

Antwoorden Oefenvragen

HAVO



Examenjaar 2026-2027

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1. Beeld- en geluidstechniek (domein B)	4
1.1 Informatieoverdracht	4
1. Natuurkunde HAVO 2025, tijdvak 1, vraag 1	4
2. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 2, vraag 10 en 12	5
3. Natuurkunde HAVO 2022, tijdvak 3, vraag 7	7
1.2 Medische beeldvorming	8
4. Natuurkunde HAVO 2022, tijdvak 2, vraag 1	8
5. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 2, vraag 18	9
6. Natuurkunde HAVO 2025, tijdvak 2, vraag 9	10
7. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 1, vraag 16	11
8. Natuurkunde HAVO 2021, tijdvak 1, vraag 13	12
9. Natuurkunde HAVO 2021, tijdvak 3, vraag 1	13
10. Natuurkunde HAVO 2019, tijdvak 2, vraag 1	14
11. Natuurkunde HAVO 2023, tijdvak 1, vraag 17	15
12. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 1, vraag 17	16
13. Natuurkunde HAVO 2018, tijdvak 1, vraag 19	17
2. Beweging en energie (domein C)	18
2.1 Kracht en beweging	18
14. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 2, vraag 1	18
15. Natuurkunde HAVO 2018, tijdvak 1, vraag 1	19
16. Natuurkunde HAVO 2018, tijdvak 2, vraag 14	20
17. Natuurkunde HAVO pilot 2014, tijdvak 2, vraag 18	21
18. Natuurkunde HAVO 2016, tijdvak 2, vraag 8	22
19. Natuurkunde HAVO pilot 2014, tijdvak 2, vraag 6	23
20. Natuurkunde HAVO 2015, tijdvak 2, vraag 15 en 16	24
21. Natuurkunde HAVO pilot 2014, tijdvak 1, vraag 12	25
22. Natuurkunde HAVO 2015, tijdvak 1, vraag 18	26
2.2 Energieomzettingen	27
23. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 1, vraag 5	27



3. Materialen (domein D)	28
3.1 Eigenschappen van stoffen en materialen	28
24. Natuurkunde HAVO 2021, tijdvak 1, vraag 1	28
25. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 1, vraag 6	29
26. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 2, vraag 2	30
27. Natuurkunde HAVO 2025, tijdvak 2, vraag 8	31
28. Natuurkunde HAVO 2023, tijdvak 2, vraag 16	32
4. Aarde en heelal (domein E)	33
4.1 Zonnestelsel en heelal	33
29. Natuurkunde HAVO 2021, tijdvak 2, vraag 5	33
30. Natuurkunde HAVO 2021, tijdvak 1, vraag 8	34
31. Natuurkunde HAVO 2017, tijdvak 2, vraag 23	35
32. Natuurkunde HAVO 2023, tijdvak 2, vraag 20	36
33. Natuurkunde HAVO 2022, tijdvak 2, vraag 5	37
34. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 2, vraag 2	38
35. Natuurkunde HAVO 2018, tijdvak 2, vraag 16	39
5. Meten en regelen (domein G)	40
5.1 Gebruik van elektriciteit	40
36. Natuurkunde HAVO 2022, tijdvak 1, vraag 22	40
37. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 2, vraag 23	41
38. Natuurkunde HAVO 2025, tijdvak 1, vraag 5	42
39. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 2, vraag 7	43
40. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 2, vraag 1	44
41. Natuurkunde HAVO 2023, tijdvak 1, vraag 20	45
42. Natuurkunde HAVO 2019, tijdvak 1, vraag 1	46
43. Natuurkunde HAVO 2019, tijdvak 1, vraag 4	47
44. Natuurkunde HAVO 2016, tijdvak 2, vraag 24	48
45. Natuurkunde HAVO 2017, tijdvak 2, vraag 11	49



1. Beeld- en geluidstechniek

1.1 Informatieoverdracht

1. Natuurkunde HAVO 2025, tijdvak 1, vraag 1



Oefenvraag examen 2025 tijdvak 1 – vraag 1

Een kaval is een Turkse herdersfluit. De lucht in de fluit wordt in trilling gebracht door over een mondstuk heen te blazen.

Jeroen ziet op internet een filmpje van een kaval en besluit deze fluit te onderzoeken. Uit het filmpje blijkt dat de kaval 700 mm lang is. Hij vergelijkt het geluid van de kaval met zuivere tonen uit een toongenerator en ontdekt dat 277 Hz de laagste toonhoogte is die de kaval kan produceren.

Jeroen beschouwt de kaval als een buis met twee open uiteindes. Hij neemt aan dat de luchttemperatuur 20 °C is. Hij berekent dat de laagst mogelijke toon dan 245 Hz is.

