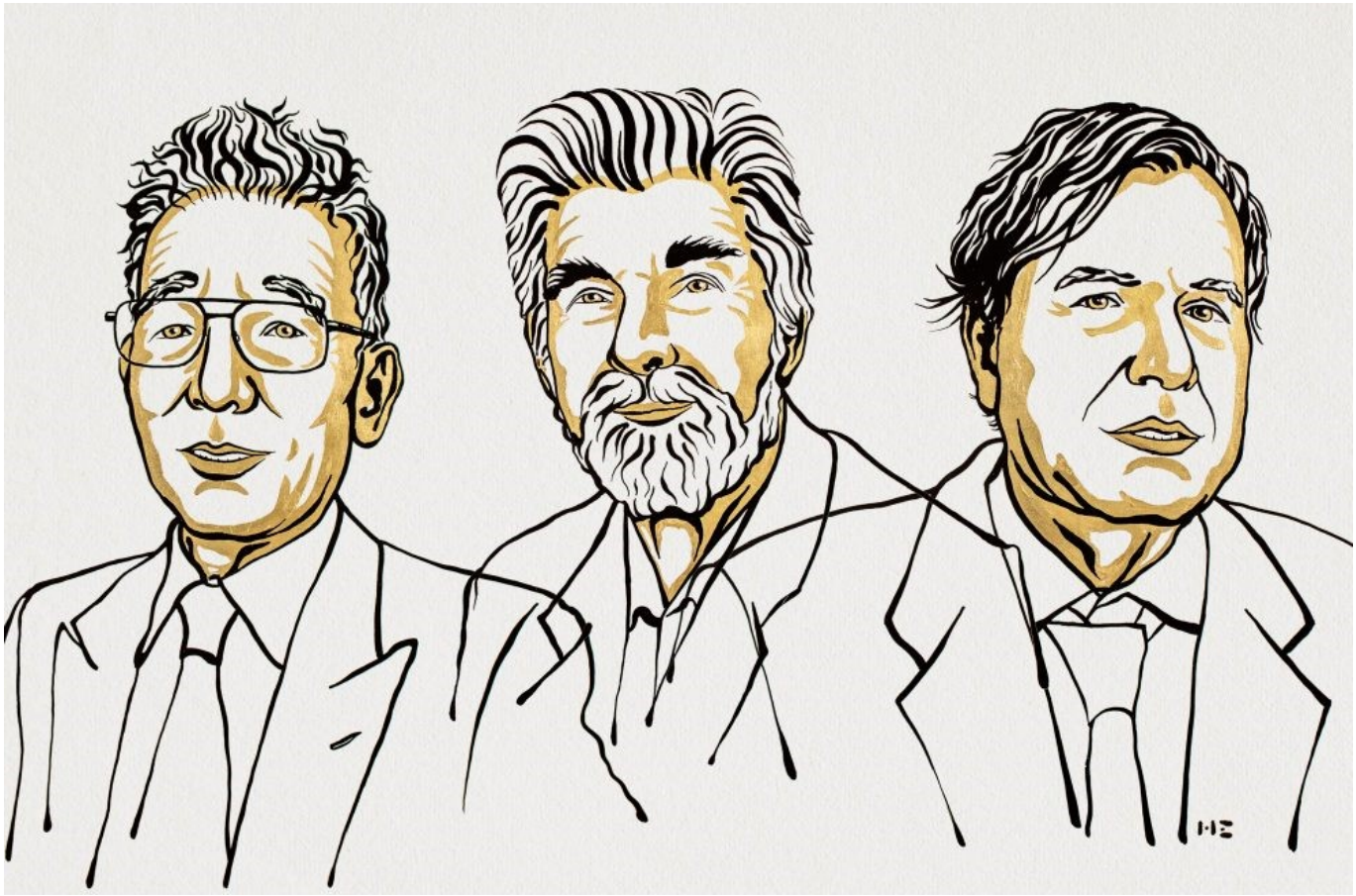
Nobelprijs Natuurkunde: complexe systemen

Deze week werd de Nobelprijs voor de natuurkunde 2021 toegekend. De prijs gaat naar drie onderzoekers: Giorgio Parisi won de helft van de prijs voor zijn onderzoek naar wanordelijke complexe materialen, en Syukuro Manabe en Klaus Hasselmann wonnen de andere helft voor hun onderzoek naar het klimaat en de invloed van de mens daarop.



