

Natuur, leven en technologie

College-examen schriftelijk

Voor dit examen zijn maximaal 45 punten te behalen; het examen bestaat uit 21 vragen.

Het examen duurt twee en een half 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 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.

Arseenvergiftiging

Al in de Romeinse tijd werden arseenverbindingen gebruikt voor vergiftigingen. Door arseenverbindingen gedurende een aantal dagen toe te dienen, gemengd met warm eten of drinken, kreeg het slachtoffer een chronische vergiftiging. Arseen werd in de vorm van arseen(III)oxide gebruikt als rattengif en was gemakkelijk verkrijgbaar. Arseen was moeilijk aan te tonen en de symptomen van de vergiftiging hebben dezelfde symptomen als verschillende dodelijke ziekten, zoals cholera en tyfus. Hierdoor was arseen een ideaal gif.

- 2p 1 Leg met behulp van gegevens uit de tekst uit wat een andere eigenschap van arseenverbindingen moet zijn waardoor het zo'n goed gif is.

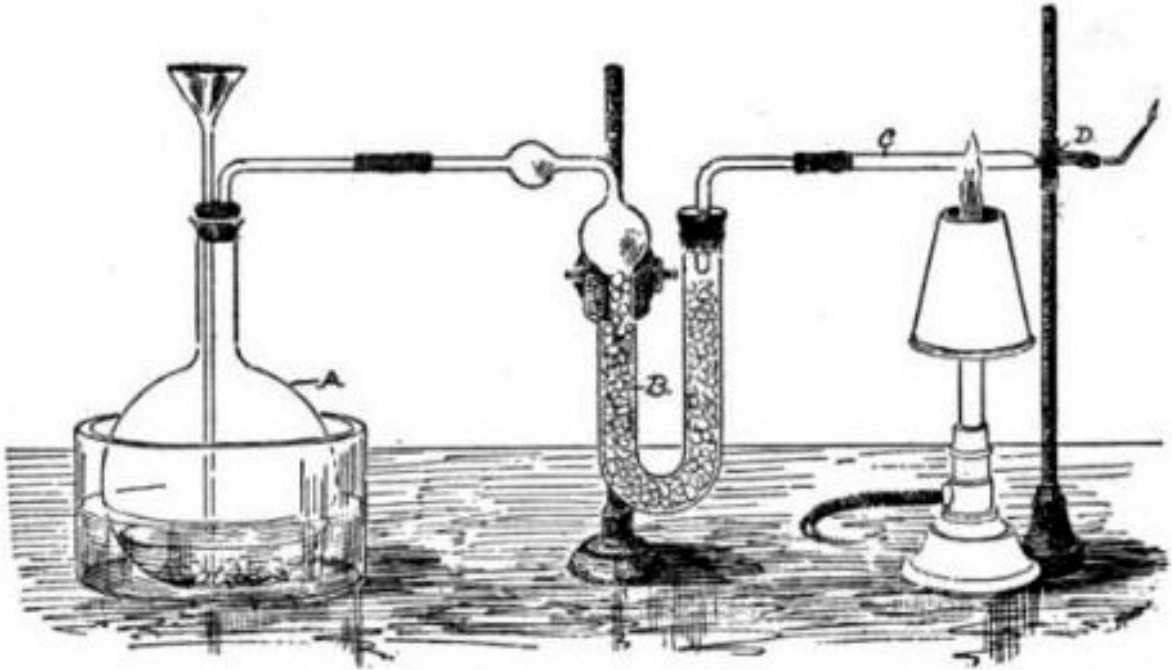
Er is altijd een achtergrondgehalte arseen, een zwaar metaal, in de bodem aanwezig, maar dat gehalte kan verhoogd zijn door bijvoorbeeld bodemverontreiniging. Planten kunnen arseen opnemen zonder zelf schade te lijden. Mensen krijgen via hun voeding dus arseen binnen. Een lage dosering gedurende langere tijd is overigens niet schadelijk voor de mens. Deze dosering staat bekend als de ADI-waarde en is voor arseen $2 \cdot 10^{-3}$ mg per kg lichaamsgewicht.

- 3p 2 Bereken hoeveel gram arseen een persoon met een lichaamsgewicht van 70 kg in één jaar maximaal kan innemen zonder de ADI-waarde te overschrijden.

Geef je antwoord in de juiste significantie.

In het begin van de negentiende eeuw werden de eerste testen ontwikkeld voor het aantonen van een vergiftiging met rattengif. In 1832 werd John Bodle aangeklaagd voor de vergiftiging van zijn grootvader. De chemicus James Marsh voerde de op dat moment geldende standaardtest uit om de vergiftiging te bewijzen. Met deze test zette Marsh de arseenverbindingen om in de gele vaste stof arseen(III)sulfide (As_2S_3). Helaas bleek de gele stof niet stabiel te zijn en was het al ontleed toen hij het bewijs aan de jury wilde tonen. Hierdoor werd John Bodle vrijgesproken.

