

Natuur, leven en technologie

College-examen schriftelijk

Voor dit examen zijn maximaal 53 punten te behalen; het examen bestaat uit 23 vragen: 21 open en 2 gesloten vragen.

Het examen duurt twee uur.

Voor elke vraag is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Bij de beantwoording van enkele vragen moet het BINAS tabellenboek 6^e druk of Science Data 1^e druk geraadpleegd worden.

Het gebruik van een (grafische) rekenmachine is toegestaan.

- Tenzij anders vermeld, is er sprake van normale situaties.

Als bij een open vraag een verklaring, uitleg of berekening wordt gevraagd, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg of berekening ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.

Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Geef het antwoord van meerkeuzevragen in duidelijke hoofdletters.

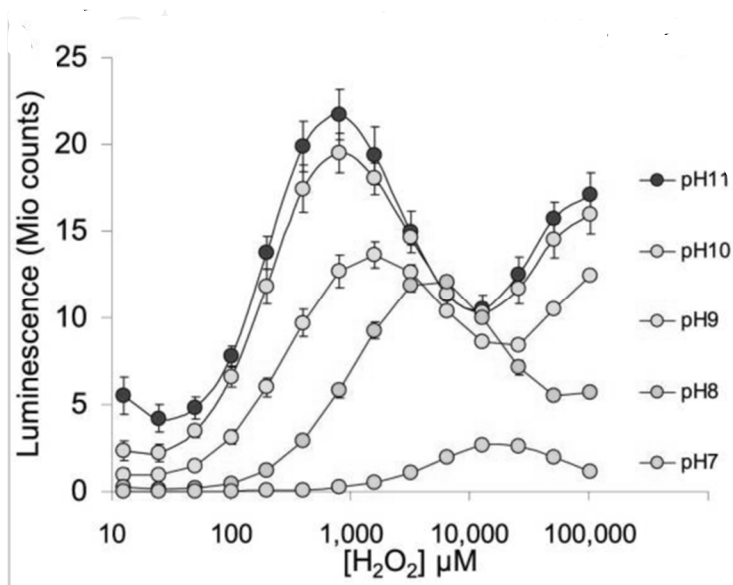
Bloedsporen

Door bloedsporen te analyseren is het mogelijk om gebeurtenissen op een plaats delict te reconstrueren. Bloedsporen kunnen worden aangetoond met behulp van luminol. Over luminol wordt de volgende uitspraak gedaan: 'Luminol is een niet-selectief, gevoelige reagens.'

2p 1 Verklaar deze uitspraak.

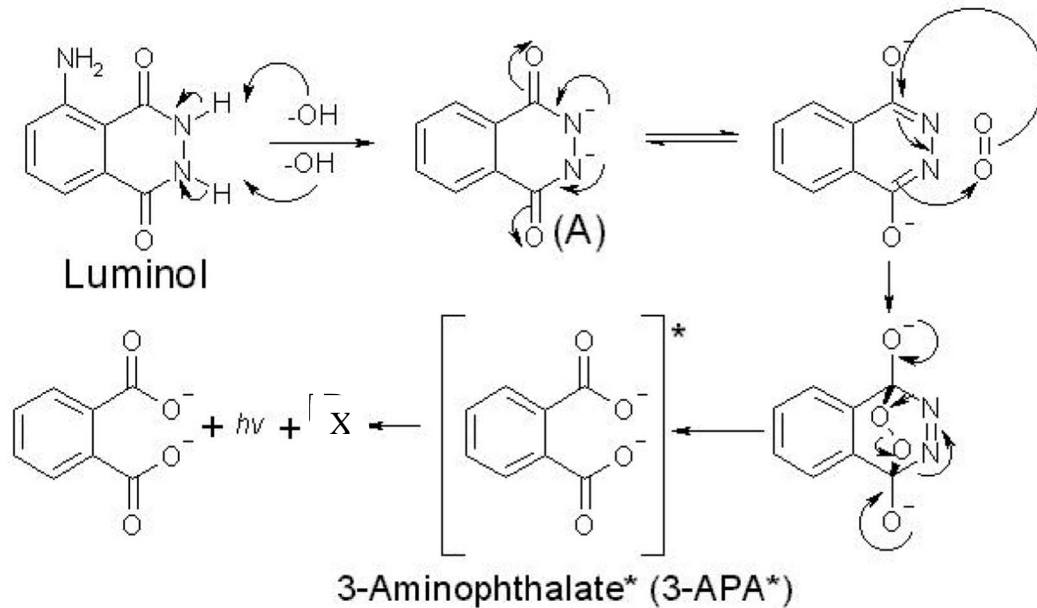
Luminol reageert in basisch milieu met waterstofperoxide. Waterstofperoxide is in de reactie de zuurstofleverancier en de ijzerionen in hemoglobine/bloed functioneren bij deze reactie als katalysator. Een gedeelte van de reactie energie komt vrij in de vorm van fotonen.