Toon dat aan met een berekening.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:

$$v = f\lambda \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{343}{2 \cdot 0,700} = 245 \text{ Hz}$$

- gebruik van $v = f\lambda$ met opzoeken van v
- inzicht dat $\lambda = 2L$
- completeren van de berekening



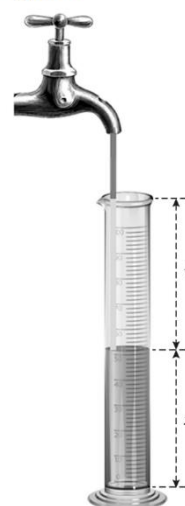
2. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 2, vraag 10 en 12



Oefenvraag examen 2026 tijdvak 2 – vraag 10 en 12

Een maatcilinder wordt gevuld met water. Hierbij ontstaat geluid. De hoogte van de waterkolom x neemt toe door het vullen. In de luchtkolom ℓ tussen het wateroppervlak en de opening van de maatcilinder ontstaat tijdens het vullen een staande geluidsgolf. Zie figuur 1.

figuur 1



Vraag 10: Geef aan of deze staande golf longitudinaal of transversaal is.

Bij een bepaalde lengte van de luchtkolom ℓ wordt het geluid ultrasoon; het geluid is dan niet meer te horen omdat de frequentie hoger is dan 20,0 kHz. De temperatuur van de lucht is 20 °C.

Vraag 12: Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de golflengte van het geluid als het net ultrasoon is. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.
- Leg uit of het ultrasone geluid bij een hogere temperatuur van de lucht wordt bereikt bij een grotere of kleinere vulhoogte x .

Vraag 10: maximumscore 1 punt

Het juiste antwoord is:

- Longitudinaal

Vraag 12: maximumscore 4 punten

Het juiste antwoord is:

uitkomst: $\lambda = 1,72 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

voorbeeld van een antwoord:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{20,0 \cdot 10^3} = 1,72 \cdot 10^{-2} \text{ m}.$$

Bij het toenemen van de temperatuur neemt ook de geluidssnelheid toe. Uit $v = f \lambda$ volgt dat (bij gelijkblijvende frequentie) de golflengte dan ook toeneemt. (Er is dus een grotere lengte ℓ nodig.) Dit past bij een kleinere vulhoogte x .



- gebruik van $v = f \lambda$
- completeren van de berekening en significantie
- inzicht dat de geluidssnelheid toeneemt met het toenemen van de temperatuur
- consequente conclusie



3. Natuurkunde HAVO 2022, tijdvak 3, vraag 7



Oefenvraag examen 2022 tijdvak 3 – vraag 7

Een concert harp is een snaarinstrument. Na aanslaan van een snaar ontstaan er golven in de snaar en in de lucht.

Geef in de tabel hieronder voor elk van deze golven met een kruisje aan of deze voornamelijk transversaal of voornamelijk longitudinaal zijn.

	transversale golven	longitudinale golven
golven in de snaar		
golven in de lucht		

Maximumscore 2 punten

Het juiste antwoord is:

	transversale golven	longitudinale golven
golven in de snaar	X	
golven in de lucht		X



1.2 Medische beeldvorming

4. Natuurkunde HAVO 2022, tijdvak 2, vraag 1



Oefenvraag examen 2022 tijdvak 2 – vraag 1

Hoog in de atmosfeer ontstaan snelle neutronen en gammastraling door kosmische straling. Hoe hoger iemand zich in de atmosfeer bevindt, hoe groter de schadelijke invloed van deze straling is. Studenten hebben daarom onderzoek gedaan naar de ontvangen dosis als gevolg van snelle neutronen en gammastraling tijdens een vlucht in een vliegtuig.

De wand van een vliegtuig is gemaakt van aluminium met een dikte van 2,2 mm. De gammastraling heeft een frequentie van $2,4 \cdot 10^{20}$ Hz.

Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de energie van een foton van deze gammastraling in MeV.
- Leg met Binas-tabel 28F of Sciencedata-tabel 5.9 uit of de wand van een vliegtuig veel bescherming biedt tegen deze straling.

Maximumscore 4 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $E_f = 0,99$ (MeV)

Voorbeeld van een antwoord:

- Voor de fotonenergie geldt: $E_f = hf = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 2,4 \cdot 10^{20} = 1,59 \cdot 10^{-13}$ J. Dit komt overeen met $E_f = 0,99 \cdot 10^6$ eV = 0,99 MeV.
- De halveringsdikte van aluminium voor gammastraling met een fotonenergie van 0,99 MeV is ongeveer 4,2 cm. Dit is veel groter dan de dikte van de wand van een vliegtuig. De meeste gammastraling zal de aluminium wand passeren, de wand biedt dus niet veel bescherming.



5. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 2, vraag 18



Oefenvraag examen 2026 tijdvak 2 – vraag 18

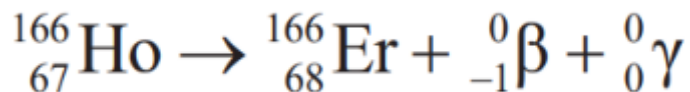
Radioactief holmium wordt gebruikt bij de behandeling van honden met een tumor in de kop. [...] De bestraling van de tumor gebeurt van binnenuit met het radioactieve holmium-166. Om de tumor genoeg schade toe te brengen, moet hij voldoende straling ontvangen. Ho-166 vervalt na het toedienen tot Er-166 en zendt daarbij gammastraling en een ander stralingsdeeltje uit.

Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef de volledige vergelijking van de vervalreactie van Ho-166.
- Geef een reden waarom gammastraling niet bijdraagt aan de stralingsdosis.

Maximumscore 4 punten

Het juiste antwoord is:



- voorbeeld van een antwoord:
Gammastraling heeft een groot doordringend vermogen, waardoor de fotonen nauwelijks in de tumor geabsorbeerd worden.
- Ho links van de pijl en Er en gamma rechts van de pijl
- bètadeeltje rechts van de pijl mits verkregen via kloppende atoomnummers
- aantal nucleonen links en rechts gelijk
- inzicht dat gammastraling een groot doordringend vermogen heeft



6. Natuurkunde HAVO 2025, tijdvak 2, vraag 9



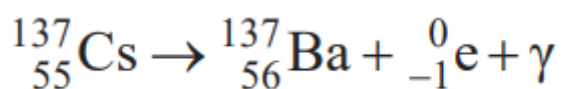
Oefenvraag examen 2025 tijdvak 2 – vraag 9

Als uranium in een kernreactor gebruikt wordt, vindt een proces genaamd kernsplijting plaats. Bij deze kernsplijting ontstaat onder andere het radioactieve Cs-137.

Als Cs-137 vervalst, komt daarbij ook gammastraling vrij.
Geef de volledige vergelijking van de vervalreactie van Cs-137.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:



- alleen Cs-137 links van de pijl, β en γ rechts van de pijl
- Ba rechts van de pijl (mits verkregen via kloppende atoomnummers)
- aantal nucleonen links en rechts gelijk



7. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 1, vraag 16



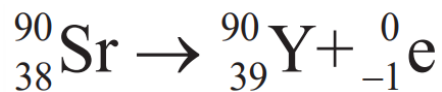
Oefenvraag examen 2024 tijdvak 1 – vraag 16

Een veelvoorkomende tumor bij paarden is een zogenaamde sarcoïde. Dit is een huidtumor. Er bestaan verschillende methodes om deze tumor te behandelen.

Een sarcoïde kan ook worden behandeld met de isotoop Sr-90.
Geef de vergelijking van de vervalreactie van Sr-90.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:



8. Natuurkunde HAVO 2021, tijdvak 1, vraag 13



Oefenvraag examen 2021 tijdvak 1 – vraag 13

Een kitmarker is een permanente lichtbron die aan een sleutelbos gehangen kan worden. Zie figuur 1. Zo zijn sleutels in het donker terug te vinden. Een kitmarker heeft geen batterij. Het is een glazen buisje met daarin gasvormig H-3 (tritium). Tritium is een β -straler.

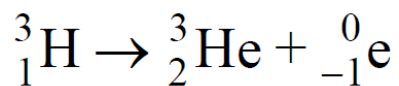
Geef de vergelijking van de vervalreactie van tritium.

figuur 1



Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:



9. Natuurkunde HAVO 2021, tijdvak 3, vraag 1



Oefenvraag examen 2021 tijdvak 3 – vraag 1

Lutetium-octreotaat is een radioactief eiwit waarmee patiënten met diepliggende tumoren inwendig en lokaal bestraald kunnen worden. In dit eiwit wordt de radioactieve isotoop Lu-177 gebruikt. Lu-177 vervalst door het uitzenden van β^- en γ -straling.

Geef de vergelijking van de vervalreactie van Lu-177.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:



10. Natuurkunde HAVO 2019, tijdvak 2, vraag 1



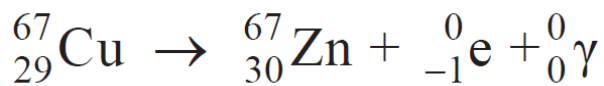
Oefenvraag examen 2019 tijdvak 2 – vraag 1

Koper-67 (Cu-67) is een geschikte isotoop voor radiotherapie. De halveringstijd van 62 uur is lang genoeg om de stof te laten ophopen in tumorweefsel en dit van binnenuit te bestralen. Het Cu-67 zendt β -straling en γ -straling uit.

Geef de vergelijking van de vervalreactie van Cu-67.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:



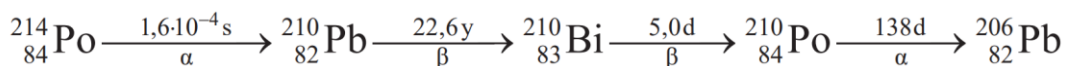
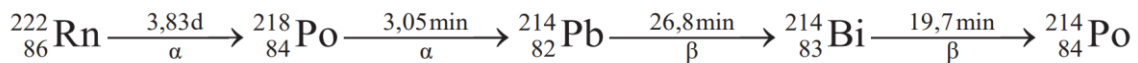
11. Natuurkunde HAVO 2023, tijdvak 1, vraag 17



Oefenvraag examen 2023 tijdvak 1 – vraag 17

Tabak wordt gemaakt van de bladeren van de tabaksplant.

