

Natuur, leven en technologie

College-examen schriftelijk

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage bij vraag 9.

Voor dit examen zijn maximaal 66 punten te behalen; het examen bestaat uit 26 vragen: 24 open en 2 gesloten vragen.

Het examen duurt 180 minuten.

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

Bij de beantwoording van enkele vragen moet het BINAS tabellenboek 7^e editie of ScienceData geraadpleegd worden.

Het gebruik van een rekenmachine is toegestaan.

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.

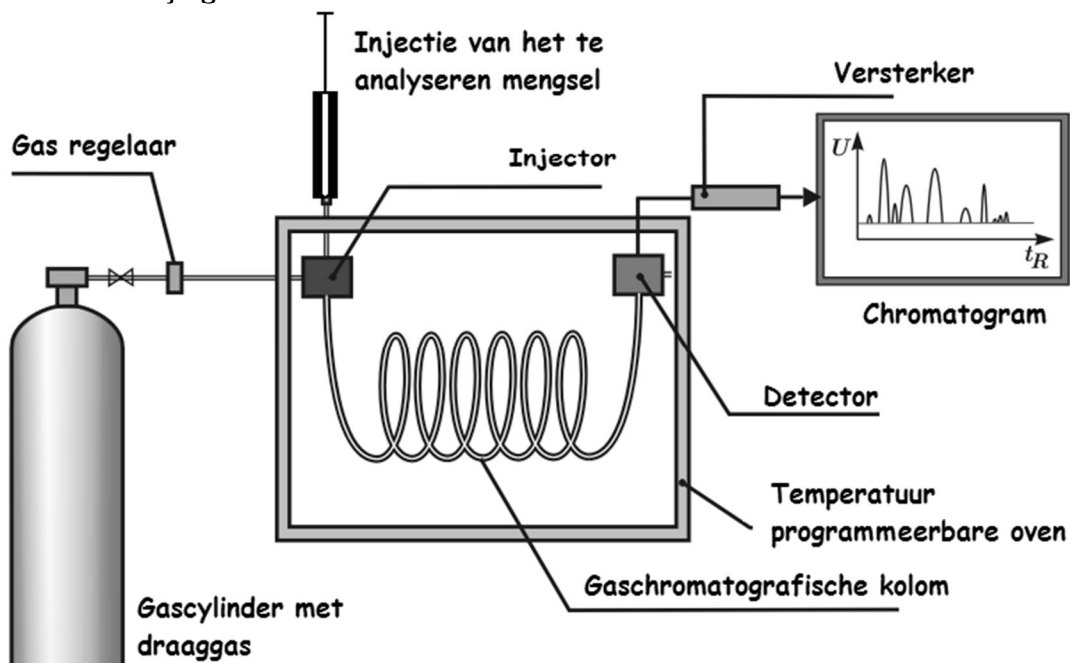
- Tenzij anders vermeld, is er sprake van normale situaties.

Opsporingsmethoden uit een recent verleden

In de zeventiger jaren was de afstudeerrichting Instrumentele Analyse bij chemiestudenten zeer populair. Men kon vanaf toen mengsels scheiden met behulp van apparatuur. Ook kon men componenten in het mengsel identificeren en de verhoudingen ertussen bepalen.

Er kwam veel publiciteit rond het opsporen van doping via bloedmonsters bij sporters. Ook bij forensisch onderzoek kon door die apparatuur het opsporen van gifstoffen in het lichaam veel vlugger gaan.

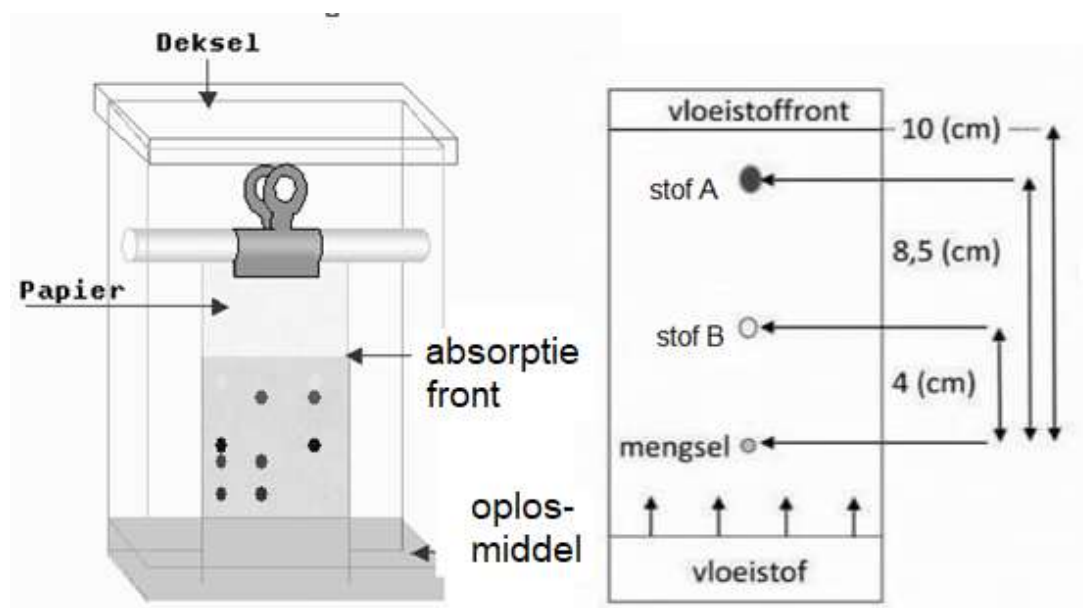
Een veel gebruikt apparaat is de gaschromatograaf, zie figuur 1. Hierin stroomt voortdurend een niet reagerend gas (draaggas) door een smalle buis die van binnen van een coating is voorzien. Als men een gasvormig mengsel in deze buis injecteert, zal een scheiding van molecuulsoorten optreden. Dat gebeurt onder andere door het verschil in interactie met het coatingmateriaal. De componenten van het mengsel bewegen met verschillende snelheden door de kolom en komen daardoor opeenvolgend in de detector en zo worden ze afzonderlijk gedetecteerd.



