natuurkunde 1

# Examen HAVO

Hoger
Algemeen
Voortgezet
Onderwijs

20 **04**

Tijdvak 2
Woensdag 23 juni
13.30 – 16.30 uur

**Voor dit examen zijn maximaal 81 punten te behalen; het examen bestaat uit 26 vragen.**
**Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.**
**Voor de uitwerking van de vragen 11 en 25 is een uitwerkbijlage toegevoegd.**

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



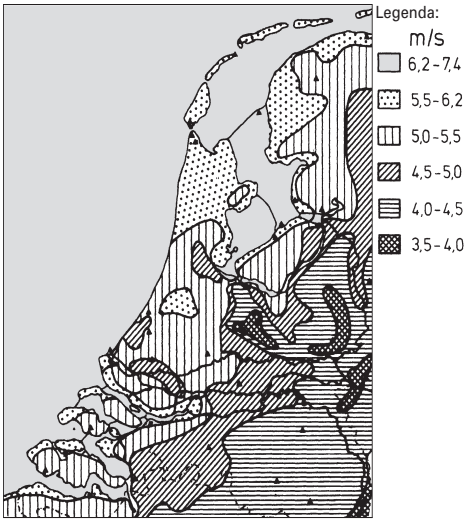
natuurkundeuitgelegd.nl

# Opgave 1 Windenergie

In de Noordzee, 8 kilometer voor de kust, wil men een windmolenpark bouwen.
Bekijk figuur 1.

figuur 1

**Gemiddelde windsnelheid in m/s**




2p **1** ☐ Leg met behulp van figuur 1 uit waarom men voor een windmolenpark in zee gekozen heeft.

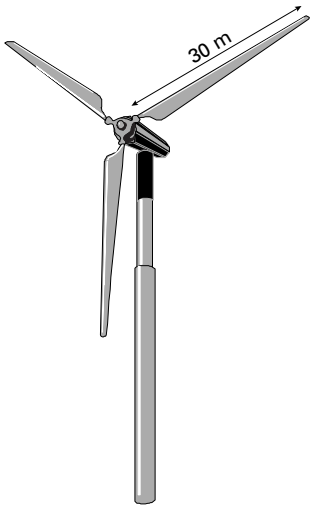
In een windmolen zit een turbine die kinetische energie van de wind omzet in elektrische energie.
De kinetische energie van de lucht die per seconde op een windmolen afkomt, geven we aan met $P$. Hiervoor geldt de volgende formule:

$$P = \tfrac{1}{2}\rho A v^3$$

Hierin is:
- $\rho$ de dichtheid van de lucht (= 1,29 kg/m$^3$),
- $A$ de oppervlakte van de cirkel die de wieken bij het ronddraaien bestrijken (in m$^2$),
- $v$ de windsnelheid (in m/s).

De windmolens van het toekomstige park hebben een wieklengte van 30 m. Zie figuur 2.
Stel dat de windsnelheid bij zo'n molen 43 km/h is (windkracht 6).

figuur 2




3p **2** ☐ Bereken $P$ voor deze situatie.

Bij het passeren van de windmolen neemt de snelheid van de wind af. De hoeveelheid energie die de wind daarbij afgeeft, hangt af van de windsnelheden vóór en achter de molen. Het verschil hiertussen moet niet te klein maar ook niet te groot zijn.
Al sinds 1926 is bekend dat de optimale afremming van de wind overeenkomt met een afname van de windsnelheid tot een derde deel. In dat geval wordt een bepaald percentage van de kinetische energie aan de wind onttrokken.

3p **3** ☐ Bereken dit percentage met behulp van de boven gegeven formule.

De energieopbrengst per jaar van het toekomstige windmolenpark wordt geschat op $1{,}1 \cdot 10^9$ MJ. Een gemiddeld huishouden in Nederland verbruikt per jaar $3{,}0 \cdot 10^3$ kWh.

3p **4** ☐ Bereken hoeveel huishoudens volgens deze schatting op dit windmolenpark zouden kunnen worden aangesloten.

In de praktijk worden huizen niet rechtstreeks aangesloten op het windmolenpark.
De door het park geproduceerde elektrische energie wordt toegevoerd aan het elektriciteitsnet waarop de huizen zijn aangesloten.

