

Natuur, leven en technologie

College-examen schriftelijk

Voor dit examen zijn maximaal 65 punten te behalen; het examen bestaat uit 26 vragen: 23 open en 3 gesloten vragen.

Het examen duurt drie uur.

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

Bij het examen hoort een apart formuleblad.

Bij de beantwoording van enkele vragen moet het BINAS tabellenboek 6^e druk 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.

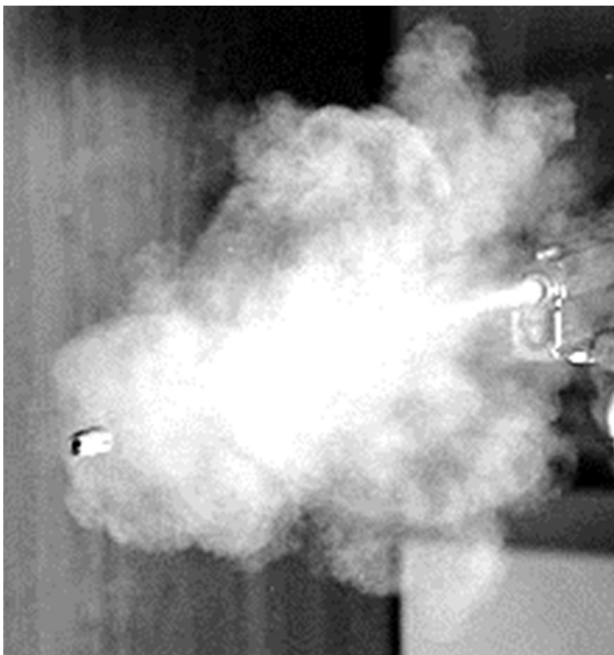
Kruitsporen

Bij het afschieten van een vuurwapen komen er kruitsporen vrij. Kruitsporen zijn alle deeltjes die uit de loop van een wapen komen bij het afvuren van een kogel. Kruitsporen bevatten onder andere verbrande en onverbrande deeltjes van de slagas, het kruit en ook verdampt lood. Soms bevatten de kruitsporen ook metaaldeeltjes die kunnen leiden tot identificatie van het gebruikte wapen.

- 2p 1 Verklaar waardoor de analyse van metaaldeeltjes kan leiden tot identificatie van het gebruikte wapen.

Bij een onderzoek van een schietincident is een metaaldeeltje gevonden met een massa van $1,0 \mu\text{g}$. Het vermoedelijke wapen heeft een loop van 15 cm lang en versnelt zo'n deeltje met een resulterende kracht van 0,40 N.

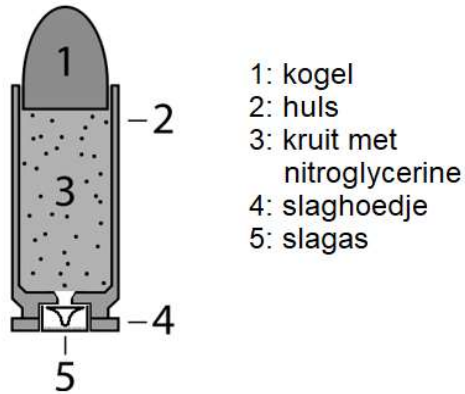
- 3p 2 Bereken met welke snelheid het metaaldeeltje de loop moet hebben verlaten. Gebruik in je berekening formules uit tabel Binas 35A4 of ScienceData 1.6.9.



Figuur 1: Kruitsporen bij het afvuren van een kogel.

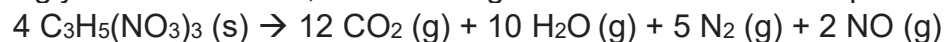
Men kan kruitsporenonderzoek op verschillende manieren doen. Er bestaan analytische methoden zoals massaspectrometrie, maar ook chemische testen. Zo zijn er de Griess test en de Natrium Rhodizonate test (NaRh-test).

Men voert eerst de Griess test uit om nitrietdeeltjes op te sporen. Daarmee kan men de afstand tussen het wapen en het object vaststellen. Nitriet ontstaat als bijproduct bij de ontsteking van het kruit. In het achterste deel van een patroon zit kruit dat voor een deel bestaat uit nitroglycerine. Bij het afschieten van een kogel ontleedt de nitroglycerine, dit heet detonatie.



Figuur 2: Schematische afbeelding van een patroon.

Als nitroglycerine detoneert, vindt de volgende exotherme reactie plaats:



Nitroglycerine is een krachtige springstof doordat het volume die de stoffen inneemt in zeer korte tijd toeneemt met minstens een factor $1,25 \cdot 10^3$.

De dichtheid van nitroglycerine bedraagt $1,5939 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ bij 298 K.

- 4p **3** Laat met een berekening zien dat bij detonatie van nitroglycerine het volume van de stoffen met minstens een factor $1,25 \cdot 10^3$ toeneemt. Doe de berekening aan 1 mol nitroglycerine en ga uit van standaard omstandigheden (298 K en $p = p_0$).

Na de detonatie zal door de reactietemperatuur het vrijkomende stikstof verder reageren tot onder andere stikstofmonoxide. Stikstofmonoxide reageert met water tot salpeterigzuur, HNO_2 . Uiteindelijk toont men met de Griess test de nitrietionen in het salpeterigzuur aan.

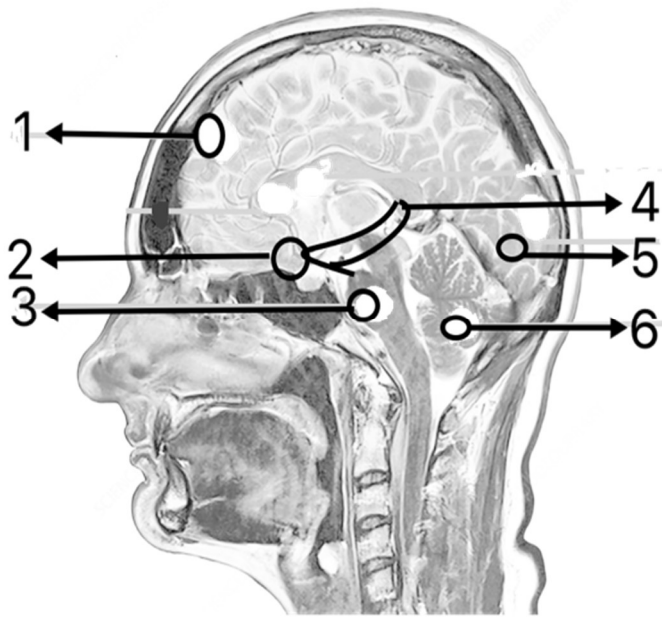
- 2p **4** Geef twee redenen waarom er een ondergrens van 1250 keer geldt voor de factor waarmee het volume toeneemt bij detonatie van nitroglycerine.