Figuur 1: Schematische weergave van de gaschromatografie.

- 2p 1 Welke van de grootheden zorgen ervoor dat de stoffen met verschillende snelheid door de kolom gaan? Voor deze meerkeuzevraag zijn meerdere antwoorden mogelijk.
- A kleur
 - B massa
 - C polariteit
 - D radioactiviteit

Een andere identificatiemethode is de dunnelaagchromatografie (zie figuur 2). Een vloeistof trekt door capillaire werking in een speciaal papier omhoog en neemt componenten uit een mengsel in verschillende mate mee. In de afzetting meet men voor iedere component uit het mengsel de “Rate of flow” (Rf).



Figuur 2: Schematische weergave van de dunnelaagchromatografie.

- 3p 2 Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit wat de term “Rate of Flow” betekent.
 - Berekeneer tussen welke getalwaarden de Rf waarde kan liggen.

Soms is de vindplaats van een slachtoffer niet dezelfde als de Plaats Delict. Grondresten onder de schoenen of in kleding kunnen helpen bij het opsporen van de plaats waar het delict heeft plaatsgevonden. Men meet naast kleurwaarde en korrelgrootte de geleidbaarheid van de grondsoort. Geleidbaarheid G (in [S]) is het omgekeerde van weerstand R (in [W]) volgens de formule: $G = 1/R$.

In een geruchtmakende moordzaak in Amsterdam bleek zo'n meting doorslaggevend. Bij die meting plaatste de laborant twee metalen plaatjes van elk $9,0 \text{ mm}^2$ op $1,0 \text{ cm}$ afstand van elkaar in het grondmonster. Vanwege de aangebrachte spanning van 230 Volt liep er stroom met een sterkte van $2,50 \text{ mA}$ door het grondmonster.

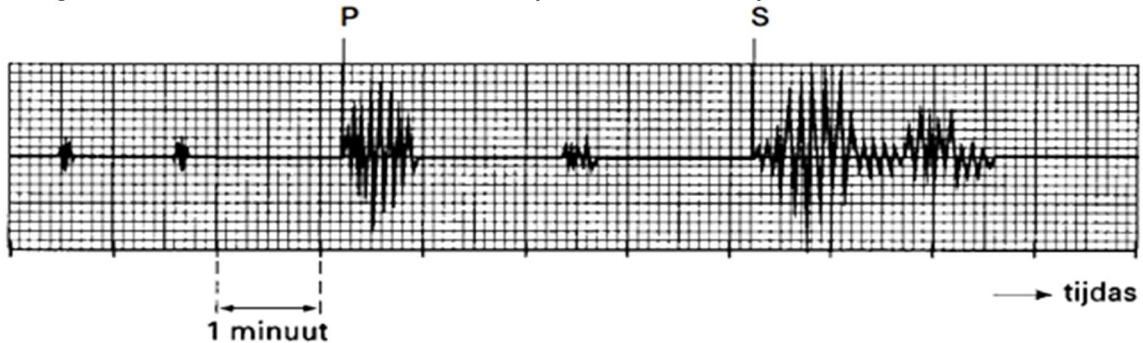
- 4p 3 Bereken de soortelijke geleidbaarheid van deze grondsoort.

Bij een ouder grondmonster neemt de betrouwbaarheid van de meting af.

- 2p 4 Om welke reden kan bij een oud monster de meetwaarde onbetrouwbaar zijn? Leg uit of om die reden de gemeten geleidbaarheid groter of kleiner is geworden.

Aardbevingen bij Sumatra

Bij aardbevingen, zoals bij Sumatra, ontstaan tegelijkertijd twee soorten golven die zich door het aardoppervlak verplaatsen: een P-golf (longitudinale compressie golf met 5,7 km/s) en een S-golf (transversale golf met 3,5 km/s). Met een seismogram kan je de afstand tot het epicentrum makkelijk bepalen. Hieronder is een seismogram afgebeeld waarop de eerste aankomst van de P-golf en de S-golf is aangegeven. Dergelijke seismogrammen kan men gebruiken om de locatie van het epicentrum te bepalen.