Gefrustreerd door deze uitkomst ging James Marsh in de jaren daarna op zoek naar een nieuwe methode (zie figuur 1). Hij mengde een monster dat arseen bevat met zwavelzuur (H_2SO_4) en leidde dit door een U-buis gevuld met zink. Als er rattengif in het monster aanwezig was, dan reageerde de arseenverbinding met zwavelzuur en zink. In de U-buis ontstond zinksulfaat, water en arsinegas (AsH_3). Het arsinegas werd vervolgens verhit, het ontleedde dan in waterstofgas en arseen. Het arseen sublimeerde bij afkoelen tot een zilverzwarte neerslag.

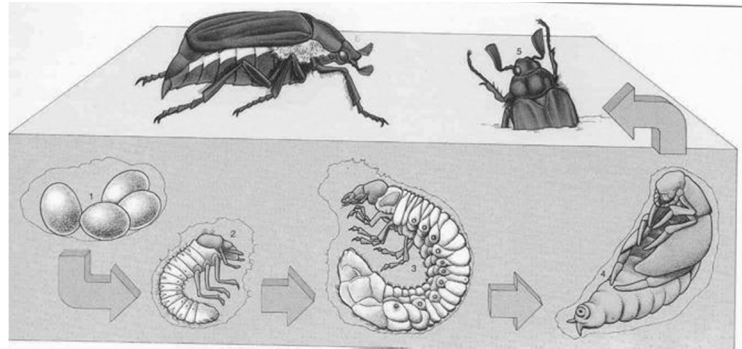


Figuur 1: Opstelling van de Marsh-test

- 4p 3 Geef de twee reactievergelijkingen die plaatsvinden bij het aantonen van een arseenvergiftiging met de Marsh-test.
- 2p 4 Noem twee voorwaarden waaraan de verbeterde arseentest moet voldoen.

Biologische bestrijding

Frits heeft een gemengd biologisch bedrijf in Eemland. Hij weet dat onder zijn gras- en akkerbouwland de bodem leeft. Belangrijke organismen zijn nematoden, kleine aaltjes die van nature in de bodem voorkomen (figuur 2). Aaltjes zijn nuttig voor het beschikbaar maken van voedingsstoffen voor planten. De grootte van de populatie is daarom ook een indicator voor de bodemvruchtbaarheid.



Figuur 2: Nematoden (x100) Figuur 3: Gewone meikever in verschillende levensfasen.

Aaltjes eten niet alleen plantenresten, maar zijn ook vijanden van enkele geleedpotigen. Frits heeft regelmatig last van engerlingen (figuur 3), larven van de gewone meikever (*Melolontha melolontha*), die schade toebrengen aan zijn grasland. De larven leven de eerste jaren onder de grond en beschadigen de haarwortels waardoor de planten onvoldoende vocht op kunnen nemen en afsterven.

Ook heeft Frits regelmatig last van de larven van de kooluil (*Mamestra brassicae*), een nachtvlinder waarvan de larven zich te goed doen aan de bladeren van zijn spruitkool. De larven leven de eerste drie jaar onder de grond.

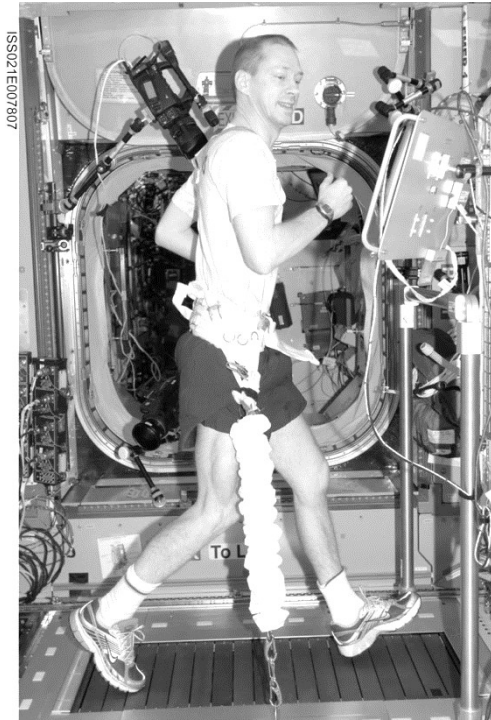
Om voldoende kool te kunnen oogsten bestelt Frits regelmatig aaltjes via internet. Er zijn verschillende specifieke soorten. Sommige aaltjes dringen bijvoorbeeld de larven binnen die het aaltje als voedselbron en broedkamer gebruikt, waardoor de prooi binnen een paar dagen doodgaat.

De kooluil heeft als natuurlijke vijand ook de schildwesp. Verder zijn de eitjes en larven van de kooluil een voedselbron voor enkele zoogdieren, zoals de mol en vogels, zoals de merel.

- 3p 5 Maak een voedselweb waarin de genoemde organismen voorkomen. Gebruik als leidraad het voedselweb afgebeeld in BINAS of ScienceData.

Fitness in de ruimte

In 2020 keerde Christina Koch terug op aarde na de langste ruimtevlucht door vrouwen na een ISS-missie van 328 dagen. Een lange tijd in de ruimte is echter niet goed voor de botgezondheid. Vandaar dat de astronauten per dag minimaal 2 uur fysiek moeten trainen met speciaal ontwikkelde fitnessapparatuur (zie figuur 4). Verder is calcium in de voeding essentieel. Maar ook dienen astronauten extra vitamine D te slikken om hun botgezondheid enigszins op peil te houden.