Uit een onderzoek aan de Universiteit Kiel in Duitsland naar de invloed van de pH op de reactie kwamen de volgende resultaten:



Figuur 1: Verband tussen pH, concentratie H₂O₂ en luminescentie (hoeveelheid vrijgekomen licht)

Het reactiemechanisme van de reactie van luminol met waterstofperoxide is schematisch in figuur 2 weergegeven.



Figuur 2: Reactiemechanisme van de luminolreactie met waterstofperoxide

In het reactieproces ontstaat 3-Aminophthalate (3-APA) in een aangeslagen toestand (weergegeven met een *). Dat vervalt naar de grondtoestand waarbij een foton vrijkomt.

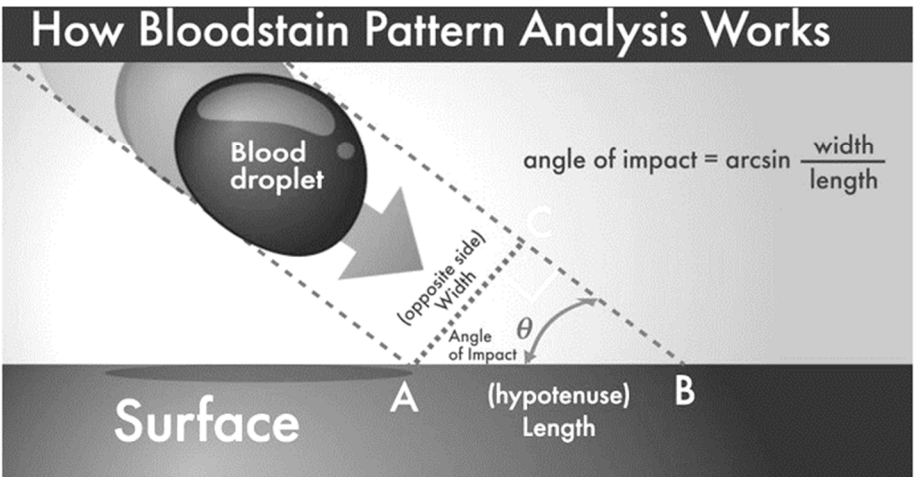
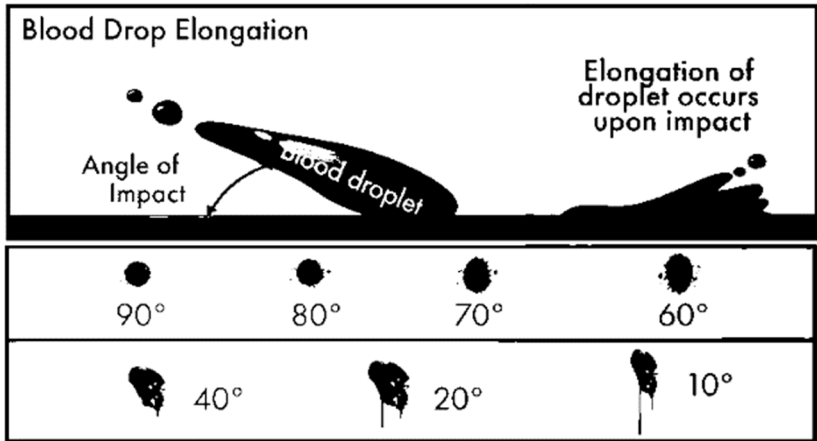
- Gebruik bij vraag 2 figuur 1 en 2.
- 2p **2** Verklaar met het reactiemechanisme de afhankelijkheid van de pH.