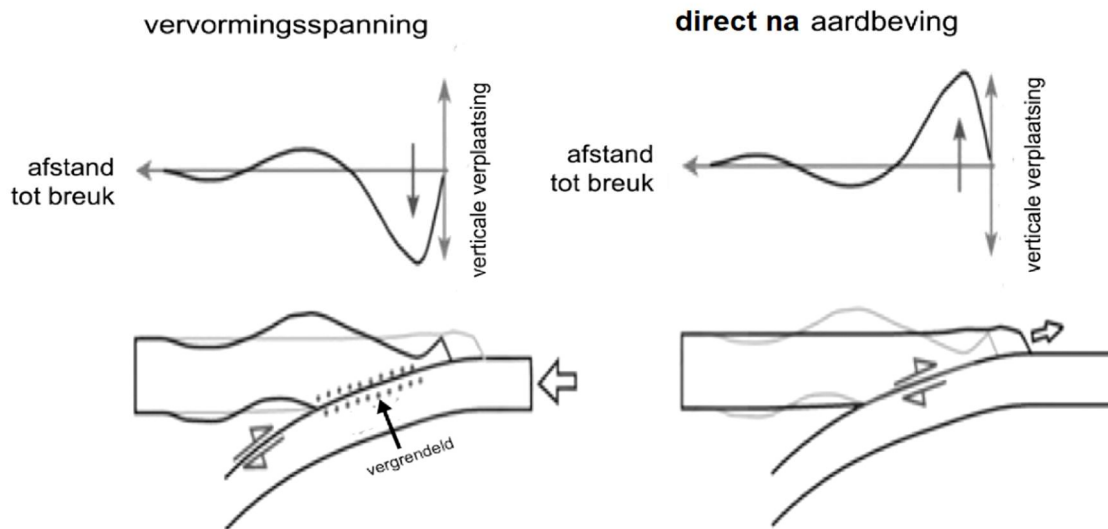


Figuur 3: Seismogram met signalen voor P- en S- golven.

- 3p 5
- Bereken het verschil in aankomsttijd tussen P- en S- golven voor een seismograaf die op 1000 km van het epicentrum staat.
 - Bepaal daarmee uit het seismogram van figuur 3 hoe ver het epicentrum in werkelijkheid staat van het meetpunt.
 - Welke meting is er nog meer nodig om het epicentrum vast te stellen?

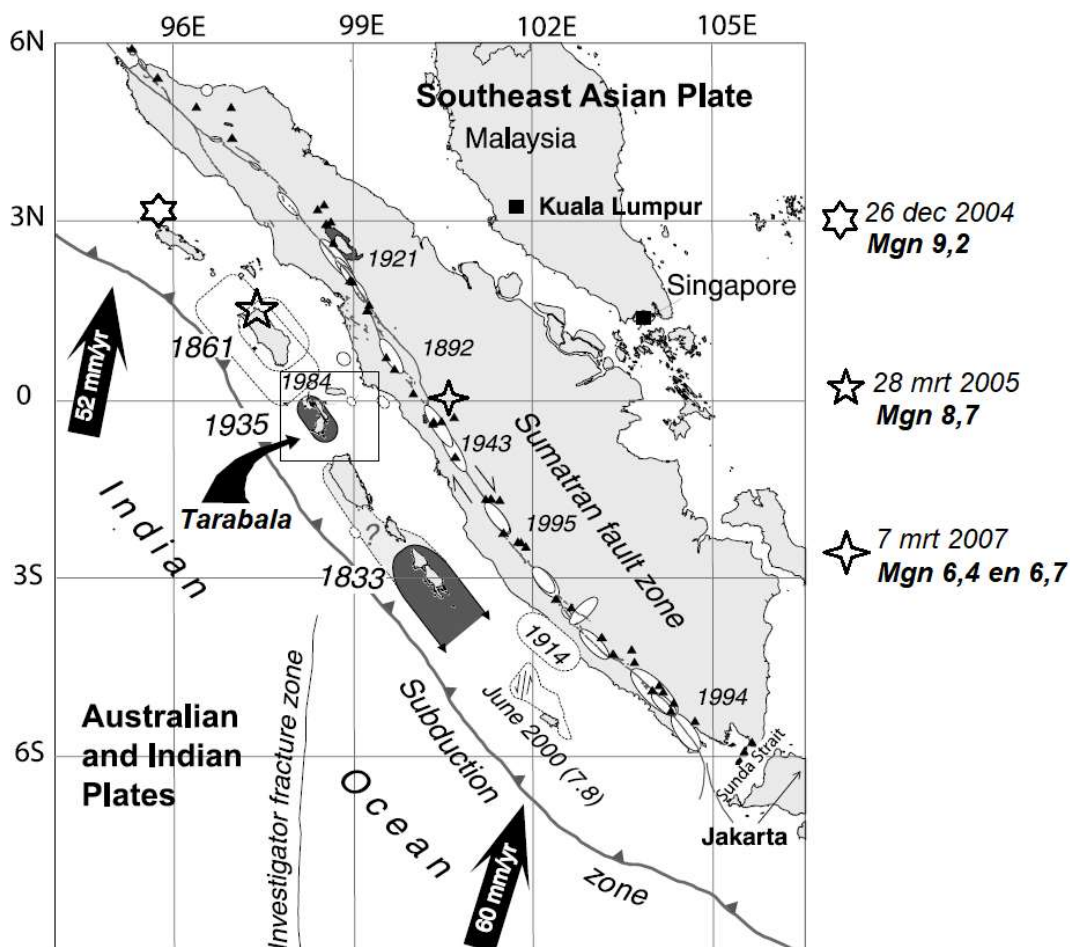
Dewi studeert aardwetenschappen aan een universiteit in Jakarta en wil meer weten over het risico op sterke aardbevingen bij de subductie zone van de Great Sunda Trench voor de kust van Sumatra en de Great Sumatran Fault op dat eiland.