2p **5** ☐ Noem twee argumenten waarom het de voorkeur heeft om de huizen op het elektriciteitsnet aan te sluiten en niet rechtstreeks op het windmolenpark.



natuurkundeuitgelegd.nl

## Opgave 2 Kerstboomverlichting

Afra heeft een nieuwe kerstboomverlichting met 50 lampjes gekocht. Zie figuur 3.

figuur 3

Op de verpakking staan de volgende aanwijzingen:

> *1 Alle lampjes dienen goed ingeschoven te zijn; wanneer er één los zit, werkt de verlichting niet.*
> *2 De lampjes mogen niet verwijderd of ingeschoven worden wanneer de verlichting is aangesloten op het lichtnet.*
> *3 Vervang onmiddellijk een defect lampje door een nieuw.*

De 50 lampjes zijn in serie geschakeld.
Dat volgt direct uit één van de aanwijzingen op de verpakking.

2p **6** ☐ Welke aanwijzing is dat? Licht je antwoord toe.

Afra sluit de kerstboomverlichting aan op de netspanning van 230 V. Alle lampjes branden normaal en nemen in totaal 35 W aan elektrisch vermogen op.

4p **7** ☐ Bereken de weerstand van één brandend lampje.

Rond de feestdagen heeft de kerstboomverlichting in totaal 98 uur gebrand.
1 kWh kost € 0,12.

3p **8** ☐ Bereken hoeveel het branden van de kerstboomverlichting heeft gekost.

Op een bepaald moment gaat er een lampje kapot. Afra volgt aanwijzing 2 niet op en trekt dit lampje uit de fitting. Vanaf dat moment is de stroomkring daar onderbroken.

2p **9** ☐ Hoe groot is de spanning die nu over deze fitting staat?

Voordat Afra het kapotte lampje uit de fitting trok, bleken alle andere lampjes nog te branden. Dit komt doordat bij dit type lampje de toe- en de afvoerdraad binnen het lampje contact maken als het lampje kapot gaat. Er ontstaat dan een serieschakeling van 49 lampjes. Het is raadzaam om aanwijzing 3 op te volgen, zeker als er meer lampjes kapot gaan.

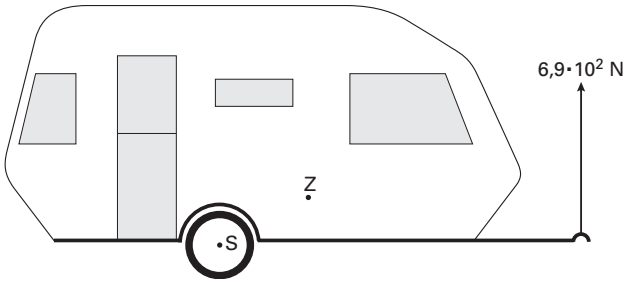
3p **10** ☐ Leg uit dat alle lampjes kapot kunnen gaan als aanwijzing 3 niet wordt opgevolgd.



natuurkundeuitgelegd.nl

Meneer Bouwsma heeft een caravan. Als deze aan zijn auto is gekoppeld, moet de caravan volgens de veiligheidsvoorschriften een kracht van $6{,}9 \cdot 10^2$ N naar beneden op de trekhaak van de auto uitoefenen.
Voordat hij de caravan vastmaakt, controleert hij de grootte van die kracht door met een sterke veerunster de lege caravan in evenwicht te houden. De veerunster geeft inderdaad een kracht van $6{,}9 \cdot 10^2$ N aan. Zie figuur 4. In deze figuur zijn ook het draaipunt S en het zwaartepunt Z van de caravan aangegeven. De caravan is op schaal getekend.

figuur 4




Figuur 4 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

5p **11** ☐ Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de massa van de lege caravan. Teken daartoe eerst de armen van de twee krachten die hierbij van belang zijn.

Als er bagage in de caravan is geladen, moet de kracht op de trekhaak nog steeds $6{,}9 \cdot 10^2$ N zijn.
Meneer Bouwsma denkt dat het zwaartepunt van de beladen caravan dan op dezelfde afstand van S moet liggen als het zwaartepunt van de lege caravan.
Zijn buurman zegt dat het zwaartepunt van de beladen caravan dan dichter bij S moet liggen dan het zwaartepunt van de lege caravan.