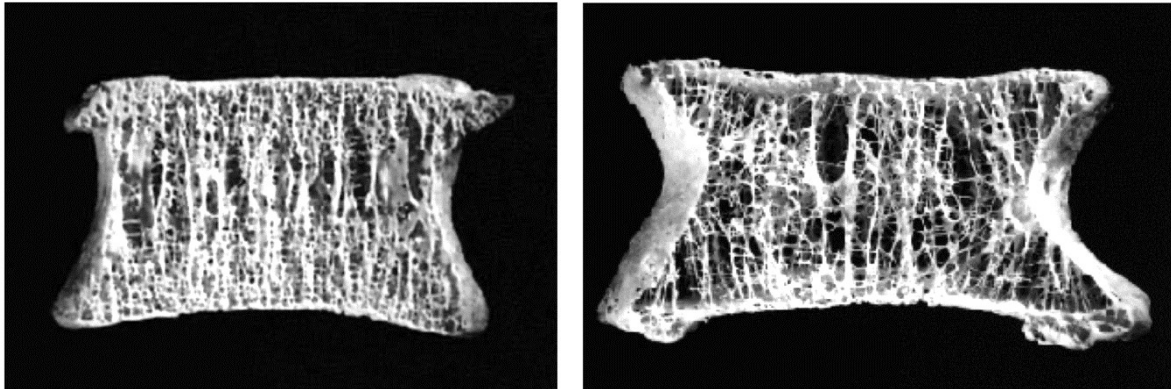
Figuur 4: Astronaut op fitnessapparatuur.

- 2p 6 Leg uit waarom astronauten niet op eenzelfde wijze als mensen op aarde kunnen voldoen aan hun behoefte aan vitamine D.

Gewoonlijk is de botafbraak en botopbouw met elkaar in balans en is de Ca-spiegel van het bloed 4,5-5,6 mg/dl. Daarbij spelen hormonen een belangrijke rol. Een van die hormonen is calcitonine dat de afbraak van botweefsel remt en botten steviger maakt. De schildklier maakt dit hormoon aan bij hoge concentraties calcium in het bloed, bijvoorbeeld na een maaltijd met zuivelproducten. De bij schildklier maakt een ander hormoon aan dat bij lage calciumconcentraties in het bloed juist botweefsel afbreekt. Calcium is immers ook noodzakelijk voor het goed functioneren van het zenuwstelsel.

- 1p 7 Wat is de naam van dit hormoon dat in de bij schildklier wordt gemaakt?

Harry en Marjolijn bereiden een presentatie aan de klas voor over de invloed van ruimtereizen op de botgezondheid. Ze lezen daarvoor een artikel dat ingaat op de verminderde botmineraaldichtheid (BMD) bij een verblijf in het ISS. De botten ondergaan een proces wat veel lijkt op osteoporose, de permante botontkalking die op kan treden als gevolg van ouderdom (figuur 5).



Figuur 5: Normaal bot (links) vergeleken met een bot bij osteoporose

De kans op botbreuk bij osteoporose is groter, zelfs bij het uitvoeren van eenvoudige taken zoals iets van de grond tillen. Astronauten ontwikkelen geen permanente botontkalking en na terugkeer op aarde sterken hun botten weer langzaam aan.

Tijdens hun presentatie doen Harry en Marjolijn enkele uitspraken om na te gaan of hun medeleerlingen voldoende weten over osteoporose.

- I Osteoporose komt vooral voor in de lendenwervels van de ruggengraat.
- II Bij osteoporose neemt vooral de trabeculaire structuur die de binnenkant van het bot vormt af.
- III Bij osteoporose werken osteoclasten sneller dan de osteoblasten waardoor er relatief meer bot afgebroken wordt dan opgebouwd.
- IV Tijdens een verblijf in de ruimte neemt de botresorptie af.

2p **8** Neem de nummers over op je antwoordblad en geef aan of de betreffende uitspraak **wel** of **niet** juist is.

De kans bestaat dat de NASA nog de komende eeuw een bemande missie naar Mars stuurt. Op basis van de verschillen in omlooptijd van Aarde en Mars rond de zon, kan deze missie niet langer dan 38 maanden duren. Daarvan gaat minimaal een jaar verloren aan de heen- en terugreis, die beide 6 maanden duren.

Ook de BMD heeft invloed op de lengte van de missie.

Tijdens de reis naar Mars is er geen zwaartekracht, en eenmaal op de planeet is de zwaartekracht een derde van de zwaartekracht op aarde. Voor astronauten in de ISS heeft de NASA aangegeven dat een BMD-afname van 20% tijdens een missie kritisch is in verband met botbreuken bij terugkeer op aarde. De NASA gaat ervan uit dat bij gewichtsloosheid de BMD maandelijks afneemt met een constante. Die constante is gebaseerd op 1% vanaf de eerste maand van een missie. Is de BMD van een persoon bijvoorbeeld 1000

mg/cm³, dan is deze constante 10 mg/cm³ per maand. De BMD op Mars kan, gebaseerd op de zwaartekracht op deze planeet, afnemen met een constante van 0,4% per maand.

Op aarde bereiken mensen hun maximale BMD rond hun dertigste, waarna die zonder oefening geleidelijk afneemt.