Met een NaRh-test kan men de aanwezigheid van lood detecteren. Bij het afvuren verdampt een kleine hoeveelheid lood, dat vervolgens weer sublimiert. Men probeert het gesublimeerde lood met de NaRh-test aan te tonen. Deze test is zeer gevoelig en specifiek, maar de afstand tussen wapen en lood op het getroffen object kan er echter niet mee worden vastgesteld.

- 2p **5** Wat zou de oorzaak kunnen zijn dat met de Griess test wel, maar met de NaRh-test niet de afstand tussen kogel en getroffen object kan worden bepaald?

Emotionele herinneringen

Veel alledaagse herinneringen slijten. Voor het opslaan van die herinneringen is de hippocampus belangrijk. Die geeft signalen door aan de hersenschors, waar herinneringen worden opgeslagen in het langetermijngeheugen. Onderzoekers van het Radboud UMC hebben ontdekt dat de hersenen emotionele herinneringen sterker en levendiger opslaan. Dat komt doordat de amygdala dan de hippocampus aanjaagt, wanneer tussen de amygdala en de hippocampus de exciterende neurotransmitter noradrenaline vrijkomt. Daardoor ontstaat er een verhoogde hersenactiviteit, die ertoe leidt dat hersenen veel verschillende zintuiglijke waarnemingen aan elkaar koppelen. Gekoppelde herinneringen slijten veel langzamer. Dit effect wordt nog eens versterkt door het regelmatig terughalen van die herinneringen.



Figuur 3: Scan hersenen (bewerking van sciencephoto.com).

Gebruik voor de volgende vraag figuur 3 die een scan van de hersenen afbeeldt.

- 2p 6 Op welke twee genummerde locaties bevinden zich de hippocampus en amygdala? En van welk gebied in de hersenen maken zij deel uit? Kies de juiste combinatie (uit A t/m H).

| | <u>amygdala</u> | <u>hippocampus</u> | <u>systeem</u> |
|----------|-----------------|--------------------|------------------|
| A | 1 | 5 | hersenschors |
| B | 2 | 3 | hersenstam |
| C | 2 | 4 | hersenstam |
| D | 2 | 4 | limbisch systeem |
| E | 3 | 2 | limbisch systeem |
| F | 5 | 2 | hersenschors |
| G | 5 | 6 | kleine hersenen |
| H | 6 | 5 | kleine hersenen |

Noradrenaline is een neurotransmitter van het sympathische zenuwstelsel en stimuleert de impulsoverdracht tussen de presynaptische zenuwcellen van de amygdala en postsynaptische zenuwcellen van de hippocampus.

- 3p 7 Leg uit in minimaal vijf stappen op welke wijze noradrenaline de overdracht van impulsen van de amygdala naar de hippocampus stimuleert.

Een neuroloog maakt een scan van de hersenen om de hersenactiviteit in beeld te brengen. De neuroloog staat voor de keuze om een fMRI-scan te maken van de hersenen of een CT-scan. De keuze valt op de fMRI-scan.

- 1p 8 Licht toe waarom voor een fMRI-scan en niet voor een CT-scan is gekozen.

De slaap is een goed moment om herinneringen vast te leggen voor later: geheugenconsolidatie. Even een nachtje ergens over slapen kan geen kwaad. Vooral de diepe slaap lijkt van essentieel belang te zijn.

Jij bent als neurowetenschapper betrokken bij het coachen van jongeren.

Jij attendeert hen op de geheugenconsolidatie en de rol van slaap daarbij.

- 3p 9 Leg hen op orgaaniveau uit wat de rol van slaap is bij geheugenconsolidatie.

Malaria bestrijding

Voor een goed overzicht geeft het formuleblad in de bijlage een uitgebreide toelichting van alle modelgrootheden, waar je bij de beantwoording naar kan verwijzen.

Inleiding op het model

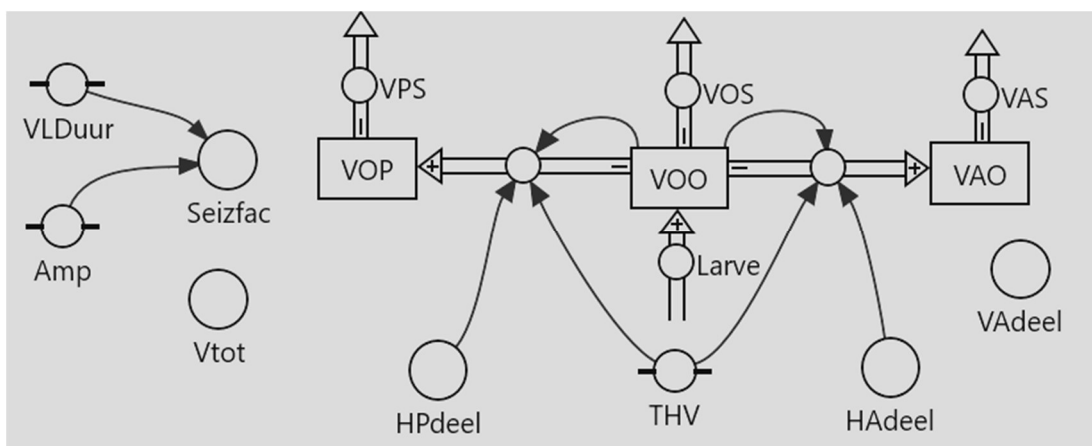
Malaria is een levensbedreigende infectieziekte en behoort tot de grootste gezondheidsproblemen ter wereld. Een belangrijk symptoom van malaria is de koortsaanval die zich om de twee dagen herhaalt, soms gevolgd door een verstopping van de hersen-bloedvaten die kan leiden tot coma en overlijden. Jaarlijks raken ruim 200 miljoen mensen geïnfecteerd door de malariaparasiet die door een speciale muggensoort wordt overgebracht. Malaria eist naar schatting een half miljoen doden, vooral in tropisch Afrika.

De verantwoordelijke parasiet heeft een ingewikkelde levenscyclus, die zich gedeeltelijk in de maag van die speciale muggensoort afspeelt, daar plant de parasiet zich geslachtelijk voort. Bij een steek kan de mug besmet muggenspeeksel in de bloedbaan brengen. Vervolgens vermenigvuldigt de parasiet zich ongeslachtelijk in de lever en het bloed van een besmet mens, waarbij de nieuwe generatie parasieten in periodieke golven vrijkomen met de typerende koortsaanvallen als gevolg. Een mug kan met het bloed ook parasieten meezuigen die in haar maag belanden. Hierna kan de cyclus zich herhalen.