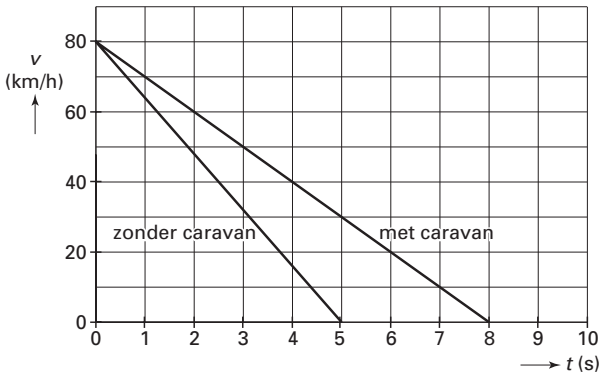
3p **12** ☐ Leg uit dat de buurman gelijk heeft.

Meneer Bouwsma koppelt de caravan aan de auto en rijdt weg.
Op de snelweg rijdt hij met een constante snelheid van 80 km/h.
Het vermogen dat de automotor bij die snelheid levert is 18 kW.

3p **13** ☐ Bereken de wrijvingskracht die de auto met caravan bij deze snelheid ondervindt.

Een auto met caravan heeft een langere remweg dan een auto zonder caravan.
In figuur 5 is het ($v$,$t$)-diagram gegeven van een auto die met en zonder caravan afremt van 80 km/h tot stilstand.

figuur 5




4p **14** ☐ Bepaal het verschil in remweg bij deze twee situaties.



natuurkundeuitgelegd.nl

## Opgave 4 Radioactief afval

Radioactief afval van kerncentrales wordt bewaard in zogenaamde Castorvaten.
Lees eerst het artikel.

artikel

Castorvaten worden gevuld met radioactief afval en naar een opslagplaats vervoerd. Dergelijke opslagplaatsen bevinden zich onder andere in de Duitse plaatsen Ahaus en Gorleben.
Op de foto staan drie Castorvaten van het type V52 afgebeeld. Dat is een rond stalen vat met een dikke wand.
De V52 is 5,45 m hoog en heeft een buitendiameter van 2,44 m. De wanddikte is 48 cm; de bodem en het deksel zijn elk ook 48 cm dik. Een leeg vat weegt 104 ton.

*naar: www.gns.de*

Het vervoer van de Castorvaten van een kerncentrale naar de opslagplaats gebeurt per trein. De vaten mogen bij een eventuele botsing niet kapot gaan. Om de stevigheid van de vaten te controleren, heeft men een leeg Castorvat vanaf grote hoogte naar beneden laten vallen. Het vat botste tegen de grond met een snelheid van 450 km/h (en doorstond de klap).

4p **15** ☐ Bereken op welke hoogte het vat is losgelaten. Verwaarloos daarbij de luchtweerstand.

Radioactief afval van een kerncentrale bevat veel verschillende radioactieve isotopen. Eén van die isotopen is kobalt-60.

3p **16** ☐ Geef de vervalvergelijking van kobalt-60.

Als een Castorvat met radioactief afval gevuld is, wordt vrijwel alle straling die bij het verval van de radioactieve isotopen vrijkomt in het vat zelf geabsorbeerd en in warmte omgezet.
In elk vat wordt op die manier per seconde 24 kJ warmte geproduceerd.
De gemiddelde energie die bij een vervalreactie vrijkomt, bedraagt $3{,}6 \cdot 10^{-13}$ J.

3p **17** ☐ Bereken de activiteit in een vat.

De hal in Ahaus is ontworpen om er 200 Castorvaten in op te slaan.
De warmte die de vaten produceren, wordt door luchtkoeling afgevoerd. Daarvoor laat men verse lucht langs de vaten stromen. Daarbij stijgt de temperatuur van de lucht 15 °C.
De soortelijke warmte van lucht is $1{,}0 \cdot 10^{3}$ J kg$^{-1}$ K$^{-1}$. De massa van 1,0 m$^3$ lucht is 1,3 kg.

4p **18** ☐ Bereken hoeveel m$^3$ lucht per seconde nodig is voor de koeling van de hal.

Ondanks de dikke wanden is er buiten het vat toch nog enige straling te meten.

3p **19** ☐ Geef voor elk van de drie soorten straling (α, β, γ) aan of deze wel of niet bijdraagt aan de stralingsbelasting buiten het Castorvat.