John is in het jaar 2036 op 35-jarige leeftijd op missie naar Mars. Zijn BMD bij aanvang van de missie is 1050 mg/cm³.

- 1p **9** Bereken de kritische botmineraaldichtheid (BMD) van John bij terugkeer op aarde.
- 3p **10** Laat met een berekening van het BMD-verlies zien, dat een Marsmissie van 38 maanden zonder de huidige bekende maatregelen, zoals fitness in de ruimte, nog niet haalbaar is.
- 1p **11** Geef nog een ander argument, anders dan het BMD-verlies, waarom een Marsmissie van 38 maanden met de huidige stand van de techniek nog niet haalbaar is.

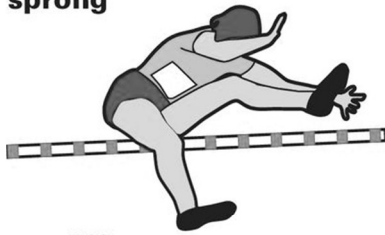
Fosbury flop

In 1968 won de atleet Dick Fosbury met een heel bijzondere stijl een gouden medaille voor hoogspringen tijdens de Olympische Spelen in Mexico. Zijn stijl staat sindsdien bekend als de *Fosbury flop* en is tegenwoordig onder hoogspringers de standaard techniek. Tot halverwege de 20^{ste} eeuw gebruikten de meeste hoogspringers de Schotse schaarsprong of de rolsprong, omdat dan een veilige landing in een zandbak of stapels matten mogelijk was. Met de komst van diepe schuimmatten konden atleten experimenteren met hun landingsstijlen. De landing bij de flop is op schouders en rug.

Bij de flop passeren de hoogspringers ruggelings de lat, nadat ze bij de aanloop vlak voor de afzet hun lichaam roteren. Wanneer de atleet de lat passeert hangen de schouders laag en zijn de knieën licht gebogen. Hiermee kunnen ook atleten op clubniveau hoger springen dan met andere technieken, hoewel oefening kunst baart. Het record bij de mannen staat alweer 30 jaar op naam van Javier Sotomayor: 2,45m.

In figuur 6 zijn drie verschillende springtechnieken uitgebeeld.

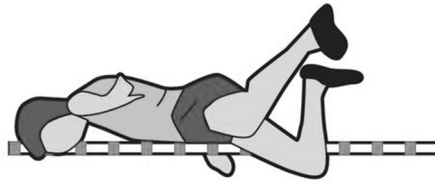
Schotse sprong



1,83 m
Marshall Brooks (GBr)
1876 *onofficieel*

Bij de afzet wordt het binnenste been gestrekt opgezwaaid waarna met het buitenste been wordt afgezet. Romp blijft min of meer verticaal

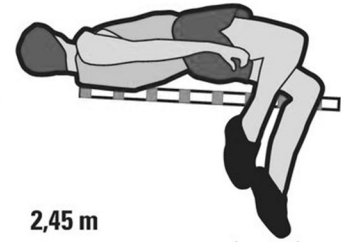
Rolsprong



2,34 m
Vladimir Jasjtsjenko (Sovjet-Unie)
16-6-1976

Atleet rolt met de buik naar de lat gekeerd over de lat

Fosburyflop



2,45 m
Javier Sotomayor (Cuba)
27-7-1993

Hoofd van atleet gaat als eerste over de lat waarna ruggelings de lat wordt gepasseerd

NRC 310712 / YS, StS / Bron: IAAF

Figuur 6: Drie verschillende sprongtechnieken bij het hoogspringen.

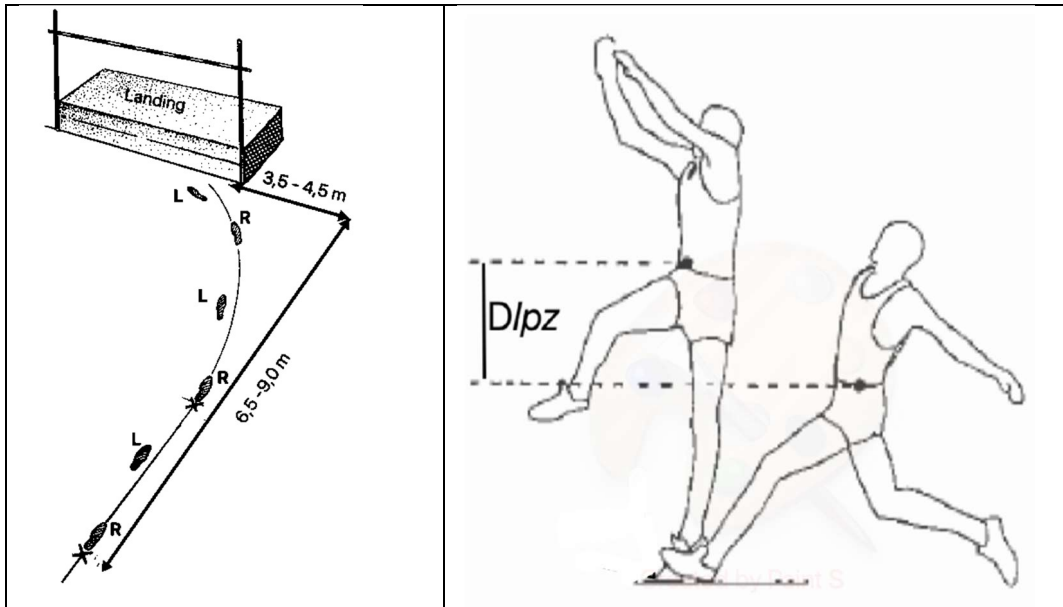
Een voordeel van de Fosbury flop is dat bij deze sprong het lichaamszwaartepunt (LPZ) een veel gunstigere route neemt dan bij de schaarsprong en rolsprong.