Een bekend middel tegen malaria is chloroquine. Toeristen krijgen dit middel vaak aanbevolen. Er wordt echter veel onderzoek naar alternatieven gedaan, omdat chloroquine vele bijwerkingen kent. Een veelbelovend nieuw middel is het malariavaccin met het antilichaam TB31F, waarover de onderzoekers van het Radboud UMC verslag deden in het wetenschappelijk toptijdschrift *The Lancet*. Een publieksversie hiervan stond in 2022 in het *Pharmaceutisch Weekblad* (11-08-2022).

TB31F gaat de verspreiding van malaria op een heel bijzondere manier tegen. De mens krijgt een vaccinatie met TB31F toegediend, maar het middel vertoont zijn werking pas als het in de maag van de malariamug terecht komt nadat deze bloed met TB31F bij een muggensteek heeft opgezogen. Daar blokkeert het middel de voortplanting van de parasiet die malaria uiteindelijk veroorzaakt. Het middel heeft na vaccinatie een werking van ruim 3 maanden, lang genoeg om per injectie een heel muggenseizoen werkzaam te blijven.

Ruud en Karen proberen het effect van vaccinatie met TB31F te onderzoeken met een wiskundig model, dat is afgeleid uit methodologische tijdschriften. Hun model kent twee delen: een deel in de muggenpopulatie (figuur 4) en een deel in de menspopulatie (figuur 5 op volgende pagina). In het vakjargon heten de muggen Vectors, vandaar de letter V (bijvoorbeeld in VOO en VOP). De menspopulatie heet Humans, vandaar de letter H (bijvoorbeeld in HOO en HOP)



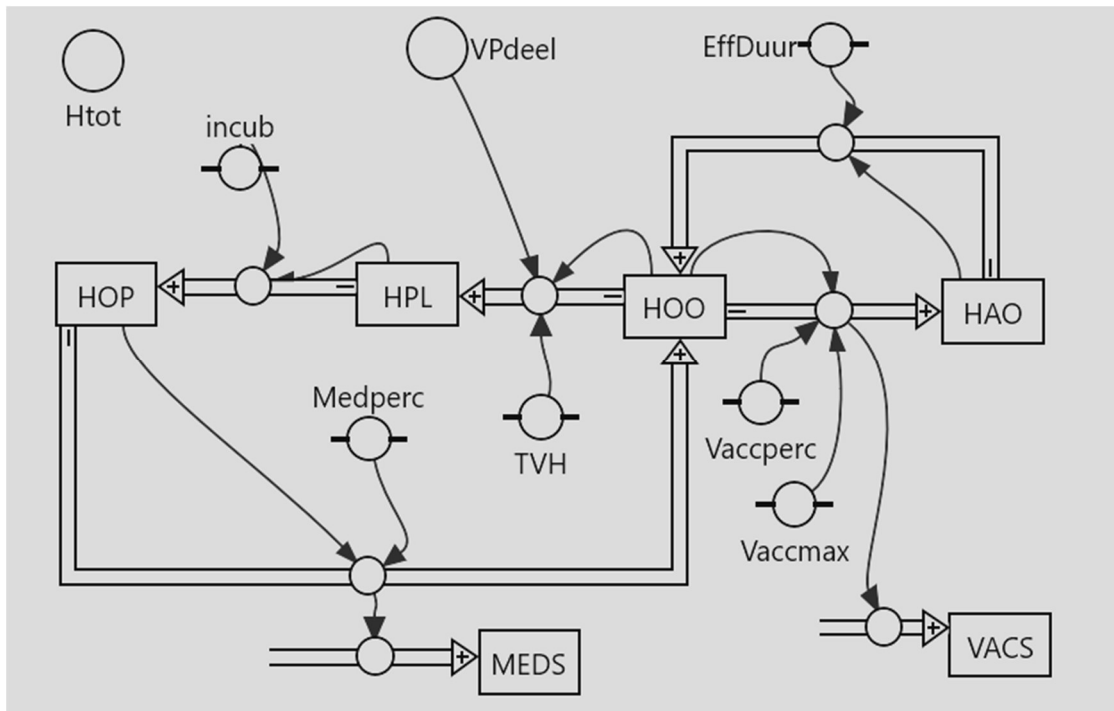
Figuur 4: Model voor de ontwikkeling van malaria in de muggenpopulatie.

De muggen hebben een actief bestaan van $VLDuur = 20$ dagen, waarin ze (vele keren) mensen zullen steken. De dagelijkse muggensterfte is dus $1/20$ deel van het aantal levende muggen. THV is de transmissiekans (T) dat op een dag stoffen worden overgedragen van de mens (H) op de mug (V). Als een onbesmette mug (VOO) een besmet mens (HP-deel van THV) steekt kan die mug veranderen in een positief ("P") besmettelijke mug (VOP). Als een VOO-mug een met TB31F behandelde mens (HA-deel van THV) steekt, wordt deze mug een mug met antistof ("A") die geen malaria meer kan doorgeven (VAO).

Het aantal levende muggen is niet alleen bepaald door levensduur, maar is ook seizoensafhankelijk, denk aan klimaatgegevens als temperatuur en vochtigheid. Deze factor is ingebracht via de grootheid Seizfac; en dat wordt verderop uitgelegd.

Het model over de menspopulatie in figuur 5 toont dat een onbesmet mens (HOO) malaria onder de leden kan krijgen (HPL) na een steek van een besmette mug (VP-deel van TVH). TVH is de (transmissie)kans dat een mug (V) op een dag stoffen op de mens (H) overdraagt.

Na een incubatieperiode (incub) van 25 dagen wordt een HPL zelf positief besmettelijk als HOP. Een besmettelijk mens kan weer HOO worden na een intensieve behandeling met medicijnen. Het model gaat ervan uit dat slechts een deel (Medperc 2,0%) van de HOP-groep effectieve behandeling krijgt. Met de grootheid MEDS telt het model alle effectief behandelde mensen.



Figuur 5: Model voor het verloop van malaria in de mensenpopulatie.

Door de vaccinatie van een onbesmet mens (HOO) met TB31F verandert deze in een mens met antistoffen (HAO). De effectiviteit van TB31F hangt af van de dosis en het tijdstip van vaccinatie. Een grotere vaccindosis op het juiste tijdstip verlengt de effectiviteitsduur (EffDuur) van TB31F. Met de variabele VACS telt het model alle mensen die een TB31F-vaccinatie hebben gekregen.

Vragen over het verloop van de muggenpopulatie volgens het model

Er zijn meerdere variabelen die de ontwikkeling van de muggenpopulatie als geheel beschrijven. Belangrijk zijn de variatie van temperatuur en vochtigheid met de jaarlijkse seizoencyclus die het tempo van rijping van muggenlarven bepalen. Ook is de levensduur van de mug van grote invloed op het aantal vruchtbare en stekende muggen. Het een en ander is in de formules voor de modelvariabelen opgenomen.