Volgens de theorie bouwt er door het verschuiven van aardplaten spanning op aan het subductie breukvlak (zie figuur 4). Wrijving tussen de platen blokkeert een soepel glijden (zie "vergrendeld" in de figuur). De spanning leidt tot plooivorming aan het oppervlak van de platen, met plekken die langzaam dalen of stijgen. Die spanning zal zich af en toe ontladen in een plotselinge beweging (slip), waarbij de diepst gedaalde plekken omhoog springen. Dit subductie model past bij de situatie voor de kust van Sumatra.



Figuur 4: Model van seismische gebeurtenissen bij subductie.

Dewi bestudeert de kaart van Sumatra die breuklijnen aangeeft met daarop recente aardbevingen (figuur 5). De kaart geeft de beweging in mm per jaar van de twee platen (Indisch-Australische en ZO-Aziatische) ten opzichte van elkaar. Deze plaatbeweging leidt ertoe dat langs de eerste breuklijn subductie plaatsvindt en bij de andere breuklijnen is er vooral een transformbeweging.



Figuur 5: Gebied rond Sumatra met daarin belangrijke seismische data.

Bij de grote beving van 26 december 2004 schoot de overschuivende ZO-Aziatische plaat een stukje omhoog met een verwoestende tsunami tot gevolg. Op 28 maart 2005 vond een iets zwakkere beving plaats langs dezelfde trog. De ene plaat schoof op een plaats wel 8 meter onder de andere plaat door in een richting loodrecht op de breuklijn. Op 7 maart 2007 waren er nog een tweetal grote bevingen langs de Great Sumatra Fault. Seismologen zien deze reeks van vier bevingen als “strain partitioning”.

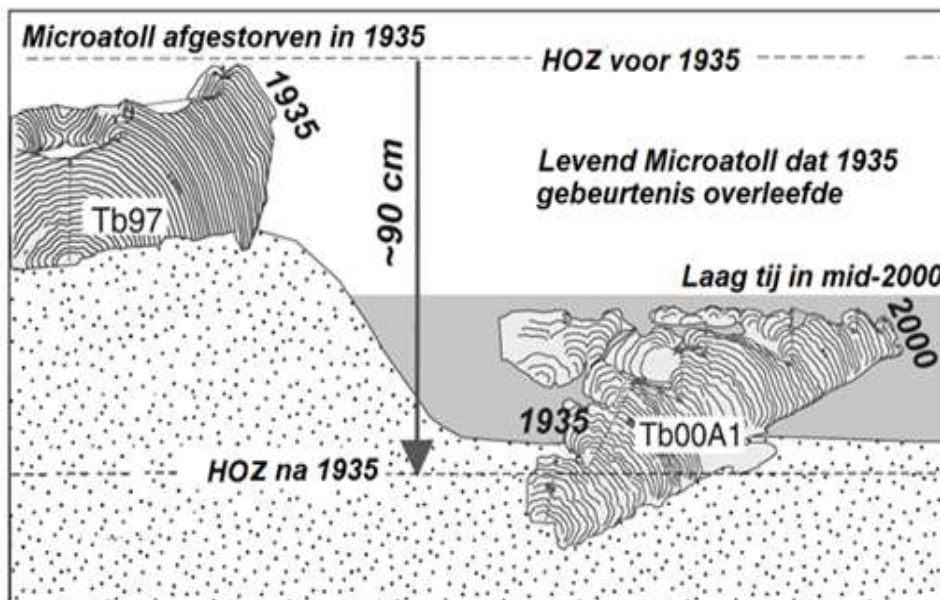
- 2p 6 Bereken op basis van de bewegingsgegevens uit figuur 5 het aantal jaren waarin de spanning is opgebouwd die zich in deze reeks heeft ontladen.
- 3p 7 Leg uit waarom seismologen deze reeks met de term “strain partitioning” beschrijven.

Dewi stuit op een publicatie uit 2004 van Belle Philibosian over onderzoek aan microatollen op stranden van het eiland Tarabala voor de kust van Sumatra. In figuur 5 staat aangegeven dat vlakbij dat eiland in 1935 een sterke beving plaatsvond. In haar onderzoek legt Belle verband tussen verticale bodembeweging en de koraalgroei tot microatollen. Haar onderzoek maakt duidelijk dat tussen twee bevingen met een plotselinge bodembeweging ook trage verticale beweging optreedt. Hiermee is er steun voor het subductie model voor oppervlakte-plooiing bij de spanningsopbouw (zie figuur 4).