Tabaksplanten halen water en (voedings)stoffen uit de bodem en de lucht. Hierin zitten ook radioactieve isotopen. Een van die isotopen is Rn-222, dat in een lange vervalreeks via diverse dochterkernen vervalst tot stabiel Pb-206:



De dochterkernen uit deze vervalreeks komen in de bladeren van de tabaksplant terecht.

Van deze bladeren wordt tabak voor sigaretten gemaakt. De tijd tussen het oogsten van de plant en het roken van een sigaret van die plant is gemiddeld twee jaar.

Na twee jaar is vooral Pb-210 aanwezig in de tabak.

Leg dat uit met behulp van de halveringstijden uit de vervalreeks.

Maximumscore 2 punten

Voorbeeld van een antwoord:

De halveringstijden van alle isotopen tot aan Pb-210 zijn veel korter dan twee jaar, terwijl Pb-210 zelf een heel lange halveringstijd heeft. Die isotopen vervallen dus snel tot Pb-210, terwijl dat zelf maar langzaam vervalst in de volgende isotoop.

- Inzicht dat het verval tot aan Pb-210 snel gaat door relatief korte halveringstijden.
- Inzicht dat Pb-210 langzaam vervalst door een relatief lange halveringstijd.



12. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 1, vraag 17



Oefenvraag examen 2024 tijdvak 1 – vraag 17

Een veelvoorkomende tumor bij paarden is een zogenaamde sarcoïde. Dit is een huidtumor. Er bestaan verschillende methodes om deze tumor te behandelen. Een eerste behandelmethode is bestraling.

Een bepaalde sarcoïde heeft een massa van $7,9 \cdot 10^{-5}$ kg en wordt behandeld met Sr-90. Tijdens één bestraling ontvangt deze tumor een dosis van 20 Gy. De energie die per vervallen Sr-90-kern aan de tumor wordt afgegeven is 2,9 MeV. De gemiddelde activiteit tijdens de bestraling is $3,1 \cdot 10^6$ Bq.

Bereken de tijdsduur van één bestraling van deze sarcoïde.

Maximumscore 5 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $t = 1,1 \cdot 10^3$ s

Voorbeelden van een antwoord:

Methode 1

Voor de behandeling is een totale energie nodig van:

$$D = \frac{E}{m} \rightarrow E = 20 \cdot 7,9 \cdot 10^{-5} = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$$

Per vervalreactie wordt $2,9 \cdot 1,60 \cdot 10^{-13} = 4,64 \cdot 10^{-13}$ J door het weefsel opgenomen.

In totaal zijn er dan $\frac{E}{E_{\text{verval}}} = \frac{1,58 \cdot 10^{-3}}{4,64 \cdot 10^{-13}} = 3,41 \cdot 10^9$ vervalreacties nodig.

Hiervoor is een tijd nodig van $\frac{3,41 \cdot 10^9}{3,1 \cdot 10^6} = 1,1 \cdot 10^3$ s.

Methode 2

Voor de behandeling is een totale energie nodig van:

$$D = \frac{E}{m} \rightarrow E = 20 \cdot 7,9 \cdot 10^{-5} = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$$

Per vervalreactie wordt $2,9 \cdot 1,60 \cdot 10^{-13} = 4,64 \cdot 10^{-13}$ J door het weefsel opgenomen.

Er geldt: $P = A \cdot E_{\text{vervalreactie}} = 3,1 \cdot 10^6 \cdot 4,64 \cdot 10^{-13} = 1,44 \cdot 10^{-6} \text{ J s}^{-1}$.

De behandeling duurt $t = \frac{E}{P} = \frac{1,58 \cdot 10^{-3}}{1,44 \cdot 10^{-6}} = 1,1 \cdot 10^3$ s.



13. Natuurkunde HAVO 2018, tijdvak 1, vraag 19



Oefenvraag examen 2018 tijdvak 1 – vraag 19

Technetium-99m wordt in ziekenhuizen gebruikt als tracer. Het Tc-99m dat daar voor nodig is, wordt in het ziekenhuis zelf geproduceerd. Tc-99m is een vervalproduct van molybdeen-99. [...]

Leg uit of er bij het gebruik van een tracer voor de patiënt sprake is van bestraling of van besmetting.

Maximumscore 2 punten

Voorbeeld van een antwoord:

- De bron komt in de patiënt terecht, dus er is sprake van besmetting.