Totale muggenpopulatie: $V_{tot} = V_{OO} + V_{OP} + V_{OA}$

Seizoensfactor: $Seizfac = 1/VLDuur * (1 + Amp * \sin(2\pi t/365))$

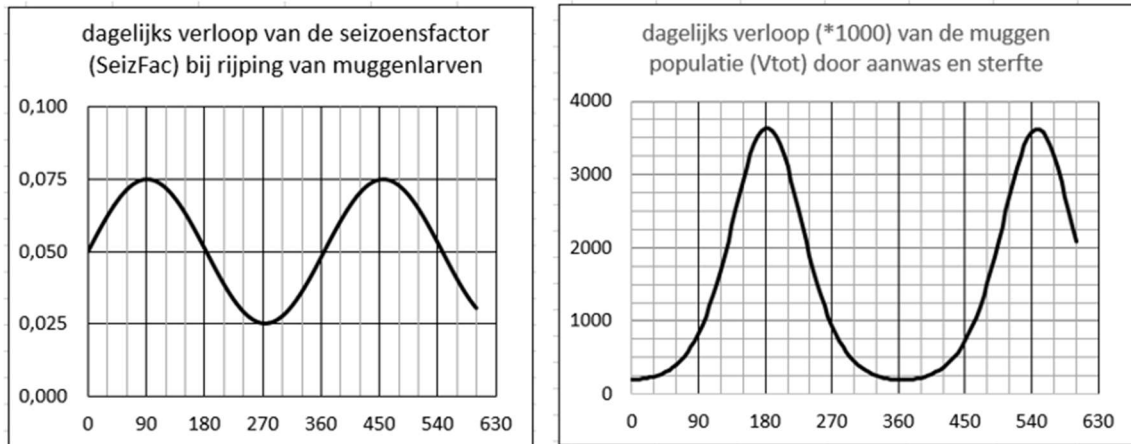
Aanwas van de muggenpopulatie en sterfte van de verschillende groepen:

Nieuwe muggen $Larve = Seizfac * V_{tot}$

Sterfte muggen $V_{OS} = V_{OO} / VLDuur,$

$V_{PS} = V_{OP} / VLDuur$ en $V_{AS} = V_{AO} / VLDuur$

In de formule voor de seizoensfactor (Seizfac) wordt de levensduur van de mug (VLDuur) en de variatie in rijping (Amp) verwerkt. Het model heeft voor 600 dagen het verloop van de seizoensfactor en het effect op de totale muggenpopulatie (V_{tot}) berekend. De uitkomsten daarvan staan in de figuren 6A en 6B.



A. Verloop seizoensfactor

B. Verloop muggenpopulatie

Figuur 6: Variatie seizoensfactor (Seizfac; links) en totale muggenpopulatie (V_{tot} ; rechts) gedurende de eerste 600 dagen

- 4p 10 Toon met behulp van de formules en figuur 6A aan, dat het model uitgaat van de muggenlevensduur ($VLD = 20$ dagen) en de Amp-waarde ($Amp = 0,50$).

Bij de keuze van de optimale vaccinatiedosis met TB31F speelt mee dat een kleinere dosis minder lang werkzaam blijft. Toch kan veel bereikt worden door de mensen met een relatief kleine dosis op het goede moment te vaccineren.

- 3p 11 Leg uit waarom in het vaccinatieprogramma de effectiviteitsduur van TB31F beperkt kan blijven tot ongeveer 130 dagen voor een goede populatiebescherming tegen malaria.

Vragen over “wederzijdse besmetting”

Bij elke steek die een mug uitvoert kan de mug één van de drie soorten mensen treffen. Hierbij is er een kans dat de mug wordt besmet of dat de mug antistof opneemt. In beide gevallen geldt eenzelfde transmissiefactor (THV) van de mens (Human) op de mug (Vector), die afhangt van de hoeveelheid opgezogen bloed met daarin de concentratie werkzame stof. Anderzijds kan er ook transmissie zijn van de malariaparasiet vanuit mug (Vector) op mens (Human), met een eigen transmissiefactor TVH. Volgens de literatuur zijn de waarden $THV = 0,22$ en $TVH = 0,044$.

In het model zijn drie besmettingsvormen als stroomvariabelen opgenomen:

Stroom1: $VOO \rightarrow VOP$ $Stroom1 = THV * HPdeel * VOO$ (zie figuur 4)

Stroom2: $VOO \rightarrow VAO$ $Stroom2 = THV * HAdeel * VOO$ (zie figuur 4)

Stroom3: $HOO \rightarrow HPL$ $Stroom3 = TVH * VPdeel * HOO$ (zie figuur 5)

Karen en Ruud bespreken deze formules. Ze vinden in de literatuur een schatting dat een mug gemiddeld tien keer per dag een mens steekt.

Karen beweert dat volgens dit model de kans dat een mug op een bepaalde dag besmet of immuun raakt kleiner is dan THV.

Ruud beweert dat het percentage besmette mensen (HOP / H_{tot}) gelijk is aan het percentage besmette muggen (VOP / V_{tot}).

2p 12 Geef aan welke van de vier mogelijkheden correct is:

- A Karen en Ruud hebben beide gelijk.
- B Karen heeft gelijk en Ruud heeft ongelijk.
- C Karen heeft ongelijk en Ruud heeft gelijk.
- D Karen en Ruud hebben beide ongelijk.

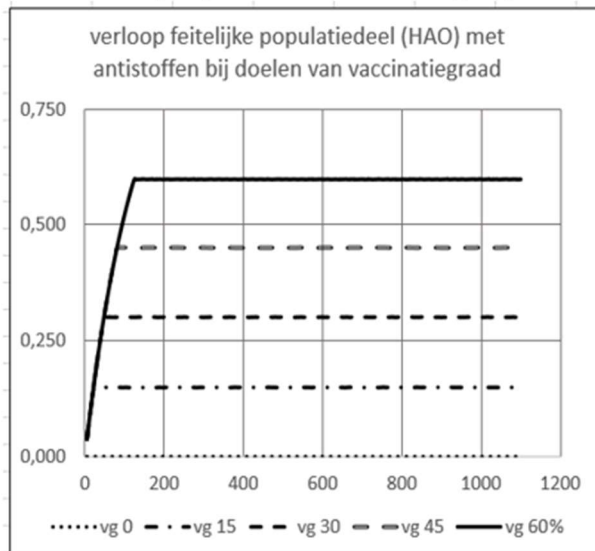
Vragen over de resultaten van het model

Met het model kunnen Karen en Ruud de claim onderzoeken dat vaccinatie met TB31F een belangrijke aanvulling is op de behandeling met medicatie van malarialijders. Er zijn belangrijke voordelen aan zo'n modelonderzoek.