Figuur 6: Dr. Belle Philibosian bij een microatoll op het eiland Tarabala.

Een microatol is een ronde kolonie koraaldiertjes op ondiepe zeebodems. Het levende koraal vormt kalklaagjes op skeletjes van afgestorven koraaldiertjes. Deze groei levert een soort jaarlaagjes op door de groei-afsterf cycli die samenhangen met schommelingen in de temperatuur en waterstanden. Koraal groeit alleen onder water en bij langere blootstelling aan de lucht sterft het af. Koraal groeit door tot het Hoogste Overlevings Zeeniveau (HOZ). Bij langzaam stijgende zeespiegel is er groei naar alle kanten, maar bij dalende zeespiegel kan het alleen nog zijwaarts aangroeien. Microatollen registreren als het ware de langere termijn veranderingen in de zeespiegel. Deze microatollen zijn door Belle Philibosian gebruikt om de geleidelijke en grote plotselinge veranderingen in de zeespiegel bij Sumatra te meten en te dateren. Daaruit volgt de verticale bodembewegingen in jaartal en grootte.



Figuur 7: Hoogteprofiel van koraal gevormd voor en na de beving van 1935.

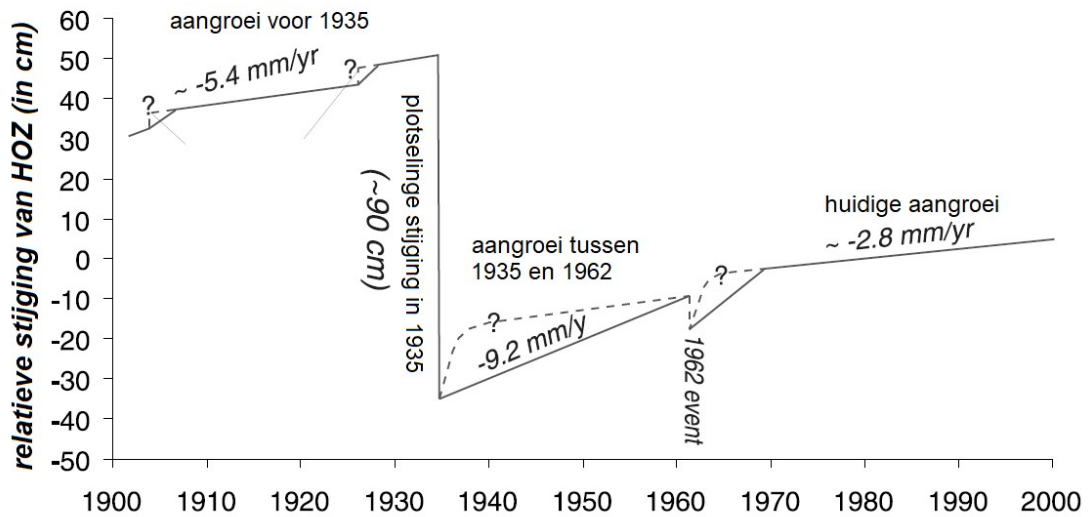
In haar onderzoek uit 2004 staat figuur 7, waarin de dwarsdoorsnede van twee brokken koraal op Tarabala zijn afgebeeld. Daarin zijn de jaarlijkse koraalafzettingen duidelijk te zien. Het brok "Tb97" is door een plotselinge relatieve zeespiegeldaling in 1935 boven water gekomen, afgestorven en niet meer doorgegroeid. Het brok "Tb00A1" lag voor 1935 dieper en is ook na 1935 jaarlijks doorgegroeid.

Met radiologische dateringmethode is de ouderdom van de aangroeilagen bepaald. Hiervoor is de Pb-210 isotoop gebruikt dat het koraal in het kalk afzet en niet in het zeewater oplost.

Belle heeft twee monsters uit het koraalbrok Tb00A1 genomen. Met een massaspectroscop is de concentratie Pb-210 van die monsters gemeten. Het monster uit de buitenste laag bevat $9,0 \cdot 10^{-8}$ ppm en het monster uit een diepere laag bevat door verval nog $7,9 \cdot 10^{-9}$ ppm (ppm = part per million).

3p 8 Bereken met behulp van de halveringstijd van Pb-210 het jaar waarin het oudere stukje koraal moet zijn gevormd.

Men kan zo voor elke jaarlijkse aangroei het ontstaansjaar bepalen. Ook kan men per jaarlaag de verticale groei en daarmee de hoogteverandering van de zeespiegel meten. Deze gegevens zijn ondergebracht in het onderstaande diagram. Opvallend is de enorme daling van de zeespiegel bij de grote beving in het jaar 1935. Ook laat het onderzoek zien dat er tempoverschillen zijn van meegroei van het koraal met de zeespiegelstijging vóór 1935 en na 1935.



Figuur 8: Relatieve verandering van het Hoogste Overlevings Zeeniveau (HOZ) tussen 1900 en 2000 bij Tarabala.