Een werknemer heeft in een jaar 600 uur in een opslaghal met Castorvaten gewerkt. Daarbij heeft hij een gemiddeld dosisequivalent (effectieve totale lichaamsdosis) van $1{,}5 \cdot 10^{-5}$ Sv per uur ontvangen.

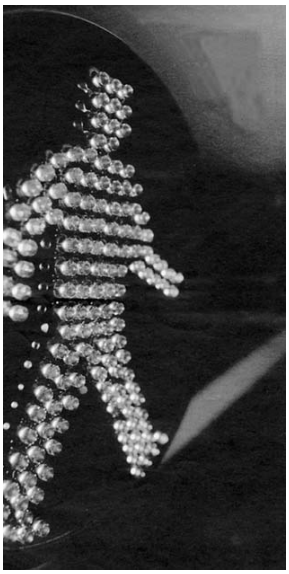
3p **20** ☐ Ga na of voor deze werknemer de stralingsbeschermingsnorm is overschreden. Gebruik tabel 99E van Binas.



natuurkundeuitgelegd.nl

In verkeerslichten worden tegenwoordig vaak LED's gebruikt. Zie figuur 6. LED is de afkorting van Light Emitting Diode.
Eén zo'n LED werkt op een spanning van 2,4 V. Er loopt dan een stroom van 60 mA door de LED.
Om in een verkeerslicht een gloeilamp van 100 W te vervangen door LED's met een even grote lichtopbrengst, moeten de LED's samen een vermogen hebben van 12 W.

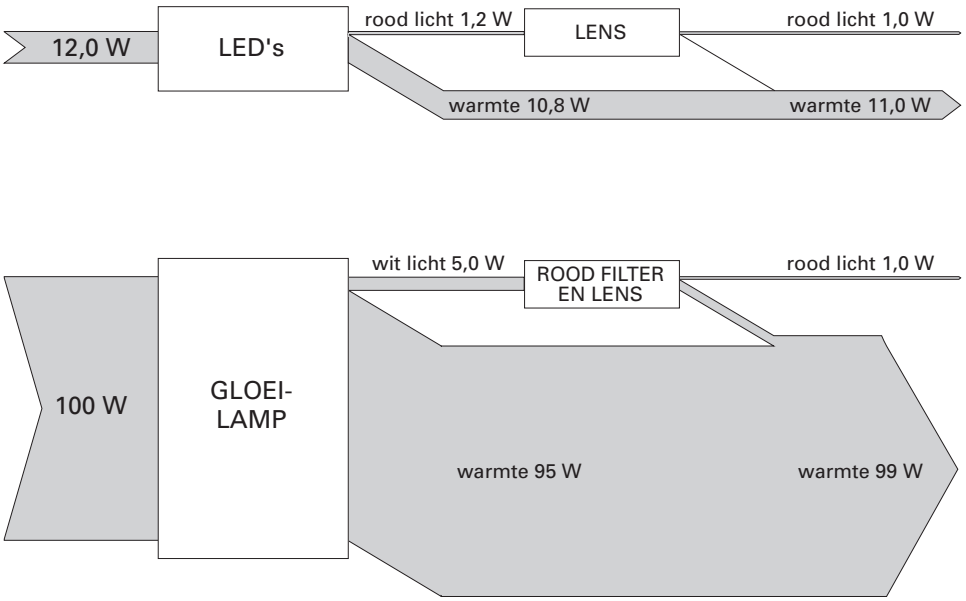
figuur 6



3p **21** ☐ Bereken het aantal LED's dat hiervoor nodig is.

In figuur 7 zijn de energiestromen weergegeven van een rood verkeerslicht met LED's en een rood verkeerslicht met een gloeilamp.
De LED's zetten elektrische energie om in rood licht en warmte. De bolle voorkant van een LED werkt als een lens zodat een groot deel van het licht naar voren wordt uitgestraald.
De gloeilamp zet elektrische energie om in wit licht en warmte. Een rood filter en een lens zorgen ervoor dat rood licht naar voren wordt uitgestraald.

figuur 7




3p **22** ☐ Bereken het rendement waarmee een LED elektrische energie omzet in naar voren uitgestraald rood licht.

Het verkeerslicht met LED's gebruikt voor eenzelfde lichtopbrengst veel minder elektrische energie per seconde (12 W) dan het verkeerslicht met een gloeilamp (100 W). Met behulp van figuur 7 zijn daarvoor twee oorzaken aan te geven.