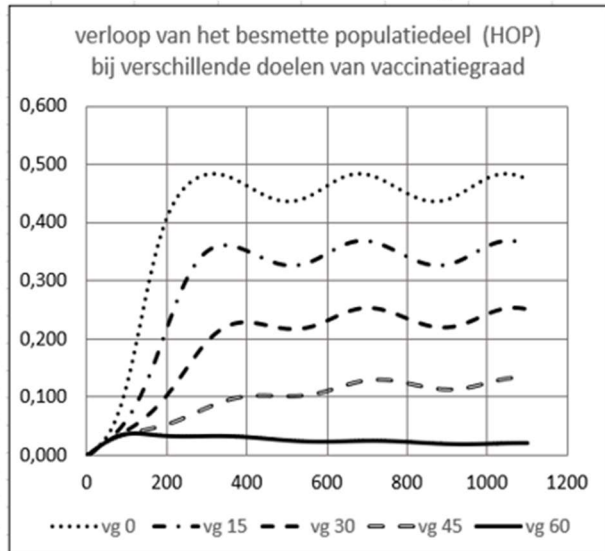
3p 13 Noem twee voordelen van het gebruik van een wiskundig model bij onderzoek naar de claim. Licht je antwoord kort toe.

Karen en Ruud draaien het model meerdere keren, met verschillende doelen voor het vaccinatiepercentage van de bevolking (Vaccperc). Ze variëren voor doelwaarden 0 – 15 – 30 – 45 – 60%. De aandacht richt zich op het dagelijks verloop van een viertal resultaten, afgebeeld in de figuren 7A tot en met 7D.

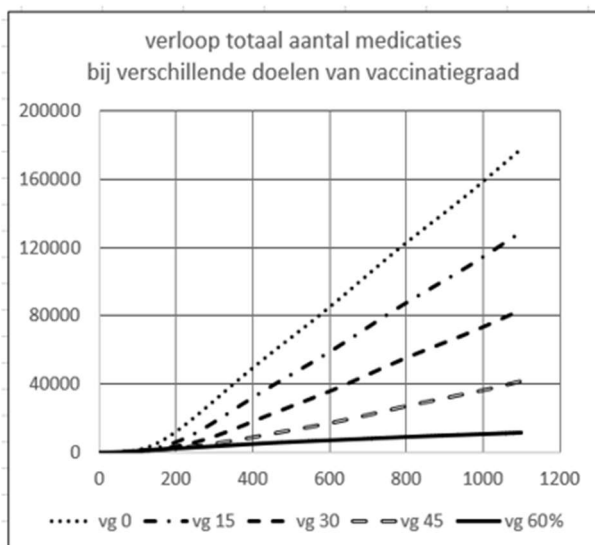
Dagelijkse ontwikkeling bij verschillende doelen in vaccinatiegraad



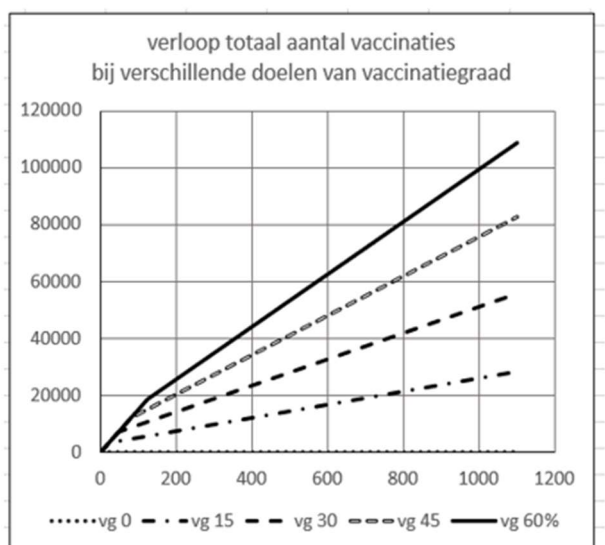
A. Feitelijke vaccinatiegraad



B. Besmet populatiedeel



C. Toegediende medicaties



D. Toegediende vaccinaties

Figuur 7: Dagelijkse ontwikkeling bij verschillende doelen in vaccinatiegraad: Feitelijke vaccinatiegraad (A), Besmet populatiedeel (B), Toegediende medicaties (C), Toegediende vaccinaties (D)

In figuur 7A staat het verloop van de behaalde vaccinatiegraad per dag, uitgesplitst voor de verschillende doelen in vaccinatiegraad. In 7B staat het deel van de populatie dat bij die verschillende vaccinatiecampagnes toch nog besmettelijk is. In figuur 7 is ook het verloop van de totale aantallen malariabehandelingen (7C) en vaccinaties (7D) afgebeeld voor de verschillende vaccinatiecampagnes.

Alle modelresultaten gaan uit van Medperc van 0,02. Dat wil zeggen dat bij 2% van de feitelijk geïnfecteerde HOP-mensen het ziektebeeld optreedt en een succesvolle medicatie wordt toegepast. Dat percentage is laag, onder andere omdat er veel tijd verloren gaat tussen besmetting en behandeling, terwijl een mens ondertussen wel muggen kan besmetten.

- 2p 14 Trek op basis van de geleverde modeluitkomsten een conclusie over de claim van de ontwikkelaar van TB31F dat dit middel een goede aanvulling is op de standaard malaria medicatie. Onderbouw je conclusie met argumenten waarbij je verwijst naar de modeluitkomsten in figuur 7.

