# Examen HAVO

# 2015

tijdvak 2
woensdag 17 juni
13.30 - 16.30 uur

## natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 28 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 74 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

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.

HA-1023-a-15-2-o

natuurkundeuitgelegd.nl

## Vleugel

Een vleugel is een muziekinstrument met toetsen en snaren, zie figuur 1. Als een toets wordt ingedrukt slaat een houten hamertje (bekleed met vilt) tegen een strak gespannen snaar die vervolgens gaat trillen.

**figuur 1**

De klank die je hoort bestaat uit de grondtoon en enkele boventonen.
Op de uitwerkbijlage is een snaar getekend die trilt in de grondtoon.

2p **1** Geef in de figuur op de uitwerkbijlage de plaats van de knopen en de buiken op deze snaar aan als de snaar trilt in de tweede boventoon.

Afhankelijk van de plek waar het hamertje de snaar raakt, zullen de verschillende boventonen wel of niet meeklinken.
Stel dat het hamertje neerkomt op $\frac{1}{8}$ deel van de lengte van de snaar.
De boventoon die op deze plek een knoop heeft, klinkt dan **niet** mee.

1p **2** Welke boventoon klinkt dan niet mee?

**A** vierde boventoon
**B** zevende boventoon
**C** achtste boventoon
**D** negende boventoon
**E** zestiende boventoon

Aan de vorm van het instrument is te zien dat niet alle snaren even lang zijn. Zie figuur 1. De snaar die de hoogste toon voortbrengt heeft een lengte van $40\ \text{cm}$. De hoogste toon van de vleugel heeft een frequentie van $4186\ \text{Hz}$, de laagste frequentie is $32{,}70\ \text{Hz}$.
Veronderstel dat alle snaren even strak gespannen zijn, even dik zijn, en van hetzelfde materiaal zijn.

3p **3** Toon met een berekening aan dat de lengte die de langste snaar dan zou moeten hebben niet in een vleugel past.



natuurkundeuitgelegd.nl

De toonhoogte van een snaar hangt, behalve van de lengte, ook af van de spankracht in de snaar. Voor de voortplantingssnelheid $v$ van de golven in de snaar geldt:

$$v = \sqrt{\frac{F_s \cdot \ell}{m}}$$

Hierin is:
- $F_s$ de spankracht in de snaar;
- $m$ de massa van de snaar;
- $\ell$ de lengte van de snaar.

Om ervoor te zorgen dat de snaren die de lage tonen moeten voortbrengen toch in de vleugel passen, kun je verschillende maatregelen nemen. Op de uitwerkbijlage staan hierover twee beweringen.

2p **4** Geef van elke bewering aan of deze bewering juist of onjuist is.

Eén van de snaren heeft een lengte van $90\ \text{cm}$ en een massa van $5{,}7\ \text{g}$. De grondtoon van deze snaar is $220\ \text{Hz}$.

4p **5** Bereken de spankracht in deze snaar.

Het is belangrijk dat een vleugel goed gestemd is. Een pianostemmer kan daarvoor elke snaar precies de juiste spankracht geven. Voor de spankracht waarmee de snaar moet worden gespannen geldt:

$$F_s = \pi \rho \ell^2 d^2 f^2$$

Hierin is:
- $\rho$ de dichtheid van het materiaal van de snaar;
- $\ell$ de lengte van de snaar;
- $d$ de diameter van de snaar;
- $f$ de frequentie waarmee de snaar moet trillen.

In tabel 15C van Binas is gegeven welke frequenties horen bij welke toetsen van een vleugel. Zo is te zien dat bij de noot a1 een frequentie hoort van $440\ \text{Hz}$.
Eén van de snaren is $80\ \text{cm}$ lang, heeft een diameter van $0{,}94\ \text{mm}$ en is gemaakt van roestvrij staal (zie Binas tabel 9). De spankracht in deze snaar is $949\ \text{N}$.

4p **6** Ga met een berekening na welke noot van de vleugel bij deze snaar hoort.



natuurkundeuitgelegd.nl

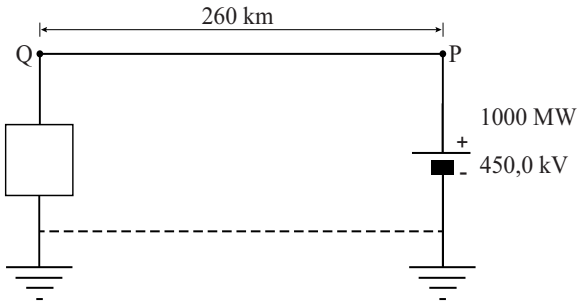
Sinds april 2011 ligt er op de zeebodem tussen Nederland en Engeland een $260\ \text{km}$ lange, goed geïsoleerde, kabel. De kabel kan beide landen van stroom kan voorzien, afhankelijk van de prijs of de energiebehoefte. Het project is gestart in 2007 en kreeg de naam BritNed.