Afbeelding 1. De prijswinnaars. Van links naar rechts: Syukuro Manabe, Klaus Hasselmann, en Giorgio Parisi. Bron: nobelprize.org.

Complexe systemen

Natuurkundigen breken zich al eeuwen het hoofd over systemen met veel deeltjes: door de

vele componenten en mogelijke interacties zijn dit soort systemen moeilijk om wiskundig te beschrijven. Dit soort systemen zijn vaak ook *chaotisch*: kleine aanpassingen in de begincondities kunnen dan grote impact hebben op het verdere verloop. Zulke chaotische processen – van patronen in spreeuwenwolken tot het klimaat – lijken dan ook vaak volledig willekeurig, maar we zouden ze wél graag willen kunnen beschrijven en voorspellen.

Spinglas

In 1980 beschreef Giorgio Parisi hoe op het eerste oog willekeurige fenomenen eigenlijk bepaald worden door ‘verborgen’ regels. Parisi’s doorbraak had te maken met zogeheten ‘spinglas’, een bepaalde metaallegering met vreemde magnetische eigenschappen. Een normale magneet is vaak gemaakt van ijzer, en de ijzeratomen zijn allemaal kleine magneetjes of ‘spins’ die in dezelfde richting wijzen. In een spinglas zit een klein aantal ijzeratomen willekeurig verspreid tussen (bijvoorbeeld) koperatomen, en daardoor zijn de ijzeratomen ‘gefrustreerd’: ze weten niet welke kant ze op moeten wijzen. Parisi ontdekte een wiskundige manier om te beschrijven hoe de ijzeratomen collectief bepalen welk gedrag ze gaan vertonen. Deze techniek gebruikte hij vervolgens ook voor andere gefrustreerde systemen, zoals patronen in spreeuwenwolken.

Afbeelding 2. Een zwerm spreeuwen. Het collectieve gedrag van spreeuwen is ook een complex systeem. Foto: Airwolfhound.

Klimaatmodellen

Een ander voorbeeld van een complex systeem is het klimaat op aarde. Het voorspellen van het weer op de middellange termijn is al vreselijk moeilijk: het weer is een combinatie van temperatuur, druk, vochtigheid, windcondities – en dat op elk willekeurig punt in de atmosfeer. Het weer is bovendien chaotisch: het flapperen van de spreekwoordelijke vlinder in Nederland kán een tornado op Hawaii tot gevolg hebben. Het modelleren van het klimaat – feitelijk de langetermijnvisie van het weer – lijkt dan ook een onhaalbare taak. Klaus Hasselmann schiep echter orde in de chaos: hij ontwikkelde een stochastisch klimaatmodel, waarin toeval is ingebouwd. Met zijn model kon hij onder andere aantonen dat veranderingen in de atmosfeer ook invloed kunnen hebben op het gedrag van de oceanen. Vervolgens deed hij onderzoek naar de impact van de mens op het klimaat, en hoe die te onderscheiden is van natuurlijke factoren. Daarbij kwam het werk van Syukuro Manabe goed van pas: die ontdekte onder andere hoe een toename van koolstofdioxide in de atmosfeer een verhoogde temperatuur kan veroorzaken. Gecombineerd kan het onderzoek van beide mannen worden

gebruikt om aan te tonen dat de toenemende temperatuur komt door menselijke CO_2-uitstoot.

Meer lezen?

Mocht je geïnteresseerd zijn in de precieze natuurkunde die schuilgaat achter deze ontdekkingen, dan kun je terecht bij de volgende links:

- De officiële (Engelstalige) website van de Nobelprijzen bevat zowel een populairwetenschappelijke uitleg als meer diepgaande achtergrondinformatie. Op dezelfde website is ook de bekendmaking terug te zien.
- De bekendmaking terugkijken kan ook hier
- NRC (Lucas Brouwers): *Nobelprijs Natuurkunde voor klimaatmodellen en complexe systemen*
- Ook de Volkskrant (George van Hal) schreef over de Nobelprijs: *Nobelprijs voor Natuurkunde naar drie wetenschappers, onder meer voor voorspellen klimaatverandering*