2. Beweging en energie

2.1 Kracht en beweging

14. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 2, vraag 1



Oefenvraag examen 2024 tijdvak 2 – vraag 1

Meteoroiden zijn objecten uit de ruimte die lichtflitsen veroorzaken bij het binnendringen en doorkruisen van de atmosfeer van de aarde. Deze lichtflitsen zijn als lichtsporen aan de hemel te zien. Zie figuur 1.

Meteoroiden komen de aardatmosfeer binnen met een snelheid tussen $3,5 \cdot 10^4 \text{ kmh}^{-1}$ en $2,5 \cdot 10^5 \text{ kmh}^{-1}$.

De meteoroïde in figuur 1 was gedurende 1,22 s zichtbaar aan de hemel.

Bereken de maximale lengte van het spoor van deze meteoroïde. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

figuur 1



Maximumscore 4 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $s_{\max} = 85 \text{ km}$.

Voorbeeld van een antwoord:

De maximale lengte van de baan wordt bereikt bij de maximale snelheid.

Hieruit volgt: $s_{\max} = v_{\max} t = \left(\frac{2,5 \cdot 10^5}{3,6} \right) \cdot 1,22 = 8,5 \cdot 10^4 \text{ m} = 85 \text{ km}$.



15. Natuurkunde HAVO 2018, tijdvak 1, vraag 1



Oefenvraag examen 2018 tijdvak 1 – vraag 1

Sommige schepen hebben een radarinstallatie om de afstand tot andere schepen of voorwerpen in de omgeving te meten. Een radarinstallatie zendt hiervoor elektromagnetische signalen uit die weerkaatst worden door een voorwerp. Door de tijd tussen het uitzenden en het ontvangen van een signaal te meten, kan de afstand tot het voorwerp bepaald worden, ook als dat voorwerp zich op grote afstand van het schip bevindt.

Een veelgebruikt type radar is de pulsradar. Dit type radar zendt een kort elektromagnetisch signaal uit en ontvangt even later de echo van dit signaal. Op een bepaald moment wordt er 0,26 ms gemeten tussen het uitzenden en het ontvangen van een signaal.

Bereken de afstand tot het voorwerp.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $s = 3,9 \cdot 10^4$ m.

Voorbeeld van een berekening:

- Elektromagnetische golven bewegen met de lichtsnelheid. De afstand die het signaal heeft afgelegd is: $s_{\text{signaal}} = ct = 3,00 \cdot 10^8 \cdot 0,26 \cdot 10^{-3} = 7,8 \cdot 10^4$ m. Het signaal gaat heen en terug, dus de afstand s tot het voorwerp is: $\frac{1}{2} \cdot 7,8 \cdot 10^4 = 3,9 \cdot 10^4$ m.



16. Natuurkunde HAVO 2018, tijdvak 2, vraag 14



Oefenvraag examen 2018 tijdvak 2 – vraag 14

In 1969 is de komeet Churyumov-Gerasimenko ontdekt. [...]

Om Churyumov-Gerasimenko van dichtbij te kunnen onderzoeken is de ruimtesonde Rosetta gelanceerd.

Na een reis van 10 jaar en 6,5 miljard kilometer is Rosetta aangekomen bij de komeet.

Bereken de gemiddelde snelheid in km s^{-1} van Rosetta tijdens de reis.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $v_{\text{gem}} = 21 \text{ (km s}^{-1}\text{)}$.

Voorbeeld van een berekening:

$$\text{Er geldt: } v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6,5 \cdot 10^9}{10 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{6,5 \cdot 10^9}{3,15 \cdot 10^8} = 21 \text{ km s}^{-1}.$$



17. Natuurkunde HAVO pilot 2014, tijdvak 2, vraag 18



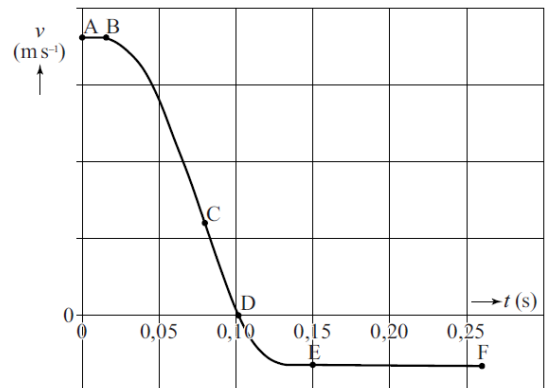
Oefenvraag pilot examen 2014 tijdvak 2 – vraag 18

In een botsproef wordt de veiligheid van een auto getest door deze auto op een muur te laten botsen. De auto wordt daarbij van diverse kanten gefilmd.

In het figuur hiernaast is een schets van het (v,t) -diagram van de botsende auto gegeven. In dit diagram zijn zes punten, A tot en met F, met een stip aangegeven.

Leg uit op welk punt (A, B, C, D, E of F)

- de auto in aanraking komt met de muur,
- de auto de maximale vertraging ondergaat,
- de auto stopt met indeuken.