Op een internetforum beweerde iemand over dit project: “Onderweg van Nederland naar Engeland zal een deel van de stroomsterkte verloren gaan.”

1p **7** Ben je het met deze bewering eens of oneens? Licht je antwoord toe.

In figuur 1 staat een schematische tekening van de stroomkring die ontstaat als er $1000\ \text{MW}$ vermogen van Nederland naar Engeland getransporteerd wordt.
In Nederland wordt een elektrische spanning opgewekt van $450{,}0\ \text{kV}$. De spanning tussen punt Q en aarde is $446{,}6\ \text{kV}$.

**figuur 1**




De $260\ \text{km}$ lange koperen kabel wordt voorgesteld door een draad PQ. Het blokje stelt de gebruikers in Engeland voor. De terugvoerkabel hoeft niet te worden aangelegd want de stroom gaat via de aarde terug naar Nederland.

De geleidbaarheid van de koperen kabel is $0{,}65\ \text{S}$.

3p **8** Toon dit aan met een berekening.

De kabel heeft een diameter van $6{,}0\ \text{cm}$.

4p **9** Toon dit aan met een berekening.

De koperen kabel is erg zwaar: de massa is $6{,}6 \cdot 10^3\ \text{ton}$.

3p **10** Toon dit aan met een berekening.

Het vermogensverlies in de kabel is $7{,}6\ \text{MW}$.

4p **11** Bereken de temperatuurstijging van de kabel in de eerste minuut na inschakelen. Ga ervan uit dat alle geproduceerde warmte door de kabel wordt opgenomen.



natuurkundeuitgelegd.nl

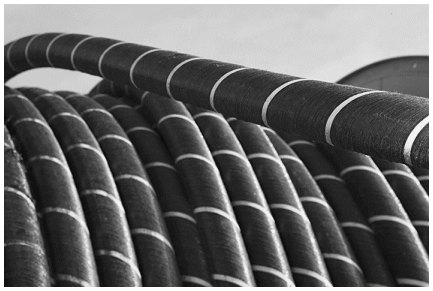
Rondom de koperen kabel ligt een elektrisch isolerende mantel. Deze mantel zorgt er ook voor dat (een deel van) de geproduceerde warmte wordt afgevoerd naar het zeewater.
Voor de warmte die per seconde door de mantel wordt doorgelaten geldt:

$$P = c \cdot \ell \cdot \Delta T$$

Hierin is:
- $P$ de warmte die per seconde in de koperen kabel ontwikkeld wordt;
- $c$ een constante;
- $\ell$ de lengte van de draad;
- $\Delta T$ het temperatuurverschil tussen de koperen kabel en het zeewater.

Als de temperatuur van het zeewater $10\ °C$ is, krijgt het koper in de kabel op den duur een temperatuur van $25\ °C$.

3p **12** Bereken de waarde van de constante $c$ in $\mathrm{W\,m^{-1}K^{-1}}$.



De kabel is omwikkeld met in olie gedrenkt papier. Dit papier heeft enkele eigenschappen die het geschikt maken om de koperen kabel te isoleren.
Op de uitwerkbijlage staan enkele stofeigenschappen van het in olie gedrenkte papier.
2p **13** Geef op de uitwerkbijlage met een kruisje aan of deze stofeigenschap bij voorkeur groot moet zijn, klein moet zijn, of niet van belang is in deze situatie.

Om het leggen van de kabel eenvoudiger te maken, heeft men besloten om in plaats van één kabel twee parallelle kabels aan te leggen. De totale doorsnede van de twee kabels is even groot als de doorsnede van de enkele kabel. Op de uitwerkbijlage staan hierover drie beweringen.
2p **14** Geef op de uitwerkbijlage van elke bewering aan of deze bewering juist of onjuist is.