Door de mondiale klimaatverandering smelten ijsmassa's aan de polen af. Dat heeft tussen 1900 en 2000 gezorgd voor een zeespiegelstijging van 19 cm. Die zeespiegelstijging heeft effect op de aangroei van koraal.

- 3p **9** Diagram 8 staat ook in de uitwerkbijlage. Gebruik de gegevens in figuur 8 en de tekst. Teken daarmee in de figuur in de bijlage het verloop van de bodemstijging van Tarabala ten opzichten van het jaar 1900. Doe dat voor de hele periode tussen 1900 en 2000.

Waterstof rond het hart van de Melkweg

Met behulp van radiotelescopie hebben astronomen de vormen en bewegingen van de spiraalarmen van de Melkweg in kaart gebracht. Deze metingen zijn gedaan aan de radiogolven die daarvoor zeer geschikt zijn. Het zijn wolken van neutraal waterstof die deze golven uitzenden. De metingen zijn specifiek aan een lijn uit het spectrum van atomair waterstof met een rustgolflengte (λ_0) van 21,106 cm.

- 2p 10 Leg uit waarom juist radiogolven geschikt zijn om vanaf de aardse positie de hele Melkweg te onderzoeken.

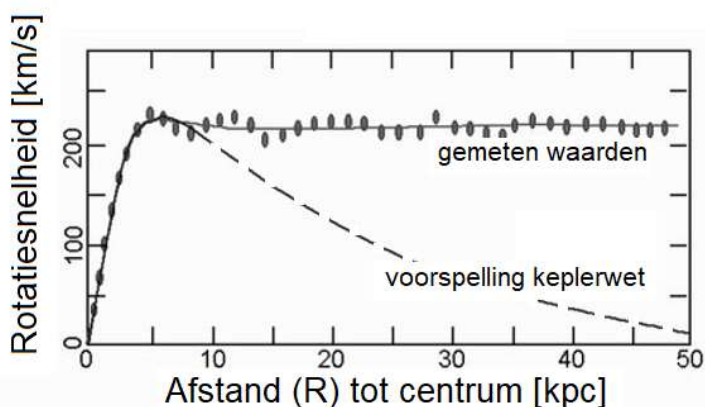
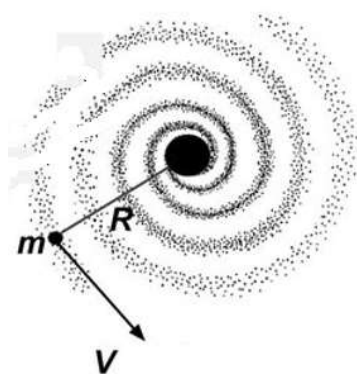
Astronomen gebruiken het Dopplereffect van atomair waterstofgas om de snelheid van sterren en wolken te meten. De component van de bronnsnelheid langs de zichtlijn veroorzaakt rood- of blauwverschuiving van het uitgestraalde spectrum. Daardoor wijkt de gemeten golflengte af van de golflengte die de bron afgeeft als deze in rust zou zijn. De grootte van die afwijking volgt uit de dopplerformule:

$$\Delta\lambda / \lambda_0 = v / c$$

Bij een bepaalde gaswolk blijkt dat de waterstoflijn van 21,106 cm een golflengte van 21,121 cm heeft gekregen.

- 3p 11 Bereken de snelheid van deze gaswolk.

Met dit soort metingen kan men de rotatiesnelheden berekenen waarmee de gaswolken en sterren in die spiraalarmen rond het centrum van de Melkweg draaien. Deze snelheden zijn in het diagram uitgezet tegen de afstand tot het centrum. Opvallend is dat deze rotatiesnelheid heel anders verloopt dan bij een systeem zoals het zonnestelsel die zich laat beschrijven met de wetten van Kepler.



Figuur 9: Rotatiesnelheid van sterren rond het centrum van de Melkweg.

In het centrum van onze Melkweg, op de plek Sagittarius A* (Sgr A*), bevindt zich een zeer grote massa, die zelf niet zichtbaar is. In de buurt van Sgr A* bewegen, behalve enkele sterren, ook wolken waterstof met grote snelheden. Astronomen hebben van enkele van die wolken de snelheid en hun afstand tot Sgr A* bepaald. De gegevens staan in de tabel hieronder:

Afstand tot Centrum	Snelheid
in [pc]	in [km/s]
0,012	1230
0,027	815
0,031	768
0,043	650
0,064	532

Figuur 10: Snelheid van gaswolken vlakbij het centrum van de Melkweg.

- 3p **12** Leg uit dat deze gegevens niet overeenkomen met de rotatiecurves van sterren in een normaal sterrenstelsel (zoals in figuur 9), maar wél passen bij een grote concentratie van massa in het centrum.