- Gebruik bij vraag 3 figuur 2.
- 2p **3** Geef de namen van twee stoffen die naast 3-APA vrijkomen bij dit reactiemechanisme.

Op een plaats delict is een bloedspoorpatroon aangetroffen rond een lijk met een dodelijke hoofdwond. De rechercheur vraagt of het slachtoffer zich in zittende of staande positie bevond bij de aanval. Dat kan cruciaal zijn om te bepalen of het slachtoffer zich wel of niet verdedigde.

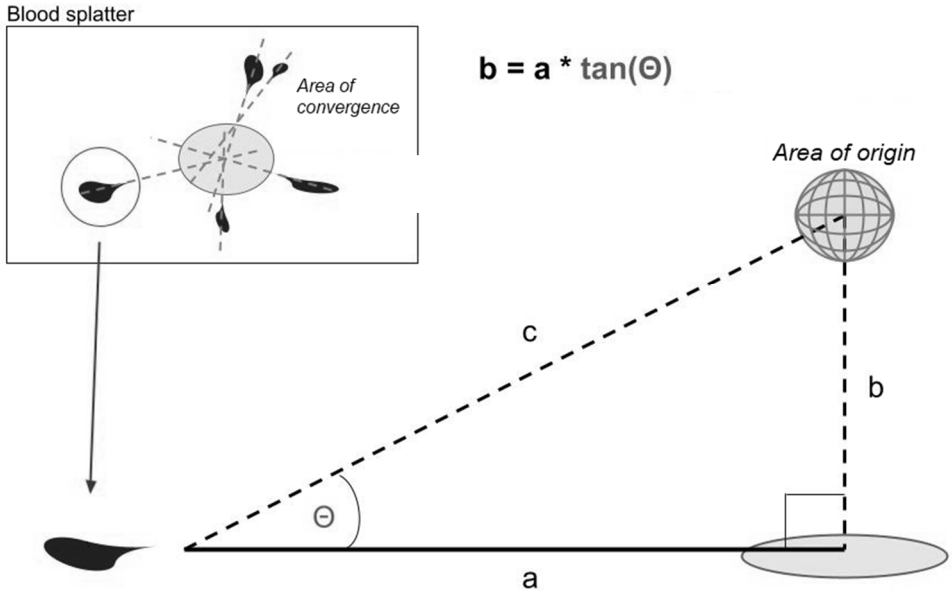
Forensisch onderzoekers doen een bloedspoorpatroonanalyse om te bepalen waar het hoofd van het slachtoffer was toen een specifiek bloedspoorpatroon werd gecreëerd. Ze bepalen de hoek waaronder een bloeddruppel de grond treft en daarop passen ze de zogenoemde rechte-lijnbenadering toe. Zowel de bloedspoorpatroonanalyse als de rechte-lijnbenadering staan in de afbeeldingen op de volgende pagina uitgelegd.

How Bloodstain Pattern Analysis Work



Figuur 3: Het ontstaan van bloeddruppels onder verschillende hoeken

De hoek Θ waarmee een druppel een oppervlak raakt wordt berekend met de volgende formule: $\Theta = \sin^{-1} (\text{breedte} / \text{lengte})$



Figuur 4: Rechte-lijnbenadering

Op een plaats delict wordt een bloedspoor gevonden op 1,40 m van het slachtoffer. Het slachtoffer heeft een hoofdwond. De bloeddruppel heeft een lengte van 3,0 mm en een breedte van 2,0 mm.

Gebruik bij vraag 4 figuur 4 en de gegevens uit de tekst.

- 2p 4 Laat met een berekening zien of het slachtoffer lag, zat of stond. Ga er bij de conclusie van uit dat het slachtoffer een volwassen persoon is.

Met een nieuwe methode is het nu gelukt om nauwkeuriger dan ooit de hoogte van de oorsprong van bloeddruppels te bepalen. Natuurkundige Nick Laan heeft in 2015 zijn promotieonderzoek naar bloedspoorpatroonanalyse afgerond. Hij deed onderzoek naar de dynamiek van impact en spreiding van bloeddruppels. Met de tot dan toe gebruikte rechte-lijnbenadering kan de oorsprong van een bloeddruppel niet nauwkeurig worden bepaald. Vanaf een afstand van één meter is het meestal niet mogelijk om bijvoorbeeld te achterhalen wat de exacte positie en houding was van zowel slachtoffer als dader.