Draaien om Sagitarius A

*Let op: voor dit onderwerp is een **formuleblad** toegevoegd in de bijlage.*

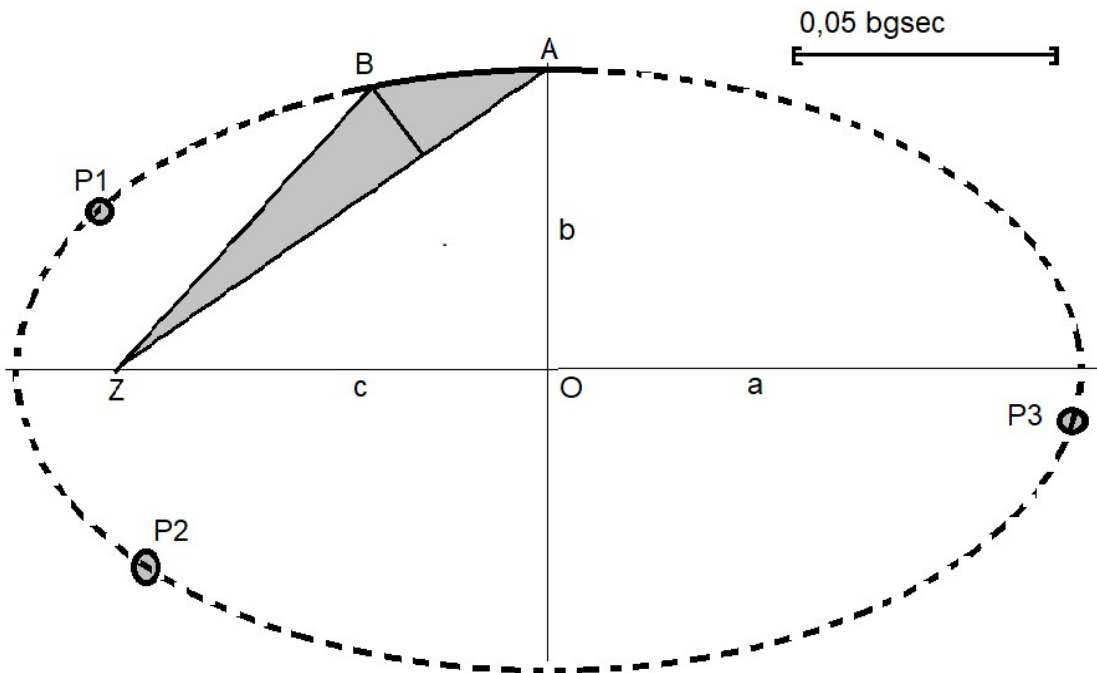
Van de zon is bekend dat zij in een cirkelbaan rond het centrum van de Melkweg beweegt. De baanstraal (R) is ruwweg 8000 parsec en de omlooptijd (T) is ongeveer 230 miljoen jaar. In dat centrum bevindt zich een sterke bron van radiostraling (SgrA). Astronomen hebben aangetoond dat zich daar een zwart gat bevindt met een geschatte massa van 3 miljoen zonmassa's.

Karel kent de cirkelbaanwet van Kepler voor planeten om de zon.

Karel beweert dat die beweging van de zon om dat zwarte gat (SgrA) geheel en alleen volgt uit de grootte van de massa van SgrA. Dus dat de baaneigenschappen (R en T) van de zon via de cirkelbaan wet van Kepler passen bij de geschatte massa van dat zwarte gat.

- 3p 15 Toon door berekening aan dat de bewering van Karel niet klopt.

Vanaf 1990 was de waarnemingstechniek voldoende ontwikkeld om de bewegingen van de sterren rond SgrA verder te onderzoeken. Voor objecten vlak bij dat massieve zwarte gat kunnen de Keplerwetten waaronder de perkenwet wel worden gebruikt. Een perk is de oppervlakte begrensd door het brandpunt van de ellips en een gedeelte van de ellipsbaan. De perkenwet houdt in dat de voerstraal in gelijke tijdsintervallen gelijke "perken" beschrijft. Bij relatief kleine tijdsintervallen is een perk te benaderen met de oppervlakte van een driehoek. Karel wil met de perkenwet een schatting maken van de volledige omlooptijd van ster S12 rond SgrA. Hij beschikt alleen over nauwkeurige gegevens van slechts een gedeelte van die baanellips.



De geschatte ellipsbaan van S12 rond een radiobron Z. De punten P zijn posities die eerder zijn waargenomen. De halve assen a en b zijn aangegeven. De positie B wordt 230 dagen na positie A gepasseerd.

Figuur 8: Geschatte ellipsbaan van S12 rond massieve radiobron in Z

In figuur 8 staat een nauwkeurig geschat deel van de ellipsbaan van S12 rond SgrA weergegeven. S12 beweegt van positie A naar positie B in 230 dagen. Het coördinaatstelsel valt samen met de assen van de ellips. De schaalmaat van de waarnemingshoek is gegeven in boogseconde.

Gebruik figuur 8 en het formuleblad voor de volgende vraag bij de aangegeven stappen.

4p 16 Maak via de aangegeven stappen een schatting van de omlooptijd van S12 rond SgrA.

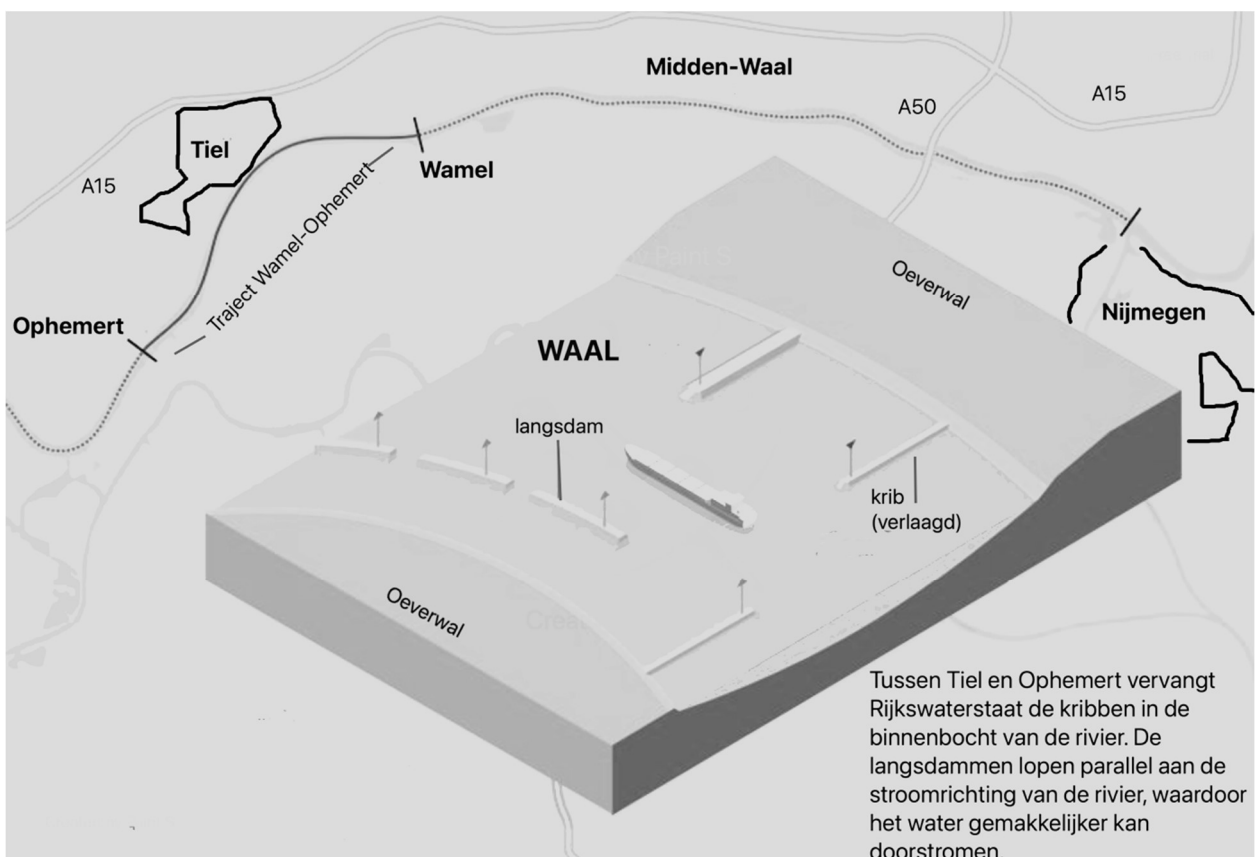
- Toon eerst met de eigenschappen van de ellipsvorm aan dat Z het brandpunt is van de ellips en dus dat de vorm ZAB een perk is.
- Toon vervolgens met de perkenwet aan dat de verhouding tussen het oppervlak van het perk ZAB en het totale oppervlak van de ellips gelijk is aan de verhouding tussen tijdsduur voor het baandeel AB en de hele omlooptijd.
- Bepaal de oppervlakte van de driehoek ZAB en oppervlakte van de hele ellips. Gebruik de getekende hoogtelijn in driehoek ZAB.
- Geef ten slotte jouw schatting van de omlooptijd van S12.

