

Je oog is een quantumsensor

Online bijlage bij NVOX 3, 2026

Rutger Ockhorst (Rutger Ockhorst en Lodewijk Koopman (TU Delft / Scala College)

Hieronder vind je een aantal vragen en opdrachten bij het artikel *Kun je een foton zien?* waar leerlingen mee aan de slag zouden kunnen na het lezen van het artikel.

Vraag 1

Schat zelf hoeveel fotonen er per seconde het oog binnen komen op een heldere dag. Geef daarbij duidelijk aan welke gegevens je opzoekt, welke waardes je schat en welke aannames je doet.

Vraag 3

Apps en instrumenten die 's nachts gebruikt worden, bijvoorbeeld bij het sterrenkijken, hebben een 'dark' modus die alleen gebruik maakt van rood licht. Zoek de gevoeligheid van staafjes als functie van golflengte op en leg daarmee uit waarom het gebruik van rood licht het nachtzicht niet hindert.

Vraag 4

Bouw met een modeldoos van scheikunde een molecuulmodel van 11-cis-retinal. Maak Hiermee een stop-motion-animatie van de interactie tussen retinal en een foton.

Vraag 5

Stel je loopt al een tijdje in een donker bos. Plots schijnt er iemand met een felle lamp in je oog en je raakt verblindt. De staafjes zijn dan overbelast omdat de verandering van spanning over een staafje maar maximaal zo'n 40 mV kan zijn. Hoeveel fotonen zouden er dan in korte op een staafje moeten vallen bij een lineaire respons?

Vraag 6 (vervolg op vraag 5)

In werkelijkheid zijn er ongeveer 10^8 fotonen per staafje per seconde nodig om de staafjes te overspoelen met licht. Schets op basis hiervan de respons (in millivolt) van een staafje als functie van de lichtintensiteit (in fotonen per seconde) in onderstaand diagram. Let op: de verticale as is logaritmisch verdeeld.

Vraag 7

Het zal af en toe voorkomen dat retinal spontaan van vorm verandert. Een staafje ongeveer 10^8 moleculen rodopsine en geeft ongeveer iedere 150 seconden een vals signaal af. Beargumenteer op basis hiervan dat Rodopsine dus een zeer stabiel molecuul is.

Vraag 8

De lichaamstemperatuur van koudbloedige dieren zoals kikkers kan variëren. Zo wordt 's nachts wanneer het afkoelt. Daardoor is er minder warmte-energie beschikbaar. Het lichaam verhoogt in het donker echter ook de integratietijd. Leg uit waarom het eerste een voordeel en het tweede een nadeel is voor een kikker die 's nachts probeert een prooi te vangen.