Maximumscore 3 punten

Voorbeelden van antwoorden:

- Aanraking muur: punt B, want daar begint de snelheid af te nemen.
- Maximale vertraging: punt C, want daar loopt het (v,t) -diagram het steilst.
- Stopt met verder indeuken: punt D want daar is de snelheid 0.



18. Natuurkunde HAVO 2016, tijdvak 2, vraag 8



Oefenvraag examen 2016 tijdvak 2 – vraag 8

Marloes heeft een wieg gekocht voor haar baby. De wieg hangt aan een veer en kan zachtjes op en neer trillen. Op de verpakking van de wieg staat: $C_{\text{veer}} = 1,3 \text{ kNm}^{-1}$ en $m_{\text{wieg}} = 12,2 \text{ kg}$.

Bereken hoever de veer is uitgerekt als de wieg aan de veer hangt.

Maximumscore 2 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $u = 9,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

Voorbeeld van een berekening:

Als de wieg stil hangt, geldt: $F_{\text{veer}} = F_z$. Hierin is $F_z = mg$ en $F_{\text{veer}} = Cu$.

Invullen geeft: $12,2 \cdot 9,81 = 1,3 \cdot 10^3 \cdot u$.

Hieruit volgt dat: $u = \frac{12,2 \cdot 9,81}{1,3 \cdot 10^3} = 9,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.



19. Natuurkunde HAVO pilot 2014, tijdvak 2, vraag 6



Oefenvraag pilot examen 2014 tijdvak 2 – vraag 6

De slinger van Wilberforce bestaat uit een veer waar een blok aan hangt. Zie figuur 1. Als het blok verticaal omlaag getrokken wordt en dan wordt losgelaten, ontstaat er een bijzondere beweging. Eerst beweegt het blok op en neer en draait nauwelijks heen en weer. Het draaien neemt toe en het op en neer bewegen neemt af. Na een tijdje draait het blok alleen nog maar heen en weer en is de verticale trilling verdwenen. Vervolgens komt de verticale beweging weer langzaam op gang en neemt het draaien af totdat het blok alleen nog maar op en neer beweegt en niet meer heen en weer draait. Dit herhaalt zich net zo lang totdat het blok door demping tot stilstand komt.

In de opstelling van figuur 1 heeft het blok een massa van 2,8 kg. De veerconstante van de veer is gelijk aan 49 N m^{-1} . Om de beweging te demonstreren, wordt het blok aan de veer voorzichtig 9,0 cm omlaag getrokken, maar nog niet losgelaten.

Bereken de kracht van de veer die dan op het blok werkt.

figuur 1



Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: 32 N

Voorbeeld van een berekening:

De zwaartekracht op het blok is: $F_z = mg = (2,8 \cdot 9,81) \text{ N}$.

Om de veer een uitrekking van 9,0 cm is $F_v = Cu = (49 \cdot 0,090) \text{ N}$ nodig.

De kracht van de veer op het blok is dan:

$$F = F_z + F_v = (2,8 \cdot 9,81) + (49 \cdot 0,090) = 32 \text{ N}.$$



20. Natuurkunde HAVO 2015, tijdvak 2, vraag 15 en 16



Oefenvraag examen 2015 tijdvak 2 – vraag 15 en 16

In de film Spiderman 2 stopt de held Spiderman een op hol geslagen trein met behulp van draden gesponnen uit spinrag. 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.

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

Vraag 15: Bereken de remafstand van de trein.

Vraag 16: Bereken de resulterende kracht die nodig is om de trein af te remmen.

Maximumscore 2 punten (vraag 15)

Maximumscore 3 punten (vraag 16)

Het juiste antwoord is:

Vraag 15:

- Uitkomst: $\Delta x = 6,3 \cdot 10^2 \text{ m}$

Voorbeeld van een berekening:

- Voor de remafstand geldt: $\Delta x = v_{\text{gem}} \Delta t = \frac{25}{2} \cdot 50 = 625 = 6,3 \cdot 10^2 \text{ m}$.

Vraag 16:

- Uitkomst: $F_{\text{res}} = (-)1,0 \cdot 10^5 \text{ N}$

Voorbeeld van een berekening:

- Voor de resulterende kracht geldt $F_{\text{res}} = ma$ met $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
- De versnelling $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 25}{50} = -0,50 \text{ m s}^{-2}$
- De resulterende kracht is dan: $F_{\text{res}} = ma = 2,0 \cdot 10^5 \cdot -0,50 = -1,0 \cdot 10^5 \text{ N}$.



21. Natuurkunde HAVO pilot 2014, tijdvak 1, vraag 12



Oefenvraag pilot examen 2014 tijdvak 1 – vraag 12

Op 26 november 2011 werd, vanaf Cape Canaveral in Florida, een raket naar Mars gelanceerd. Aan boord van de raket bevond zich de Curiosity, die gegevens moest verzamelen over de omstandigheden op Mars, over de geschiedenis van de planeet en over een mogelijke bemande ruimtevlucht naar Mars.