4p **23** ☐ Noem deze twee oorzaken. Licht elke oorzaak toe met behulp van getallen uit de figuur.



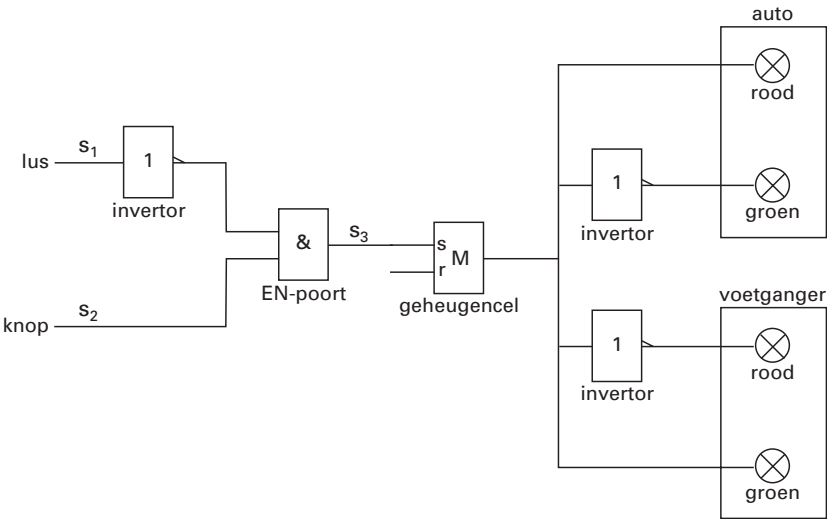
natuurkundeuitgelegd.nl

# Opgave 6 Verkeerslichten

Margriet wil een automatische schakeling ontwerpen voor de verkeerslichten bij een oversteekplaats voor voetgangers. Om de schakeling zo eenvoudig mogelijk te houden, laat ze het oranje verkeerslicht voor auto's weg.

Als er geen voetganger is, staat het verkeerslicht voor voetgangers op rood en dat voor auto's op groen. Als een voetganger wil oversteken, moet hij op een knop drukken. Als er op dat moment geen auto's in de buurt zijn, springt zijn licht op groen en dat voor de auto's tegelijkertijd op rood.
In figuur 8 is een eerste opzet getekend van de schakeling waarmee Margriet deze situatie op systeemborden nabootst. Het signaal $S_1$ komt van een lange lus in het wegdek. De lus is zo aangelegd dat $S_1$ hoog is als een of meer auto's de oversteekplaats naderen; als er geen auto nadert, is $S_1$ laag.
Het signaal $S_2$ komt van de drukknop voor de voetgangers. $S_2$ is hoog zo lang er op de knop wordt gedrukt; als er niet op de knop wordt gedrukt, is $S_2$ laag.

figuur 8




Op een bepaald moment komt een voetganger bij de oversteekplaats terwijl er geen auto in de buurt is. Het licht voor de voetgangers staat dus op rood en dat voor de auto's op groen. De voetganger drukt op de knop.

3p **24** ☐ Leg met behulp van de schakeling in figuur 8 uit waarom het licht voor de voetgangers nu op groen springt en dat voor de auto's op rood.

De voetganger moet 16 seconde de tijd krijgen om over te steken. Daarvoor wil Margriet de schakeling uitbreiden met een teller. Zie de figuur op de uitwerkbijlage.
Op de teller is een pulsgenerator aangesloten. De pulsfrequentie is 2,0 Hz.
De teller moet zo worden gereset dat voor een volgende voetganger dezelfde startsituatie ontstaat.

4p **25** ☐ Teken in de figuur op de uitwerkbijlage alle noodzakelijke verbindingsdraden.

Een automobilist die het stoplicht voor auto's op rood ziet springen, moet voldoende tijd hebben om te remmen. Daarom moet het begin van de lus op voldoende grote afstand van het stoplicht liggen. Maar ook dan is de schakeling die Margriet heeft ontworpen nogal voetgangeronvriendelijk.

2p **26** ☐ Noem twee nadelen van dit ontwerp voor de voetgangers die willen oversteken.

**Einde**

Foton De nieuwe natuurkundemethode voor de bovenbouw
Theorie, oefenopgaven, antwoorden in één overzichtelijk boek inclusief SE-keuzeonderwerpen
Betaalbaar: € 35,- voor de complete stof. Meer info: natuurkundeuitgelegd.nl