De maat voor schijnbare lichtsterkte of helderheid van sterren is M , de magnitude. De magnitudes van vele bekende en goed zichtbare sterren staan vermeld in Binas 32 of ScienceData 3.1.c. Deze maat voor de lichtsterkte is gebaseerd op de sterrenclassificatie met het blote oog uit de Oudgriekse astronomie (Hipparchus 150 v Chr). De meest zichtbare sterren kregen klasse-1 en de zwakste sterren klasse-6. Met zeer gevoelige lichtmeters kan men nu zelfs tot magnitude 32 meten.

- 3p 17 Op een afstand van 10 parsec zou de zon een magnitude van +4,83 hebben. Bereken of de massa waar S12 omheen draait zichtbaar is. Doe dat door de magnitude van 3 miljoen zonnen die op 8000 parsec dichtbij elkaar staan te berekenen.

Langsdammen in de Waal

In de Waal bij Tiel heeft Rijkswaterstaat in het traject Wamel-Ophemert in 2015 de kribben in de binnenbochten van de rivier vervangen door langsdammen (figuur 9). Een langsdam is een stenen constructie parallel aan de stroomrichting van de rivier. Met deze dammen heeft Rijkswaterstaat de rivier over een lengte van 11 kilometer tussen rivierkilometer 911 en 922 gesplitst in een hoofd(vaar)geul en oevergeulen.



Figuur 9: Langsdammen in de Waal bij Tiel in het traject Wamel-Ophemert.

Ook is de zomerkade vaak verlaagd, waardoor bij hoogwater het rivierwater makkelijker over de oeverwal de uiterwaarden in kan stromen.

Het plaatsen van langsdammen is een pilotproject in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier (zie kader).

Ruimte voor de Rivier

Het programma Ruimte voor de Rivier is bedoeld om, ondanks de toenemende kans op extreem hoge waterstanden, overstromingen te voorkomen en zo te waarborgen dat de veiligheid voor wonen en werken, de zogenaamde “waterveiligheid”, klimaatbestendig is. Door toenemende hoeveelheden regen- en smeltwater krijgen waterlopen in Nederland namelijk steeds meer water te verwerken. Dat bleek ook in de zomer van 2021 toen de waterstand in Maas, Waal en Rijn weer extreme hoogten bereikten.

Ruimte voor de Rivier kent een dubbele doelstelling, waarvan “waterveiligheid” er een is, zoals uit de tekst in het kader blijkt.

- 2p 18 Wat is de andere doelstelling van Ruimte voor de Rivier?
- A beheer zoetwatervoorraad IJsselmeer
 - B economische rendabele binnenvaart
 - C opvang regen- en smeltwater Nederlandse waterlopen
 - D tegengaan bodemdaling grote rivieren
 - E tegengaan wateroverlast bij hevige neerslag
 - F verbetering waterkwaliteit grote rivieren
 - G verbetering ruimtelijke kwaliteit langs de grote rivieren
 - H verzilting van zoet oppervlaktewater tegengaan

Elke langsdam ligt 30 m verder uit de oever dan het vroegere uiteinde van de krib, die vaak een lengte hadden van 50 m. De oevergeul is nu een permanent stromende nevengeul. De hoofdstroom is daardoor 30 m smaller geworden. De vaargeul in de Waal is bij Wamel nu 230 m breed en met 30 cm verdiept tot ca 2,8 m. De oevergeul is gemiddeld 80 m breed is.

Uit de monitoring blijkt dat steeds ongeveer 10% van de Waalafvoer via de aangelegde oevergeulen stroomt, ook bij lage afvoeren. Deze geulen hebben veel weg van een kleine rivier: er stroomt permanent water door en de stroomsnelheid is relatief hoog ($> 0,5$ m/s).

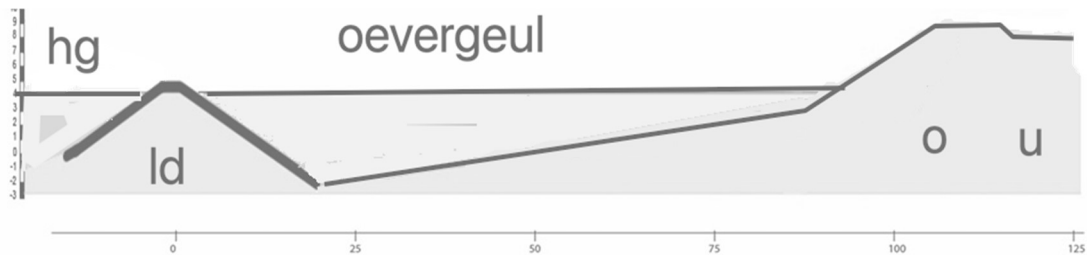
Op een bepaald moment is het debiet van de Waal $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ bij een stroomsnelheid van $1,2$ m/s in de oevergeul.

- 2p 19 Bereken op dat moment de gemiddelde waterhoogte in de oevergeul. Rond af op decimeters.

In 2021 promoveerde Frank Collas aan de Radboud Universiteit op zijn driejarig onderzoek. Daaruit blijkt een gunstige ontwikkeling op de visstand in de oevergeulen. Vooral stroming minnende soorten zoals serpeling, sneep en blankvoorn komen vaker voor. Ook op minder diepe delen van de oevergeul is er meer onderwaterleven, zoals ongewervelden die vaak voer zijn voor de vissen. Rijkswaterstaat wil echter de nevengeulen ook voor recreatievaart ontwikkelen. Natuurgroepen vrezen nadelige gevolgen voor de visgemeenschap.