- 2p **12** Teken in de uitwerkbijlage een stickdiagram op het moment van het passeren van de springlat van een atleet die de Fosbury Flop uitvoert en geef daarin ook het LPZ aan.
Laat in je stickdiagram de positie van de armen en benen en de vorm van het lichaam zien.

Jack oefent bij zijn atletiekvereniging de Fosbury flop. Bij de laatste training werd een video-analyse gemaakt. Jack heeft een lengte van 172 cm en weegt 60 kg.

Bij zijn aanloop maakt hij een J-curve naar de lat, waarbij hij iets naar links hangt, en plaatst vlak voor de sprong zijn afzetbeen goed vooruit (zie figuur 7). Dan stijgt zijn lichaamszwaartepunt snel genoeg over een afstand van D_{lpz} . Jack zwaait daarbij ook zijn armen iets omhoog.

Uit de videoanalyse bleek naderhand dat hij een rotatie maakte tijdens zijn sprong, zodat hij met zijn rug over de lat sprong. Hij passeerde binnen een seconde na de afzet ruggelings de lat, die op 1.60m lag. Het werd een persoonlijk record.



Figuur 7: Aanloop met J-curve en afzet sprong bij een Fosbury flop.

Voor de uitgevoerde aanloop met J-curve heeft Jack twee argumenten.

- 1p 13 Geef een argument van Jack voor het gebruik van de J-curve voor de Fosbury flop.

Wanneer Jack van zijn persoonlijk record zijn spronghoogte uitzet tegen de tijd, heeft deze lijn een bepaalde curve.

- 2p 14 Schets in de uitwerkbijlage de curve die bij deze sprong hoort. De 0.00 is de hoogte van het LPZ bij rechtop staan. Ga ervan uit dat het kussen 50 cm dik is en 5 cm in kan veren.

Jack let ook op zijn voeding. Na een training eet hij op advies van zijn trainer kwark. Daarin zit veel caseïne. Caseïne is volgens zijn trainer goed voor het herstel van spiervezels, zodat ze later bij een volgende inspanning weer krachtig kunnen samentrekken. Bij de samentrekking zijn in de spiervezel twee eiwitten betrokken.

- 2p 15 Beantwoord de volgende twee vragen:
- Welke twee eiwitten dienen voor het samentrekken van de spiervezels?
 - Licht toe waarom Jack de kwark niet voorafgaande aan de training nuttigt.

Gehoorschade op muziekfestivals

In zijn laatste studiejaar voor geluidstechnicus bestudeert Jonas de regels rond het verzorgen van versterkte muziek, zoals bij festivals, concerten en bioscopen. Hierbij staat het “derde preventie akkoord versterkte muziek” uit 2019 centraal. De staatsecretaris voor Volksgezondheid heeft normen gesteld om gehoorschade bij bezoekers aan evenementen te beperken. Zo gelden er nu normen voor geluidsinstallaties, die overeenkomen met de normen die ook gelden voor medewerkers van een bedrijf en staan beschreven in de ARBO-wet.

