

Morpho didius

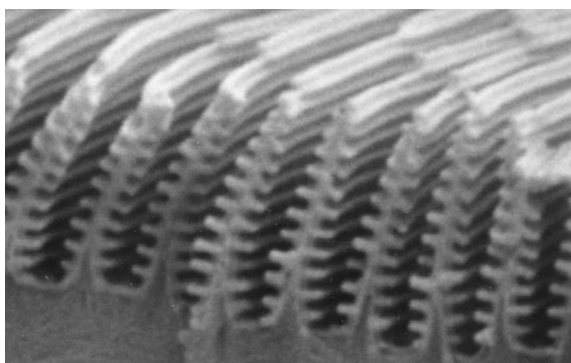
De *Morpho didius* is een vlinder waarvan de vleugels felblauw zijn. Onderzoekers hebben verschillende hypothesen opgesteld over de oorzaak van deze kleur. Een van de hypothesen is dat de vleugels een pigment bevatten. Een pigment is een chemische stof waarvan de moleculen licht met bepaalde golflengtes absorberen. Een pigment dat fotonen met een energie van $2,1 \text{ eV}$ absorbeert, heeft een felblauwe tint.

Een bepaald natuurlijk pigment bestaat uit moleculen met een lengte van $1,27 \text{ nm}$. Acht elektronen bewegen vrij over de gehele lengte van het molecuul. De energieniveaus van die elektronen kunnen berekend worden met het model van een oneindig diepe eendimensionale energieput. De verdeling van de elektronen over de energieniveaus waarbij de totale energie minimaal is, noemen we de grondtoestand van het molecuul.

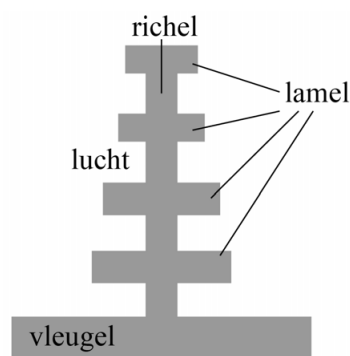
- 4p 16 Toon met een berekening aan dat de kleinst mogelijke energieopname vanuit de grondtoestand van dit molecuul overeenkomt met de absorptie-energie van een blauw pigment.

Kleur kan ook verklaard worden uit de oppervlaktestructuur van een materiaal. Figuur 1 toont een elektronenmicroscopiefoto van de doorsnede van de vleugel. Het oppervlak is bedekt met smalle verticale richels die ieder weer opgebouwd zijn uit horizontale lamellen. In figuur 2 is de doorsnede van één richel schematisch weergegeven.

figuur 1

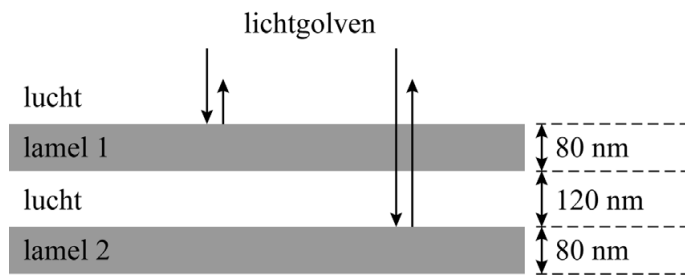


figuur 2



Licht dat loodrecht op de opengeklapte vleugel valt, gaat gedeeltelijk door de lamellen heen en wordt gedeeltelijk teruggekaatst op de grensvlakken tussen de lamellen en lucht. In figuur 3 is dit schematisch weergegeven voor twee achtereenvolgende lamellen.

figuur 3

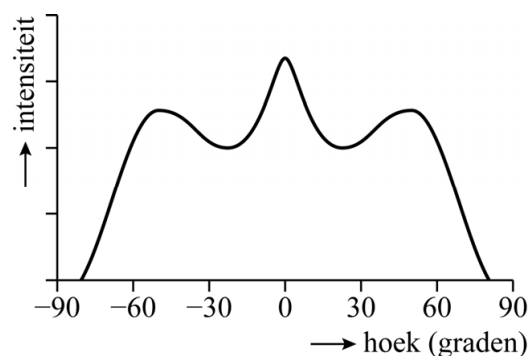


In het materiaal van de lamellen is de voortplantingssnelheid van licht 1,5 keer kleiner dan in lucht. De frequentie van het licht is onafhankelijk van het materiaal. In lucht heeft blauw licht een golflengte van 480 nm.

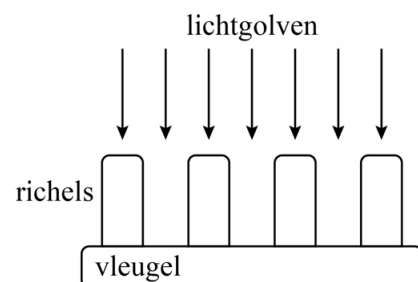
- 5p 17 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal het faseverschil dat ontstaat tussen blauw licht dat terugkaatst op lamel 1 en blauw licht dat terugkaatst op lamel 2.
 - Verklaar hiermee de blauwe kleur van de vlinder.

Wanneer de vleugel onder een hoek wordt bekeken, heeft hij nog steeds een blauwe tint. Dit blijkt ook uit figuur 4, waarin een meting is afgebeeld van de intensiteit van het teruggekaatste blauwe licht als functie van de hoek waaronder men de vleugel waarneemt.

figuur 4



figuur 5



De twee buitenste maxima in figuur 4 kunnen niet verklaard worden vanuit de lamellenstructuur, maar wel vanuit de regelmatige lijnstructuur van de richels op de vleugel. Deze is te zien in figuur 1 en in de schematische doorsnede in figuur 5. De lijnstructuur werkt als een tralie voor het teruggekaatste licht.

Het diagram uit figuur 4 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

- 3p 18 Bepaal met behulp van het diagram op de uitwerkbijlage het aantal richels per centimeter op de vleugel. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.