- 2p 5 Laat met een schets zien of de forensisch onderzoekers met de rechte-lijnbenadering de oorsprong van het bloed te hoog of te laag inschatten.

Kan de zon een zwart gat worden?

In 1572 ontdekte Tycho Brahe dat er een ster zo fel oplichtte dat deze zelfs overdag zichtbaar was. Het was niet een "Nova Stella" zoals hij dacht, maar een explosie van een daarvoor lichtzwakke ster. De moderne sterrenkunde noemt dat een (super)nova. Dat treedt op bij sterren waarvan een groot deel van de fusiebrandstof (waterstof) is verbruikt.

De bron van het stralend vermogen van het overgrote deel van de sterren is de kernfusie van waterstof tot helium. Uit elke kilogram waterstof ontstaat 992,8 gram helium.

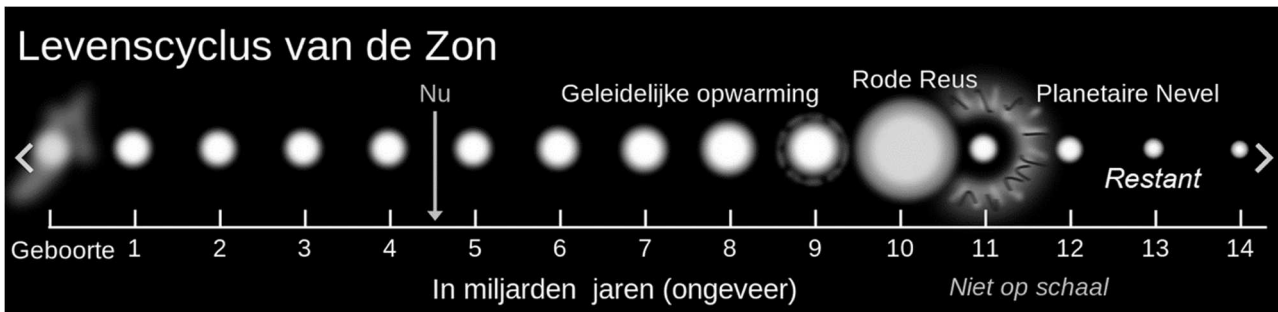
- 2p 6 Toon met een berekening aan dat bij fusie van 1,00 kg waterstof $6,48 \cdot 10^{14}$ Joule vrijkomt.

- 2p 7 Bereken hoeveel kilogram waterstof er per seconde door de zon in de huidige tijd wordt verbruikt. Gebruik daarbij gegevens uit Binas.

Bij de vorming van de zon uit een kosmische gaswolk bestond zij voor ongeveer 70% uit waterstof en 28% uit helium. Voor de rest uit zuurstof, koolstof, stikstof en andere lichte elementen. Bij de daaropvolgende fusie van waterstof zijn extreme omstandigheden nodig die alleen in de kern van een ster bestaan. Slechts 12% van de zonnemassa bevindt zich in de kern.

- 3p **8** Maak met deze gegevens een schatting van de gehele 'levensduur' van de zon in de fase als gewone ster. Ga ervan uit dat het stralend vermogen van de zon gedurende deze periode constant blijft.

Als het grootste deel van de waterstof is omgezet, evolueert de zon daarna snel. De buitenste lagen van de zon zullen uitdijen tot een 'rode reus', terwijl de kern van de zon juist krimpt. In die fase zal zelfs de aarde worden verzwolgen. In een nog latere fase zal een groot deel van de buitenste lagen worden afgestoten. De rest valt terug op de kern en vormt daarmee een stabiele zeer compacte bol die niet groter zal zijn dan de maan, maar waarin ongeveer 60% van de huidige zonnemassa is samengeperst. Zie figuur 5.



Figuur 5: Levenscyclus van de zon

Aan het oppervlak van dit zonnerestant heerst een extreme zwaartekracht. Er is een enorme snelheid nodig om vandaar uit de invloedssfeer te ontsnappen.