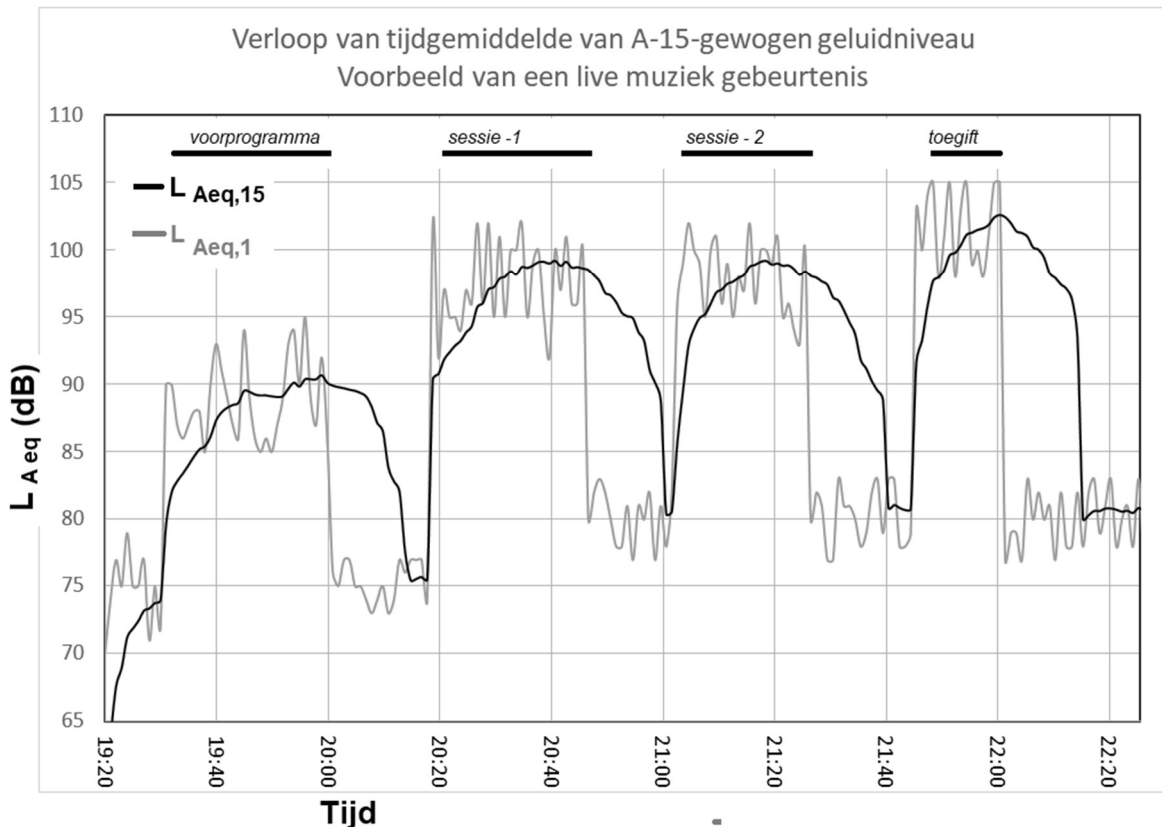
Uitgangspunt van het preventie akkoord zijn de wetenschappelijk onderbouwde aanbevelingen van het RIVM en de WHO's “Global Standards for safe listening” (World Health Organisation).

Op hoofdpunten komt de WHO standaard neer op:

- (1) Maximum geluidsniveau op recreatieve locaties moet onder $L(A-eq-15) = 100$ dB blijven. $L(A-eq-15)$ is het gewogen gemiddelde over 15 minuten gemeten met een A-filter.
- (2) Piekwaarden in geluidsniveau mogen nooit meer dan 200 Pa ofwel 140 dB(C) zijn.
- (3) Geef aandacht aan het schaderisico voor gehoor en stimuleer gehoorbescherming. In de Nederlandse situatie luidt het advies voor beschermingsmiddelen met een demping van minstens 15 dB.

De ARBO-regels gaan uit van een maximale continue geluidsbelasting van 80 dB gedurende een werkweek van 5 dagen van elk 8 uur. En omdat een verdubbeling van de geluidsintensiteit leidt tot een verhoging van 3 dB in het geluidsniveau, moet de blootstellingstijd halveren voor elke 3 dB meer. Dus 83 dB over $40/2 = 20$ uur en 86 dB = $20/2 = 10$ uur, enzovoorts. De totale hoeveelheid geluidsenergie in de belasting periode blijft dan gelijk.

Jonas wil begrijpen hoe een maat als $L(A-eq-15)$ precies werkt. In de WHO Standards is een voorbeelddiagram opgenomen waarin te zien is hoe het 15 minuten geluidsniveau equivalent bij een popconcert in relatie staat tot het steeds veranderend geluidsniveau.



Figuur 8: Ontwikkeling van geluid tijdens een live muziek-evenement.

Het valt Jonas op dat het 15 minuten gemiddelde snel stijgt bij een forse toename van het geluidsniveau en nog lange tijd hoog blijft als het muziek-evenement stilvalt. Hij vermoedt dat dit komt door het logaritmische karakter van L, de decibel maat.

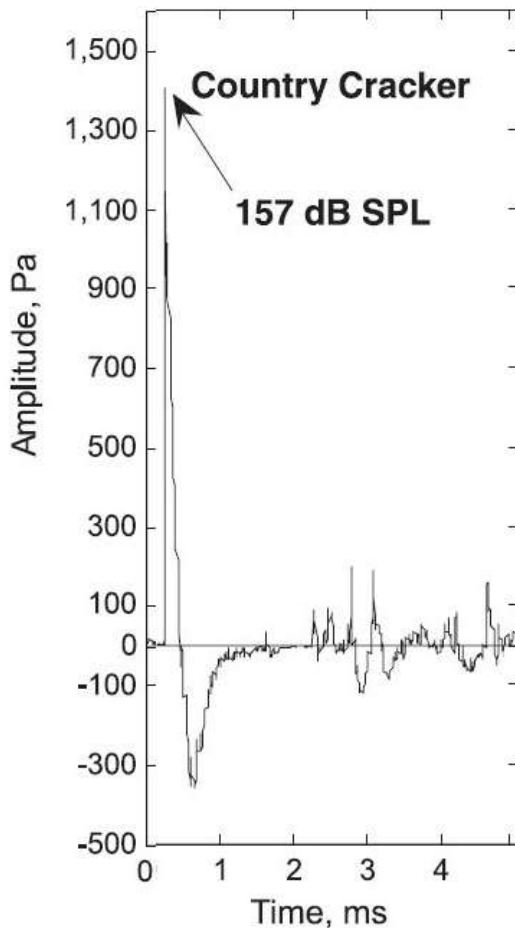
Formule 1: $L = 10 \cdot \log(I / I_0)$ met $I_0 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2 \rightarrow I = I_0 \cdot 10^{L/10}$

- 3p **16** Bereken het gemiddelde geluidsniveau van de volgende geluiden: 5 minuten 100 dB en 10 minuten 70 dB. Bereken daartoe eerst de totale geluidsenergie van die twee geluiden samen. Toon met deze berekening aan dat het harde geluid zwaar doortelt in het 15 minuten gemiddelde.