Voor bewegingen van objecten in het gravitatieveld rond een grote centrale massa geldt de formule:

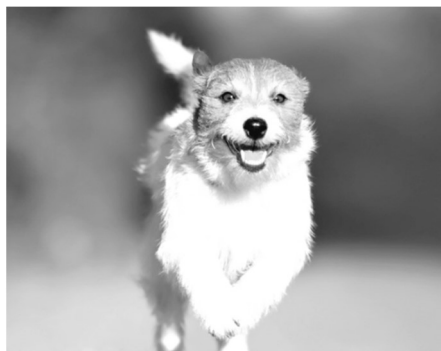
$$v^2 = G.M / r$$

Waarin: v = snelheid
 G = de gravitatieconstante
 M = de massa van een centraal object
 r = de afstand tot het centrale object

- 3p **13** Gebruik gegevens uit de tabel om de massa van het centrale object waar deze gaswolken omheen draaien te schatten en geef aan hoeveel keer de zonsmassa dit is.

ADHD bij honden

Mirjam heeft een hond, Tessel, die nogal onrustig is. Tessel (figuur 11) kan zich moeilijk concentreren en lijkt haar niet te horen, negeert sommige commando's en raakt snel afgeleid. Ook reageert hij wel eens impulsief bij een geluid, zonder dat het lijkt dat hij nadenkt. Ze merkt bovendien dat zelfs na een lange wandeling Tessel geen behoefte heeft aan rust. Daarom heeft Mirjam Tessel laten testen bij de dierenarts, die vermoedt dat de hond lijdt aan ADHD.



Figuur 11: Hond Tessel met ADHD

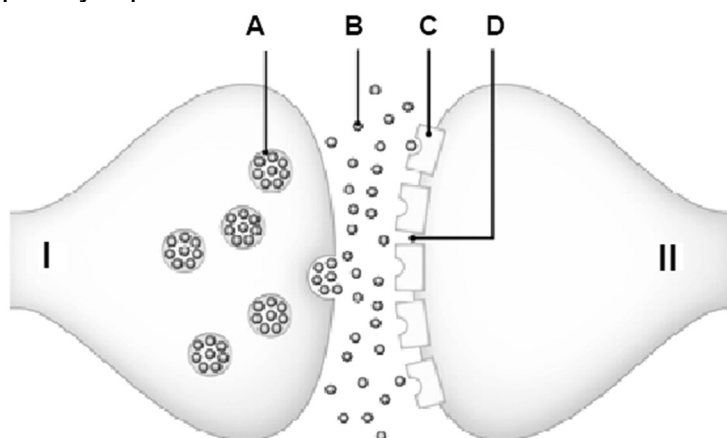
ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder) staat bekend als een aandachts- en hyperactiviteit stoornis die niet alleen bij mensen voorkomt, maar ook bij honden.

De dierenarts adviseert Mirjam een voorspelbare routine te gebruiken, zoals vaste eet-, slaap en wandelmomenten en plotselinge afwijkingen van het dagritme te voorkomen.

Ook kan ze aandacht besteden aan mentale uitdagingen, zoals snuffelspelen om voer te zoeken.

De arts legt uit dat het bij ADHD gaat om een tekort aan de exciterende neurotransmitter noradrenaline. Door dit tekort komt er onvoldoende noradrenaline in de synaptische spleet terecht. Noradrenaline draagt bij aan gecontroleerd doorgeven van impulsen aan andere zenuwcellen in de prefrontale cortex.

Figuur 12 toont een synaptische spleet. De letters A, B, C en D tonen verschillende onderdelen die van belang zijn bij de overdracht van impulsen tussen twee neuronen (I en II): het presynaptisch neuron en het postsynaptisch neuron.



Figuur 12: Overdracht impulsen

- 2p 14 Welk onderdeel, A, B, C of D, geeft de synaptische blaasjes weer die noradrenaline vervoeren? Licht je antwoord toe.
- 2p 15 Omschrijf op twee manieren waaraan je kunt zien dat II het postsynaptische neuron is.

Over het doorgeven van impulsen van het presynaptische neuron aan het postsynaptische neuron komt Mirjam op internet drie uitspraken tegen:

1. Calciumionen veroorzaken een samensmelting van de synaptische blaasjes met de celmembraan van het presynaptische neuron.
2. Voor het doorgeven van de impulsen opent noradrenaline de poortjes op de postsynaptische membraan.
3. Door de geopende poortjes op de postsynaptische membraan stromen kaliumionen de postsynaptische neuron binnen.

- 2p 16 Noteer de nummers van de bovengenoemde uitspraken onder elkaar en schrijf daarachter of de uitspraak *juist* of *onjuist* is.

Aan het einde van het schooljaar gaat ze met Tessel het Pieterpad lopen. Halverwege de eerste etappe in Zuid-Limburg gaan ze beide zitten bij een restaurantje. Daar krijgt Tessel van de kok de restjes van een steak-maaltijd die vorige bezoekers hebben laten staan. Mirjam slaat dit niet af, want Tessel heeft zich heel goed gedragen. De hond schrokt enthousiast de restjes naar binnen. Toch twijfelt Mirjam aan de kwaliteit van de vleesrestjes, omdat ze wat vreemd ruiken en zij vermoedt dat het vlees langere tijd buiten de koelkast is bewaard. Haar twijfel blijkt 's nachts gegrond, omdat de darmen van Tessel opspelen: hij is flink aan de diarree.