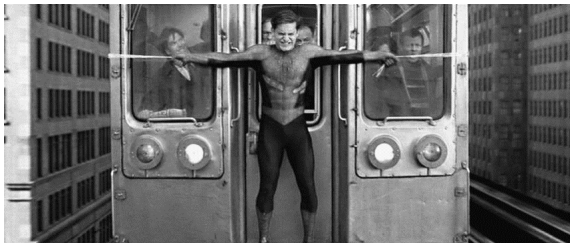


natuurkundeuitgelegd.nl

## Trein in het web

In de film Spiderman 2 stopt de held Spiderman een op hol geslagen trein met behulp van draden gesponnen uit spinrag. Zie figuur 1.
Engelse natuurkundestudenten van de Universiteit van Leicester hebben berekend of het spinrag van een gewone spin hiervoor sterk genoeg is. In deze opgave gaan we deze berekening in stappen na.

**figuur 1**



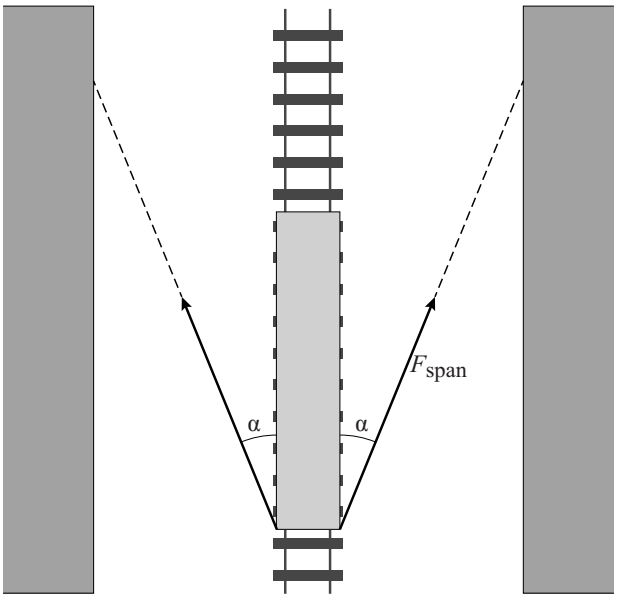
De studenten veronderstelden dat een trein zonder spinnendraden eenparig vertraagd tot stilstand komt.
De trein in de film heeft een beginsnelheid van $25\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ en wordt in $50\ \mathrm{s}$ tot stilstand gebracht. De massa van de trein met inzittenden is $2{,}0{\cdot}10^{5}\ \mathrm{kg}$.

2p **15** Bereken de remafstand van de trein.

3p **16** Bereken de resulterende kracht die nodig is om de trein af te remmen.

In de film gebruikt Spiderman draden van spinrag die hij links en rechts van de trein aan de gebouwen vast schiet. De eerste draden die Spiderman aan de gebouwen bevestigd heeft, maken een hoek $\alpha$ met de trein. Zie figuur 2. Deze figuur is niet op schaal.

**figuur 2**





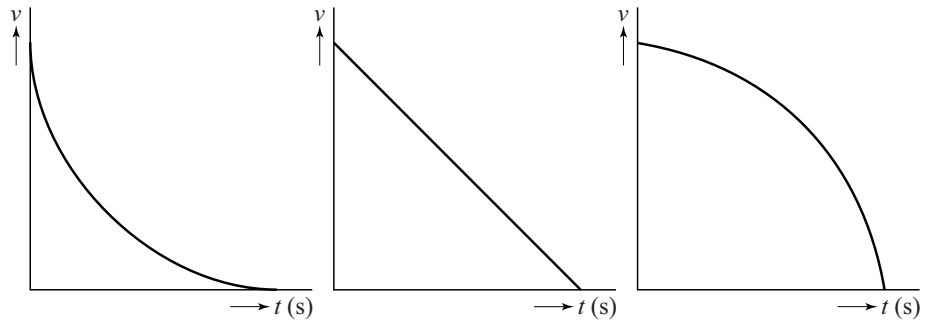

natuurkundeuitgelegd.nl

Tijdens het afremmen verandert hoek $\alpha$ en worden de draden langer.
De resulterende kracht $F$ op de trein wordt hierdoor groter.

2p **17** Leg uit waarom de resulterende kracht $F$ groter wordt bij remmen als:
- hoek $\alpha$ verandert,
- de draden (elastisch) langer worden.

De snelheid van de trein zal niet eenparig afnemen omdat de resulterende kracht groter wordt.
In figuur 3 staan drie $(v,t)$-grafieken.