Jonas bezoekt maandelijks een muziek-evenement voor de duur van 2 uur, waarbij het 15 minuten gemiddelde een maximum van 100 dB heeft.

- 3p **17** Onderzoek of de geluidsbelasting van Jonas' gehoor voldoet aan de ARBO-normering.

Jonas wil zich ook een beeld vormen van geluiden die een explosieve geluidspiek rond 140 dB hebben, een van de getallen uit de WHO Standards. Hij zoekt in diverse bronnen en vindt metingen aan ontplofende country crackers (rotjes) en knappende ballonnen, zie figuur 9.



Linker figuur:
drukmeting van exploderend
rotje op 2,0 meter afstand

Experiment Findings

Condition	Distance from Mic	Mean Peak dB SPL
Inflated to Rupture	0.0 M	167.82
	0.5 M	157.03
	1.0 M	151.26
	2.0 M	145.84
Crushed to Rupture	0.0 M	159.03
Pin Popped	0.0 M	154.99

Op verschillende afstanden
gemeten SPL waarden van
knappende ballonnen

Figuur 9: Geluidsmetingen aan rotjes en knappende ballonnen.

Geluidsgolven zijn in essentie voortplanting van snelle luchtdrukvariaties. De energie in de geluidsgolf hangt daarom samen met die drukvariaties. Het geluidsniveau (L) kan men berekenen voor kortdurende geluiden via de SPL (Sound Pressure Level) waarde. SPL is te berekenen met de formule:

Formule 2:
$$L(\text{spl}) = 10 * \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \quad \text{met } p_0 = 20 \mu\text{Pa}$$

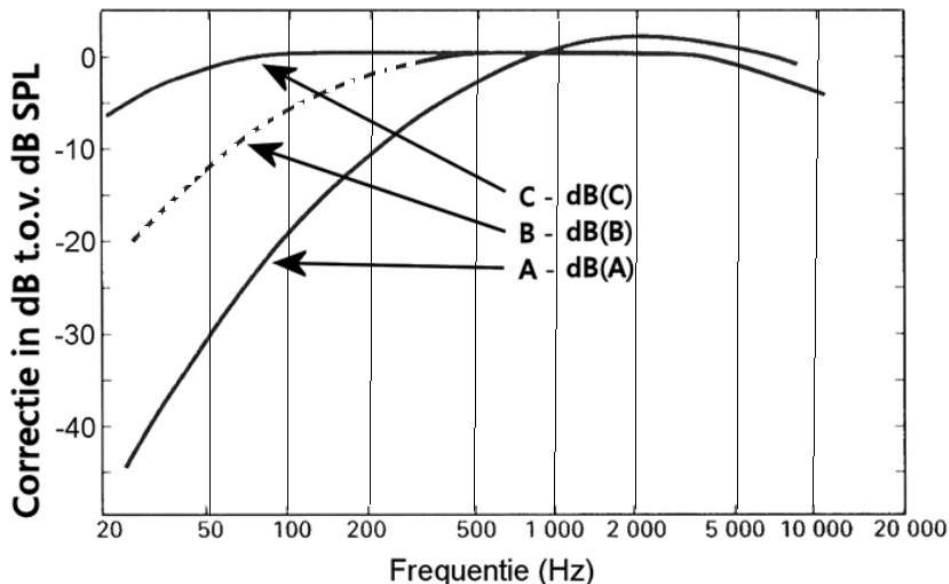
Gebruik het linker diagram van figuur 9 voor vraag 18.

- 2p 18 Ga met een berekening na of de knal van het rotje overeenkomt met de opgegeven SPL-waarde van 157 dB.

Uiteraard speelt de afstand waarop een knal wordt waargenomen een belangrijke rol bij het geluidsniveau bij de waarnemer. De tabel uit figuur 9 laat zien dat voor elke verdubbeling van de afstand tot de bron het gemeten geluidsniveau met 6 dB afneemt.

- 2p 19 Op welke afstand van een ontploffend rotje moet het publiek staan om onder de grens voor de piekbelasting te blijven? Laat zien hoe je tot dat antwoord ben gekomen.