Els en Karel discussiëren over deze eindfase. Karel beweert dat de zon uiteindelijk als zwart gat eindigt; Els bestrijdt dat. Ze raadplegen een sterrenkundeboek en vinden dat een voorwerp van 1 kg kan ontsnappen vanaf een hemellichaam met massa M en straal R , als het voldoende bewegingsenergie heeft. Er staat dat de bewegingsenergie van één kilogram materie aan het oppervlak gelijk moet zijn aan $G \cdot M/R$ met G als de universele gravitatieconstante.

- 4p **9** Bereken de ontsnappingssnelheid vanaf het zonnerestant. En beargumenteer met je uitkomst wie van beiden gelijk heeft, Karel of Els.

Het stralend vermogen van een ster hangt af van haar massa. In vergelijking met de zon geldt er:

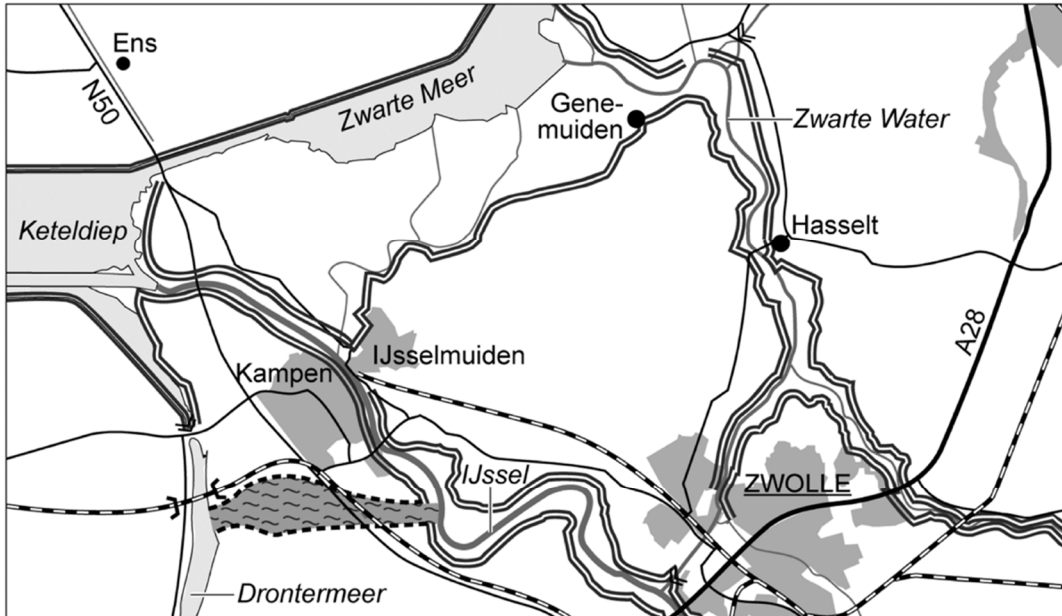
$$P_{ster} / P_{zon} = (M_{ster} / M_{zon})^{3,8}$$

Heel zware sterren eindigen zeker als zwart gat. Ze verbruiken hun waterstof veel sneller en evolueren dus ook veel sneller dan de zon.

- 3p **10** Toon o.a. met bovengenoemde formule aan dat een ster met 40 keer de zonnemassa een veel korter evolutiepad heeft dan de zon. Neem bij de berekening aan dat de hele ster uit waterstof bestaat en dat al die waterstof bij de kernfusie betrokken is.

Reevediep

Het Reevediep is een nieuwe waterverbinding tussen de IJssel en het Drontermeer. Deze hoogwatergeul heeft Rijkswaterstaat aangelegd in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier en is bedoeld om in extreme omstandigheden hoogwater van de IJssel, die ontstaat bij een hoge piekafvoer van de Rijn, af te kunnen voeren via het Drontermeer naar het IJsselmeer. Zie figuur 6. Met de komst van het Reevediep is een groot deel van de omgeving ten zuiden van Kampen veranderd. Zelfs de bouw van een nieuw dorp staat ingepland ten noorden van het Reevediep.