**figuur 3a** **3b** **3c**




2p **18** Leg uit welke grafiek het snelheidsverloop van de trein tijdens het afremmen het beste weergeeft.

Als de draden maximaal zijn uitgerekt, is de spankracht in de linkerdraad $1{,}8 \cdot 10^5$ N. De (relatieve) rek van het spinrag van Spiderman is dan $40$.
Uit de film blijkt dat elk van de twee draden van het spinrag van Spiderman bestaat uit acht losse draden. De diameter van een van deze acht draden is $5{,}0$ mm. De diameter is tijdens het remmen constant.
Het sterkste spinrag dat in de natuur wordt gevonden, heeft een elasticiteitsmodulus van $12$ GPa bij een (relatieve) rek van $40$.

4p **19** Leg met behulp van een berekening van de spanning uit of het spinrag dat in de natuur wordt gevonden minder sterk is dan, even sterk is als, of sterker is dan het spinrag van Spiderman.



natuurkundeuitgelegd.nl

In een kerncentrale wordt elektrische energie opgewekt door uraniumkernen te splijten. Als een uraniumkern wordt beschoten met neutronen, splitst de uraniumkern in andere atoomkernen en neutronen. De warmte die bij deze reactie ontstaat, wordt gebruikt om elektrische energie op de wekken.

Een voorbeeld van een splijtingsreactie is het splijten van uranium-235 in barium, een andere atoomkern en neutronen. Op de uitwerkbijlage staat deze splijtingsreactie deels weergegeven.

3p **20** Maak de reactievergelijking op de uitwerkbijlage compleet.

In een kerncentrale wordt een mengsel van de isotopen uranium-235 en uranium-238 gebruikt.

1p **21** Waarin verschillen de isotopen U-235 en U-238?

**A** in aantal protonen
**B** in aantal neutronen
**C** in aantal elektronen
**D** in aantal protonen en aantal elektronen

Als een neutron door U-238 wordt ingevangen, treedt er geen kernsplijting op. Er ontstaat dan U-239 dat in twee stappen vervalt tot Pu-239.

2p **22** Leg uit of U-239 een $\alpha$- of een $\beta$-straler is.

Na verloop van tijd is een deel van het U-235 gespleten en is de hoeveelheid U-235 in de splijtstof te laag om nog te gebruiken.
De splijtstof wordt dan uit de reactor verwijderd.
In onderstaande figuur is te zien waaruit de splijtstof dan nog bestaat.

**figuur 1**

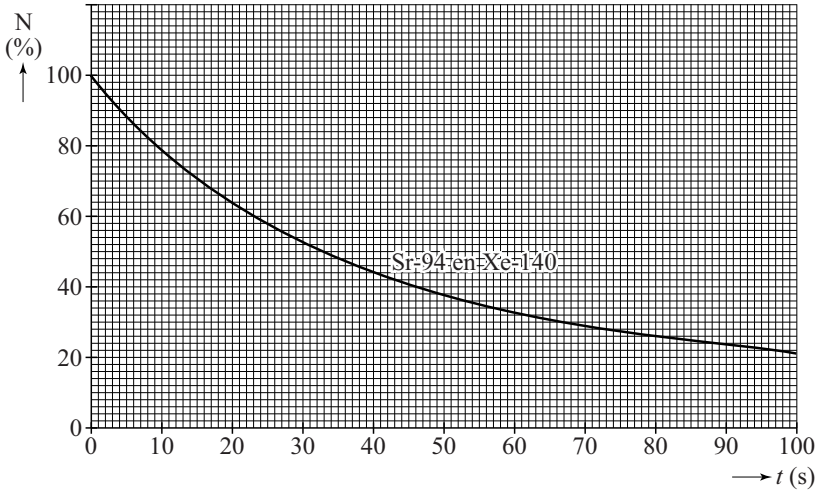
| soort | massapercentage |
|---|---|
| resterend uranium | 95,4 |
| splijtingsproducten | 3,5 |
| plutonium-239 | 1,0 |
| overige | 0,1 |

De splijtingsproducten bestaan vooral uit de kortlevende isotopen Sr-94 en Xe-140. Het verval van een bepaalde hoeveelheid van een mengsel van deze splijtingsproducten staat in figuur 2 weergegeven.



natuurkundeuitgelegd.nl

**figuur 2**




Iemand beweert dat dit mengsel van isotopen een constante halveringstijd heeft.

3p **23** Leg met behulp van figuur 2 uit of deze bewering juist of onjuist is.