- 2p 20 Noem twee redenen waarom de gemotoriseerde recreatievaart nadelig is voor de visgemeenschap in de oevergeul.

Bij hoogwater kunnen de uiterwaarden in de nieuwe situatie eenvoudig overstromen, wat gunstig is voor de ecologische ontwikkeling van oeverwallen, omdat stroomdalplanten als ruige weegbree en veldsalie hiervan afhankelijk zijn. Het water voert zand aan en binnen de eerste 100 meter zijn er verse zandafzettingen van 1 tot 10 cm dik te vinden. Een ongunstig neveneffect van de erosie is dat de oevergeul veel meer zand afvoert dan de Waal aanvoert. Zand en klei die vrijkomen, worden vooral afgevoerd naar de hoofdgeul van de Waal en maar een klein deel slaat weer neer in de geul. Hieronder is een dwarsdoorsnede van de oevergeul getekend, zoals die eruitzag bij de aanleg van een langsdam (figuur 10).



Figuur 10: Indicatieve dwarsdoorsnede van een oevergeul bij aanleg van de langsdam. hg = hoofdgeul; ld = langsdam; O = oeverwal; u = uiterwaard

- 2p **21** Neem de afbeelding in figuur 10 over op je antwoordblad en schets daarin waar de erosie en waar sedimentatie plaatsvindt.

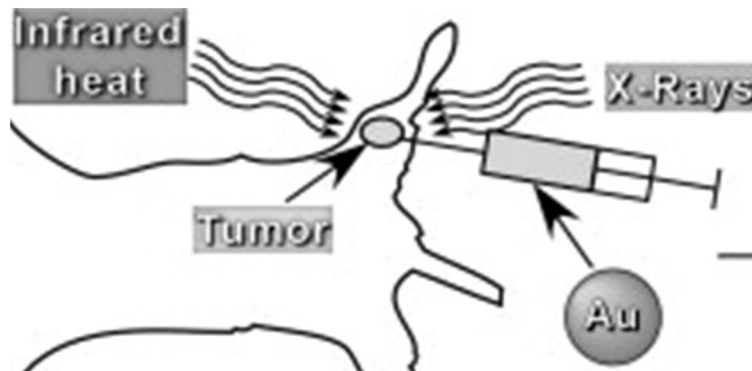
Duurzaam omgaan met water beperkt zich niet tot de grote rivieren. Ook waterschappen, die de kleinere waterlopen beheren, gaan steeds duurzamer om met het water. Een dergelijk beheer is zeker van belang bij aanhoudende regenval. Het Waterschap Rivierenland richt inmiddels in de Betuwe daartoe retentiegebieden in.

- 1p **22** Wat is een retentiegebied?

Nanogoudeeltjes zorgen voor effectievere bestraling

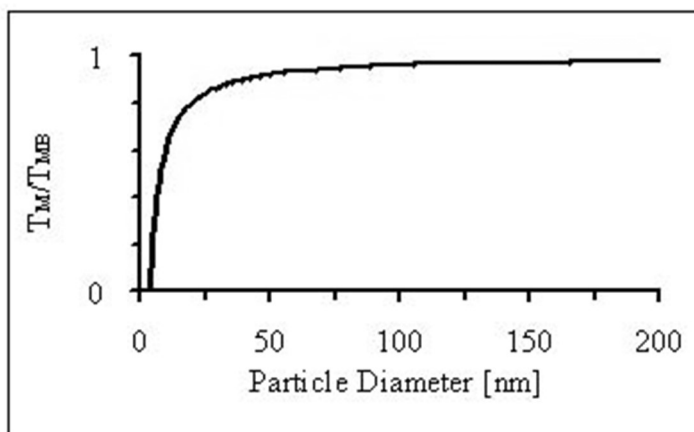
Uit onderzoek blijkt dat goudeeltjes elektromagnetische straling kunnen absorberen die vervolgens een tumor kunnen verhitten (zie figuur 11).

Als een tumor zo wordt verhit dan is er bij een behandeling een lagere röntgenstralingsdosis (X-rays) nodig. De toepassing van nanogoudeeltjes bij de bestraling van een tumor is op dit moment nog in de onderzoeksfase. Het onderzoek richt zich vooral op de invloed van de grootte en vorm van die nanogoudeeltjes, waaronder de zogenoemde nanoschillen, op de effectiviteit van bestraling.



Figuur 11: Schematische weergave van behandeling tumor met gouddeeltjes en röntgenstraling (X-rays).

Een aantal stoffeigenschappen van nanogoudeeltjes is afhankelijk van de grootte. Een voorbeeld hiervan is het smeltpunt. Het verband tussen het smeltpunt van goud en de hoeveelheid atomen is in figuur 12 weergegeven.



Figuur 12: De smeltpuntsverandering van nanogoud

- 3p 23 Verklaar de verlaging van het smeltpunt van goud als de nanogoudeeltjes kleiner worden.

Nanogouddeeltjes in bolvorm absorberen elektromagnetische straling in ultraviolet en zichtbaar licht, 40 nm bolletjes absorberen bijvoorbeeld licht met een golflengte van 530 nm. De energie wordt na absorberen weer uitgestraald, deze emissie heeft minimaal de golflengte van de geabsorbeerde straling.

UV-straling en zichtbaar licht dringen niet diep in het weefsel en dus zijn deze bolletjes niet heel erg geschikt voor het verhitten van een tumor. De beste golflengte voor het binnendringen in weefsel is 800 nm. Uit onderzoek blijkt dat gouden nanoschillen met een diameter van 110 nm deze golflengte wel absorberen. Gouden nanoschillen zijn bolletjes met een silica kern met hieromheen een gouden laagje.

- 2p **24** Bereken hoeveel energie in eV er wordt uitgezonden door een nanobolletje met een diameter 40 nm.
- 3p **25** Leg uit dat de uitgestraalde straling minimaal dezelfde golflengte heeft als de geabsorbeerde straling. Gebruik in je uitleg een tekening van een energiediagram met de grondtoestand en aangeslagen toestand.

Bij quantumdots gemaakt van halfgeleiders is de uitgestraalde golflengte afhankelijk van het aantal deeltjes in de quantumdot. Hoe meer deeltjes, hoe groter de golflengte van de straling die kan worden geabsorbeerd.

Men wil onderzoeken of de hoeveelheid goudatomen of juist de grootte van de nanobolletjes een rol spelen bij de verandering in geabsorbeerde golflengte.

- 2p **26** Beschrijf kort hoe men dit onderzoek zou kunnen uitvoeren.