Legenda:

- nieuwe geplande dijk
- ===== bestaande dijken
- ~~~~~ hoogwatergeul
- - - - - spoorlijn

Figuur 6: IJsseldelta

Eén van de functies van het Reevediep is het vergroten van de veiligheid in de IJsseldelta.

- 1p 11 Geef aan welke functie het Reevediep nog meer kan vervullen.

Voor een project als de aanleg van het Reevediep moet natuurlijk een multicriteria analyse (MCA) worden opgesteld. Ingenieur Mirjam gaat namens een ingenieursbureau een MCA opstellen. Daarbij moet zij de belangen van verschillende belangengroepen meewegen in haar advies om het Reevediep aan te leggen. Ze voert daarvoor gesprekken met de beheerders van natuur in de omgeving en het waterschap.

- 2p 12 Geef twee criteria die Mirjam voor deze belangengroepen meeneemt in haar MCA.

Langs het Reevediep zullen zich dankzij successie rivierecotopen ontwikkelen. De oevers langs het Reevediep zijn natuurvriendelijk.

- 2p 13 - Beschrijf hoe een natuurvriendelijke oever eruitziet.
- Beschrijf ook wat de functie is van een natuurvriendelijke oever.

De gebruikelijke afvoer van de IJssel is niet meer dan 950 m^3 . Bij een debiet van meer dan $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ is de afvoer van de IJssel via het Reevediep richting het Drontermeer noodzakelijk. Er bestaan echter uitzonderlijke situaties. Bij een noordwesterstorm zal er bijvoorbeeld een debiet ontstaan van $16 \text{ m}^3/\text{s}$ de andere kant op: vanuit het Reevediep de IJssel in.

- 2p 14 Noem twee argumenten waarom de waterkwaliteit van de IJssel bij een noordwesterstorm niet significant afneemt.

Met drugshonden cocaïne onderscheppen

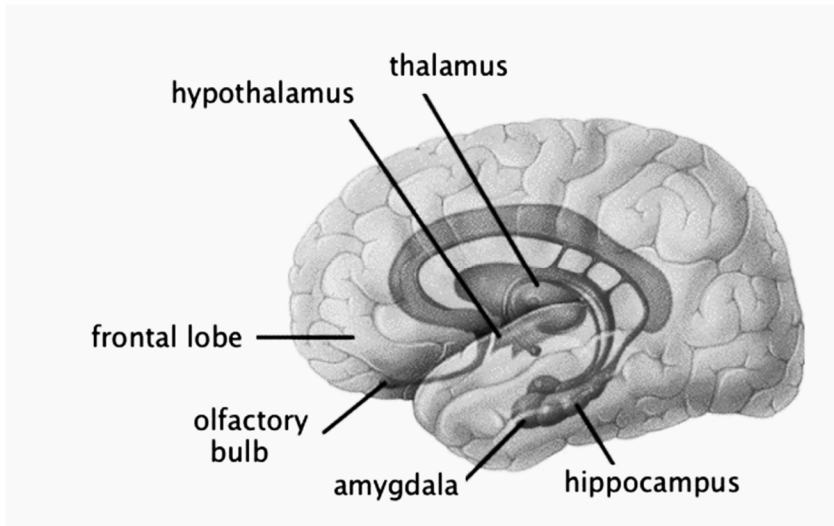
De douane onderschept regelmatig cocaïne in de haven van Rotterdam. In 2021 werd in de maand juli zowat 11.000 kg ontdekt. Een hoeveelheid die de douane enkele jaren daarvoor nog in een heel jaar in beslag nam. Bij het opsporen maakt de douane gebruik van drugshonden (figuur 7). Een hond kan 100.000 keer beter ruiken dan een mens. Geen wonder dat speurhonden al ruim een eeuw de neuzen van de douane zijn.



Figuur 7: Speurhond douane

De meeste speurhonden zijn Mechelse herders die een speciale training krijgen van vier maanden om zo de geur van het pure product te leren kennen en niet verwart met andere stoffen die soms met de drug gemengd zijn. De training is met een vaste geleider waarmee de hond zijn hele leven samenwerkt. Bij het opsporen van de drugs krijgt de hond van zijn geleider een beloning met een positieve emotie: een spel, gebaseerd op prooidrift of voer, afhankelijk van de hond. Maar de waarderende blik van zijn geleider is ook belangrijk.

- 1p 15 Van welke vorm van leren is sprake tijdens zijn training tot drugshond?