Omdat plutonium-239 een lange halveringstijd heeft, wordt er onderzoek gedaan naar het (her)gebruiken of verminderen van deze stof. Plutonium kan opnieuw worden gebruikt als splijtstof in kerncentrales, maar plutonium kan ook gebruikt worden voor het maken van kernwapens. Daarom wil men de wereldvoorraad Pu-239 verminderen. Op dit moment is de wereldvoorraad Pu-239 ongeveer 100 ton. Deze voorraad past makkelijk in een klaslokaal.

Pu-239 heeft een dichtheid van $19{,}8 \cdot 10^3\ \mathrm{kg\,m^{-3}}$.

2p **24** Leg met behulp van een schatting uit dat 100 ton plutonium inderdaad in een klaslokaal past.



natuurkundeuitgelegd.nl

Op het platteland van sommige Zuid-Aziatische landen worden af en toe nog draagstokken gebruikt voor transport. Zie figuur 1.
Een vrouw draagt met zo'n draagstok twee manden: in de linker mand zit een klein kindje, in de rechtermand liggen rijstplanten. De massa van de linkermand en het kindje samen is $15$ kg.

**figuur 1**

3p **25** Bepaal de massa van de mand met rijstplanten met behulp van figuur 1. Verwaarloos de kracht die de vrouw met haar rechterhand op de draagstok uitoefent.

In werkelijkheid oefent de vrouw een kleine kracht op de draagstok uit, verticaal omlaag.

2p **26** Beredeneer of de in vraag 1 bepaalde massa van de mand met rijstplanten hierdoor groter of kleiner moet zijn.

Voor het stampen van de rijstplanten wordt een stevige houten stok gebruikt die steeds wordt opgetild, daarna wordt losgelaten, en dan omlaag valt. Zie figuur 2.

**figuur 2**

Eén van de vrouwen gebruikt bij het stampen van de rijst een houten stok van $8{,}5$ kg die ze $15$ keer per minuut $40$ cm omhoog tilt. Zie figuur 2.
De vrouw is per dag $1{,}0$ uur bezig met het stampen van rijst.
Tijdens dit soort werk is het rendement van het menselijk lichaam $20\%$.
De dagelijkse energiebehoefte van een volwassen vrouw is $8{,}4 \cdot 10^3$ kJ.

4p **27** Bereken hoeveel % van de dagelijkse energiebehoefte van een volwassen vrouw gebruikt wordt voor het dagelijks omhoog tillen van de stok.



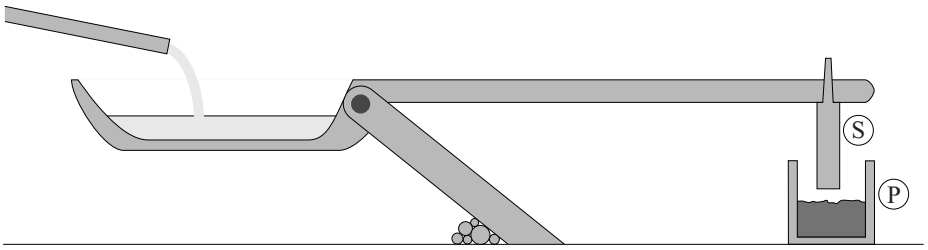
natuurkundeuitgelegd.nl

Een dorpsgenote van de vrouwen heeft een automatische rijststamper uitgevonden, zie figuur 3. Bij P staat een pot waar de rijst in zit. Aan de linkerkant loopt een bakje vol met water. Als het bakje vol is, gaat de stellage kantelen, waardoor de stamper S omhoog gaat.
Als het bakje links leeg is, kantelt de stellage terug en komt de stamper met een klap op de rijst in de pot terecht.

**figuur 3**

Na een tijdje is het bakje weer vol met water en kantelt de stellage opnieuw.
In figuur 4 is een schematische tekening van de rijststamper te zien.

**figuur 4**




Voor een goede werking van de rijststamper is de frequentie waarmee de stamper op de rijst terecht komt belangrijk.
In de tabel op de uitwerkbijlage staan enkele wijzigingen die de ontwerpster zou kunnen aanbrengen om de frequentie aan te passen.

3p **28** Geef in deze tabel op de uitwerkbijlage aan of de frequentie ($f$) van de stamper afneemt, gelijk blijft, of toeneemt bij de voorgestelde wijzigingen in het ontwerp.

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