Bij diarree trekken de spieren in de wand van de darmen actief samen om verontreinigde voedselbrij zo snel mogelijk te verwijderen en daarmee de darmen te ontlasten.

- 2p 17 Welke neuronen geleiden de impulsen die leiden tot deze samentrekking?
- A** alleen motorische neuronen van het orthosympatische zenuwstelsel
 - B** alleen motorische neuronen van het parasympatische zenuwstelsel
 - C** sensorische en motorische neuronen van het orthosympatische zenuwstelsel
 - D** sensorische en motorische neuronen van het parasympatische zenuwstelsel

Meten aan ijs

Ijs speelt een belangrijke rol in het wereldwijde klimaat. Grote hoeveelheden bevroren water zijn opgeslagen in gletsjers en ijsbergen. Deze ijsmassa's reflecteren zonlicht, waardoor ze helpen de aarde koel te houden.

Gletsjers zijn enorme, traag stromende ijsmassa's die zich vormen uit samengeperste sneeuw in koude gebieden. Ijsbergen ontstaan wanneer stukken ijs van gletsjers afbreken en de zee in drijven, waar ze uiteindelijk smelten. Door klimaatverandering smelten en sublimeren gletsjers sneller dan ze door neerslag aangroeien. Dit proces draagt bij aan de stijging van de zeespiegel en heeft grote invloed op het wereldwijde klimaat.



Figuur 14: Afgebroken ijsberg van een Groenlandse gletsjer.

Over enkele details daarvan gaan de volgende vragen.

Een ijsberg drijft op zeewater, omdat gletsjerijs een dichtheid van 900 kg m^{-3} en zeewater een dichtheid van 1024 kg m^{-3} heeft.

- 3p 18 Bereken het volumepercentage van een ijsberg dat boven het water uitsteekt.



Figuur 15: Moulin in zomers Groenland

Op Antarctica en in Groenland zijn de laatste tien jaar in bepaalde gebieden spectaculaire veranderingen in de stroomsnelheid en dikte van gletsjers waargenomen.

- 2p 19 Leg een oorzakelijk verband tussen die veranderingen en de afbeelding van figuur 15. Het betreft hier smeltwater in de zomer.

Het is een zonnige dag. Aan de top van de gletsjer (zie figuur 16) is de temperatuur 5°C onder nul en de luchtvochtigheid is 10%. De gevoelstemperatuur ligt aanmerkelijk lager. Er ligt een flink pak sneeuw en er is een ijzige wind.



Figuur 16: Gletsjer in Noorwegen, zomeropname.

2p **20** Leg uit wat in deze situatie het begrip sublimatie inhoudt.

De sneeuw heeft een sublimatiewarmte van 2840 Jg^{-1} . De soortelijke warmte van de lucht is $1000 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, de dichtheid van de lucht is $1,293 \text{ kgm}^{-3}$. Stel dat 1,0 gram sneeuw sublimeert. De langsstromende lucht koelt daardoor af.

4p **21** Bereken hoeveel graden $1,0 \text{ m}^3$ droge omgevingslucht hierdoor zal afkoelen.

In figuur 17 staan de lengtemetingen aan bovenstaande gletsjer in Noorwegen. Deze zijn steeds op 1 september in de jaren 2010 tot 2020 gedaan.

Jaartal	Lengte in [km]
2010	1,80
2012	1,68
2014	1,54
2016	1,36
2018	1,16
2020	0,91

Figuur 17: Variatie van de lengte van de gletsjer door de jaren.

2p **22** Bepaal met behulp van figuur 17 of in de periode 2010-2020 de jaarlijkse lengteafname is toegenomen of afgenomen.

Zinkoxide als bescherming tegen zonnestralen

Zonnebrandcrèmes bevatten stoffen die schadelijke zonnestraling kunnen absorberen. Hoe goed de bescherming is, hangt af van de soort stof en van de manier waarop deze stof in de crème is verwerkt. Zinkoxide is een stof die geschikt kan zijn en ook geen schadelijke neveneffecten voor de huid heeft. Zinkoxide (ZnO) is opgebouwd uit ionen Zn^{2+} en O^{2-} .

- 2p **23** Noteer de elektronenconfiguratie van het oxide-ion. Geef het antwoord in de vorm van $1s^2 2s^2 \dots \dots \dots$ (etc.).

ZnO is een halfgeleider. De bandgap van bulk-ZnO (dus niet nano-ZnO) bedraagt 3,37 eV.

- 3p **24** Toon door berekening aan dat de golflengte van het door bulk-ZnO geabsorbeerde licht 368 nanometer is.

- 2p **25** Leg uit of ZnO-bulkmateriaal (microdeeltjes) geschikt is om in zonnebrandcrème te worden toegepast. Geef ook aan of die bescherming tegen alle UV-straling van toepassing is.

Als men ZnO kwantumdots (nanodeeltjes) aan de crème toevoegt, is er een betere bescherming tegen zonnestraling dan wanneer men alleen microdeeltjes gebruikt.

- 2p **26** Geef hiervoor een verklaring.