- A imitatie
 - B inprenting
 - C klassieke conditionering
 - D operante conditionering



Figuur 8: Limbisch systeem in de hersenen van zoogdieren. Frontal lobe = frontale cortex; Olfactory bulb = bulbus olfactorius

In figuur 8 is het limbisch systeem afgebeeld zoals die ook bij honden voorkomt. De onderdelen van dit systeem staan in nauw contact met elkaar. Een van die onderdelen is de *bulbus olfactorius*, bestaande uit structuren die belangrijk zijn voor het waarnemen van geuren via het reukorgaan. Deze onderdelen zijn bij de hond sterk ontwikkeld. Hun neus gebruiken zij niet alleen om voedsel te zoeken, maar stelt hen ook in staat om te anticiperen op positieve gebeurtenissen in hun omgeving. De *bulbus olfactorius* geeft de reukinformatie onder meer door aan de reukschors (*cortex olfactorius*), welke een onderdeel is van de frontale cortex.

- 3p 16 Leg uit welk onderdeel van het limbisch systeem bij drugshonden betrokken is bij de langere termijn associatie tussen beloning en de geur van drugs.

Joris, wiens vader geleider is van een drugshond, is benieuwd naar de werking van cocaïne bij de mens. Hij leest op internet: "Gebruik van cocaïne draagt bij aan gevoelens van opwindning en euforie. Die gevoelens ontstaan door een neurotransmitter in het limbische systeem, die daar in synapspleten ten gevolge van cocaïne in overvloed aanwezig is. Cocaïne voorkomt de heropname van dopamine door de presynaptische zenuwcel." Hij bekijkt ook informatie in BINAS/Science Data over de werking van neurotransmitters, maar komt er niet helemaal uit om welke neurotransmitter het gaat en hoe die zorgt voor gevoelens van opwindning en euforie. Jij geeft hem raad.

- 3p 17 Verklaar waarom deze neurotransmitter in de bovenstaande tekst door de aanwezigheid van cocaïne in overvloed aanwezig is.

Het potentiaalverschil aan weerszijde van de synapsmembraan heeft in rust een waarde van -70 mV en heet de rustpotentiaal. De rustpotentiaal wordt in stand gehouden door diffusie van eiwitmoleculen Cl^- , K^+ en Na^+ -ionen, waarvoor specifieke poorten bestaan met receptoren voor dopamine en andere neurotransmitters.

Tijdens rust wordt de ionenverdeling aan weerszijden van het membraan door de kalium-natriumpomp in stand gehouden.

Wanneer dopamine in contact komt met dopaminereceptoren op de postsynaptische celmembraan, kan dit leiden tot overschrijding van de drempelwaarde van 20 mV waarna er door depolarisatie een actiepotentiaal ontstaat. De NaK-pomp zorgt weer voor repolarisatie. Om te voorkomen dat de drempelwaarde overschreden wordt, worden twee uitspraken gedaan.

- I De NaK-pomp zorgt ervoor dat K^+ -ionen naar binnen worden gepompt en Na^+ -ionen naar buiten.