Bij de landing werd een nieuwe techniek gebruikt: een vliegende 'kraan' bleef 7 meter boven het Marsoppervlak hangen, terwijl de Curiosity voorzichtig met een constante snelheid naar beneden werd getakeld. De massa van de kraan en het voertuig samen is $3,6 \cdot 10^3$ kg.

Bereken de zwaartekracht die tijdens de landing op het geheel werkt.

Maximumscore 2 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $1,3 \cdot 10^4$ N

Voorbeeld van een berekening:

- Voor de zwaartekracht geldt: $F_z = mg$ waarbij g de gravitatieversnelling op Mars is (Binas tabel 31).
- Invullen levert: $F_z = mg = 3,6 \cdot 10^3 \cdot 3,7 = 1,3 \cdot 10^4$ N.



22. Natuurkunde HAVO 2015, tijdvak 1, vraag 18



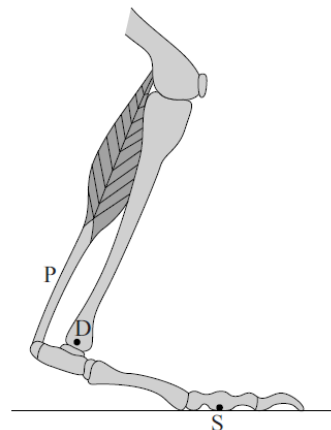
Oefenvraag examen 2015 tijdvak 1 – vraag 18

Kangoeroes staan bekend om hun enorme sprongen en sprongkracht. Die sprongkracht danken ze aan de speciale bouw van hun achterpoten. De bouw van zo'n poot is weergegeven in figuur 1.

De voet draait rondom punt D in de enkel en steunt in punt S op de grond. De voet is met een spier verbonden via pees P. In figuur 1 staat de kangoeroe stil.

Leg uit of de kracht in pees P groter is dan, kleiner is dan, of even groot is als de normaalkracht op de voet in punt S. Verwaarloos hierbij de zwaartekracht op de voet.

figuur 1



Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:

- De arm van de kracht in pees P ten opzichte van punt D is korter dan de arm van de normaalkracht in punt S. Het moment linksom is even groot als het moment rechtsom (want er is evenwicht), dus de kracht in pees P is groter dan de normaalkracht in punt S.

2.2 Energieomzettingen

23. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 1, vraag 5



Oefenvraag examen 2024 tijdvak 1 – vraag 5

Tijdens een kampeervakantie wordt vaak gekookt op een brander met een gasblikje. Zie figuur 1. Omdat gasblikjes niet overal verkrijgbaar zijn, willen Jos en Martijn voor hun profielwerkstuk een brander ontwerpen die op hout werkt. Met deze brander moet ook een telefoon opgeladen kunnen worden. Ze stellen een programma van eisen op waar hun brander aan moet voldoen.

Enkele eisen zijn:

- 1 Het rendement voor water koken moet hoger zijn dan 40%.
- 2 De brander moet een elektrische spanning kunnen opwekken van 5,0 V voor het opladen van een telefoon.
- 3 Er moet zichtbaar gemaakt worden of de spanning hoog genoeg is om de telefoon op te laden.
- 4 De telefoon moet volledig kunnen opladen tijdens het koken van een maaltijd.

Ze bouwen een brander die hout verbrandt en koken daarmee water om de eerste eis te controleren. Om 400 gram water van 10 °C aan de kook te brengen, hebben ze 18 gram hout nodig.

Toon met een berekening aan of het ontwerp van de jongens daarmee aan de eerste ontwerpeis voldoet.

figuur 1



Maximumscore 4 punten

Voorbeeld van een antwoord:

Voor het opwarmen van het water is nodig:

$$Q = cm\Delta T = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 0,400 \cdot (100 - 10) = 1,50 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

Voor de energie van het verbranden van het hout en het rendement geldt:

Binas:

$$E_{\text{ch}} = r_m m = 16 \cdot 10^6 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 2,88 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\% = \frac{1,50 \cdot 10^5}{2,88 \cdot 10^5} \cdot 100\% = 52\%.$$

Sciencedata:

$$E_{\text{ch}} = r_m m = 18,9 \cdot 10^6 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 3,40 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\% = \frac{1,50 \cdot 10^5}{3,40 \cdot 10^5} \cdot 100\% = 44\%.$$

De brander voldoet dus aan de eerste ontwerpeis.



3. Materialen

3.1 Eigenschappen van stoffen en materialen

24. Natuurkunde HAVO 2021, tijdvak 1, vraag 1



Oefenvraag examen 2021 tijdvak 1 – vraag 1

Lassen is een techniek om metalen delen aan elkaar te bevestigen. Dit kan door die delen met een brander zo te verhitten dat op de plek van de verhitting het materiaal van beide delen smelt en vervolgens na afkoeling tot één geheel samen vast wordt. Zie figuur 2. Deze plek wordt een 'las' genoemd.

Hoe heet de tweede faseovergang in het beschreven lasproces?