De WHO standaard gaat dus uit van de L(A-eq-15), waarbij de geluidsmeting wordt gemeten met een A-filter. Het laatste deel van deze opgave gaat in op de betekenis van dat A-filter. Bij de beschrijving van de geluidsniveaus van omgevingsgeluiden wordt bij de bepaling van geluidsterktes gebruik gemaakt van filters. Deze filters onderdrukken de lagere frequenties enigermate. Geluiden waarin meerdere frequenties aanwezig zijn zoals spraak, straatlawaai en vliegtuiglawaai bevatten meestal frequenties, met name aan de laagfrequente kant, waar het oor minder gevoelig voor is en waar dus ook minder hinder van ondervonden wordt. Bij het bepalen van de – fysische – sterkte van een geluid met een geluidsdrukmeter heeft het daarom geen zin alle frequenties, van laag tot hoog, even sterk te ‘wegen’. De keuze voor een bepaald filter is afhankelijk van het gemiddelde te meten geluidsniveau. Bij niet al te hoge geluidsniveaus gebruikt men het ‘A-filter’ (dB(A)) en bij zeer harde geluiden wordt soms overgegaan op het C-filter (dB(C)). Beide filters zijn in figuur 10 afgebeeld.



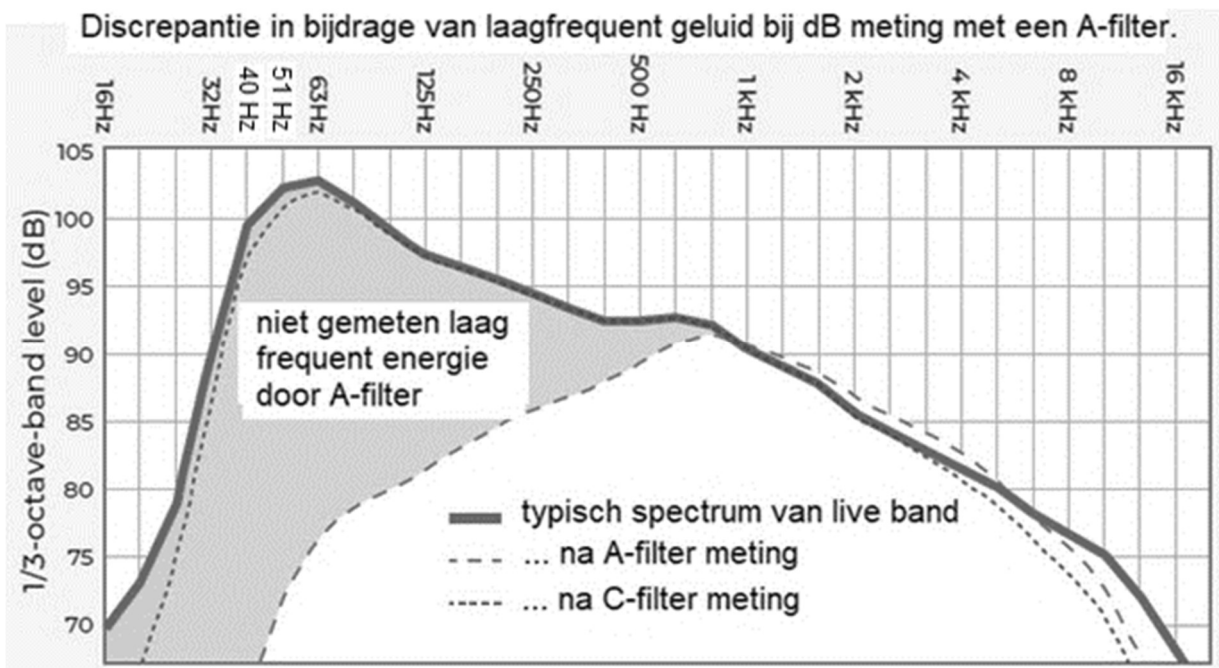
Correctiewaarden om de gemeten fysische geluidsniveaus aan te passen aan de gevoeligheid van het oor. De uitkomsten zijn uitgedrukt in dB(A), dB(B) en dB(C). De correcties zijn t.o.v. dB SPL.

Voorbeeld:
 een gemeten SPL van 70 dB bij 50 Hz geeft
 $70 - 32 = 38$ dB(A) en
 $70 - 3 = 67$ dB(C).

Bron:
<https://audiologieboek.nl/content/5-2-22-geluidsterkte-en-decibelschaal/>

Figuur 10: Correctie in dB door verschillende filters.

In figuur 11 staat hoe bij de WHO Standard de keuze voor het A-filter dan wel C-filter bij de L (A) meting van een typisch livemuziek evenement doorwerkt in de beoordeling van gehoorrisico's.



Figuur 11: Verschil in bijdrage van filters bij geluidmeting.

- 2p **20** Gebruik figuren 10 en 11. Laat zien dat voor de frequentieband rond 50 Hz bij de L(A) meting bij het livemuziek evenement de lage frequentie met de juiste correctiefactor wordt onderdrukt.

Bij de WHO Standard normstelling van een maximum $L(A-eq-15) = 100$ dB zijn er twee argumenten voor het gebruik van L(A) metingen. Enerzijds het pragmatische argument dat een oor minder gevoelig is voor lage tonen, anderzijds het feit dat lage tonen minder worden doorgegeven en geabsorbeerd in het middenoor. In het WHO Standard document wordt ook gezegd dat er nog onvoldoende bewijs is voor de onschadelijkheid van zeer harde lage tonen.

Wat Jonas nu nog wil weten is tot welk percentage van de aangeleverde energie door de L(A) meetmethode wordt teruggebracht.

- 2p **21** Bereken bij de 50 Hz band het percentage van de geluidsenergie dat meetelt in het gemeten geluidsniveau met een A-filter.