- II Voldoende Cl^- -ionen buiten het membraan werkt de summatie tegen, waardoor in de postsynaptische zenuwcel de drempelwaarde niet wordt bereikt.

2p 18 Welke uitspraak is of welke uitspraken zijn juist?

- A geen van beide
- B alleen I
- C alleen II
- D beide

Aan het einde van de repolarisatie treedt er tijdelijk een hyperpolarisatie op, waardoor het potentiaalverschil zelfs minder is dan -70 mV.

1p 19 Waardoor ontstaat hyperpolarisatie?

Zelfreinigende ramen

Met behulp van een nanocoating kunnen glazen ramen zelfreinigend worden gemaakt. Dat heeft tal van voordelen, van besparing op schoonmaakkosten tot betere doorlating van licht bij huizen en glastuinbouw.

De zelfreinigende werking is gebaseerd op twee processen.

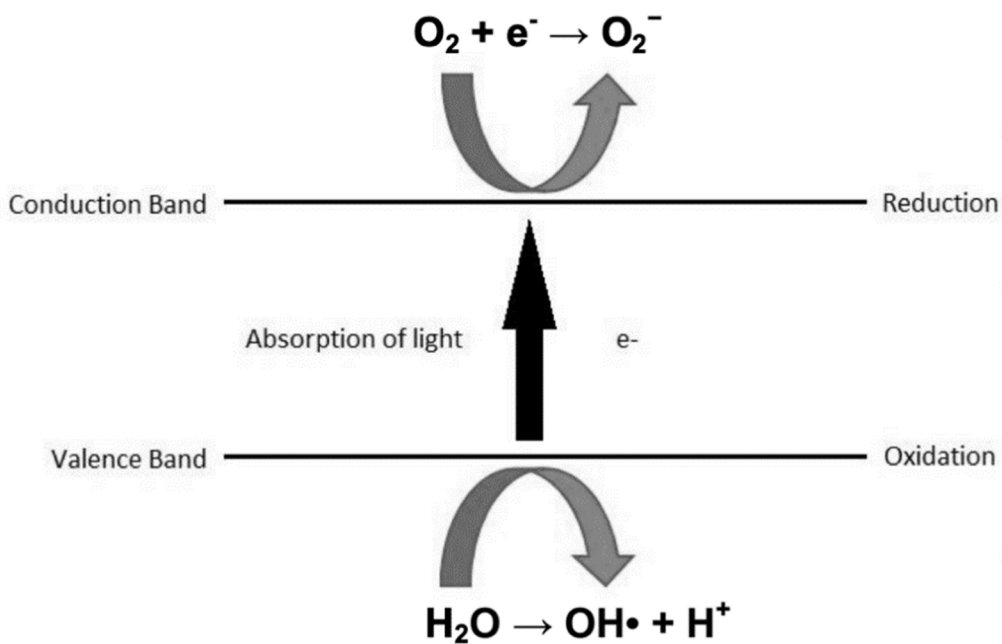
Het eerste proces is gebaseerd op het hydrofiele karakter van de nanocoating. Glas is van nature hydrofoob, als het regent, dan vormen zich waterdruppels op het glasoppervlak. De druppels stromen over het glas en laten vuile sporen achter. De coating zorgt ervoor dat het glas hydrofiel wordt. Het water vormt hierdoor geen druppels meer, maar verspreidt zich gelijkmatig over het glas. De regen laat dus geen sporen meer achter.

4p 20 Verklaar bovenstaand proces met behulp van London, Debye en Keesom interacties. Verwerk in je antwoord:

- De reden waarom water op glas waterdruppels vormt.
- De reden waarom water op gecoat glas geen druppels vormt. Neem daarbij aan dat de deeltjes in glas moleculair zijn en geen dipoolmoment hebben.

Het tweede proces van de zelfreinigende werking van die nanocoating is gebaseerd op de fotokatalytische werking van een toegevoegde stof dat in de 10 – 25 nm dikke coating is verwerkt. Dat zeer fijne poeder van titaan(IV)oxide werkt als katalysator als er UV-licht met een specifieke golflengte op valt. Het UV-licht maakt elektronen vrij waardoor ze door de coating kunnen bewegen en redoxreacties kunnen plaatsvinden aan het oppervlak van de coating (zie

figuur 9). In het bijzonder zetten de vrijgemaakte elektronen watermoleculen om naar hydroxyl-radicalen. Deze hydroxyl-radicalen zijn zeer reactief en breken het vuil op het raam af tot kleinere deeltjes die vervolgens met het regenwater wegspoelen.



Figuur 9: Schematische werking van een fotokatalytische halfgeleider

- 2p **21** Leg uit waarom een halfgeleider als fotokatalysator kan werken en een geleider niet.
- 3p **22** Verklaar met behulp van de Lewisstructuur waarom een hydroxylradicaal zeer reactief is.
- 3p **23** Leg uit op welke wijze de golflengte van het geabsorbeerde licht zal veranderen als het aangebrachte titaniumoxide poeder in de coating iets grotere kristallen bevat.