- A bevroren
- B condenseren
- C stollen
- D sublimeren

figuur 2



Maximumscore 1 punt

Het juiste antwoord is:

- C



25. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 1, vraag 6



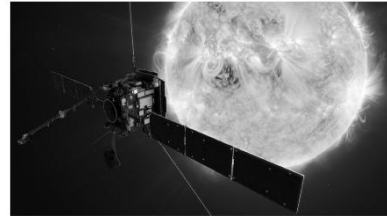
Oefenvraag examen 2026 tijdvak 1 – vraag 6

In februari 2020 werd de satelliet Solar Orbiter gelanceerd.
Zie figuur 1.

Deze satelliet gaat op relatief kleine afstand van de zon metingen doen aan het oppervlak van de zon.

Als Solar Orbiter dichterbij de zon komt, zal hij door de zon fors worden opgewarmd.

figuur 1



Geef aan welke vorm van warmtetransport plaatsvindt tussen de zon en Solar Orbiter.

Maximumscore 1 punt

Het juiste antwoord is:

- Straling



26. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 2, vraag 2



Oefenvraag examen 2026 tijdvak 2 – vraag 2

Een kokendwaterkraan bestaat uit een kraan en een reservoir.
Zie figuur 1.

Het water in het reservoir wordt elektrisch opgewarmd en vervolgens op het kookpunt gehouden. Daardoor kan de kraan behalve koud water (10 °C) en warm water (65 °C) ook kokend water (100 °C) leveren. [...]

De fabrikant van de kokendwaterkraan beweert dat het apparaat 8,0 L koud water kan verwarmen tot kokend water, bij een energieverbruik van $3,4 \cdot 10^6$ J.

Toon met een berekening aan of deze bewering kan kloppen.

figuur 1



Maximumscore 2 punten

Het juiste antwoord is:

uitkomst: $Q = 3,01 \cdot 10^6$ J

voorbeeld van een antwoord:

Voor het opwarmen van 8,0 L water van 10 °C tot 100 °C is $Q = cm\Delta T = 4,18 \cdot 10^3 \cdot 8,0 \cdot 90 = 3,01 \cdot 10^6$ J aan warmte nodig. (Het rendement bij het opwarmen is kleiner dan 100%.) De grotere opgegeven waarde van het energieverbruik kan dus kloppen.

- gebruik van $Q = cm\Delta T$ en opzoeken van c voor water
- completeren van de berekening en consequente conclusie



27. Natuurkunde HAVO 2025, tijdvak 2, vraag 8



Oefenvraag examen 2025 tijdvak 2 – vraag 8

In 2013 werd een kubus van uranium met een mysterieus briefje afgeleverd bij de Universiteit van Maryland. Op het briefje stond 'Afkomstig uit een kernreactor die Hitler probeerde te bouwen.'

De universiteit kreeg meer identieke blokjes. Om te achterhalen of de stelling op het briefje waar was, zijn onderzoekers later verschillende metingen gaan uitvoeren. De onderzoekers wilden nagaan:

- of het blokje uit puur uranium (uraan) bestaat.
- of er in dit blokje kernsplijting heeft plaatsgevonden.
- of dit blokje uranium rond 1945 geproduceerd kan zijn.

De massa van de massieve kubus is 2,27 kg en de zijden hebben een lengte van 5,08 cm.

Ga met een berekening na of de kubus uit puur uranium (uraan) bestaat.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:

Het volume van de kubus is gelijk aan $V = (5,08 \cdot 10^{-2})^3 = 1,31 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$.

De dichtheid van de kubus is daarmee gelijk aan

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2,27}{1,31 \cdot 10^{-4}} = 17,3 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}.$$

De dichtheid van puur uraan is $19 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ (Binas tabel 8, Sciencedata tabel 8.1), dus de kubus bestaat niet volledig uit uraan.

- gebruik van $V = l \cdot b \cdot h$
- gebruik van $\rho = \frac{m}{V}$
- completeren van de berekening en consequente conclusie



28. Natuurkunde HAVO 2023, tijdvak 2, vraag 16



Oefenvraag examen 2023 tijdvak 2 – vraag 16

Aluminium is een metaal dat vanwege zijn stofeigenschappen veel verschillende toepassingen heeft. Door de lage dichtheid van aluminium is het bijvoorbeeld in voertuigen een interessante vervanging voor ijzer. Vermindering van gewicht betekent namelijk vermindering van energiegebruik door het voertuig. Ingenieurs hebben ooit de volgende vuistregel bepaald:

In een voertuig kan ijzer worden vervangen door aluminium in de verhouding 2:1 bij gelijkblijvende stevigheid van de constructie. Dit betekent dat 2 kilogram ijzer kan worden vervangen door 1 kilogram aluminium.

De stevigheid van een constructie wordt onder andere bepaald door de treksterkte van het materiaal. Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de verhouding tussen de dichtheden van ijzer en aluminium.
- Geef een reden waarom de ingenieurs op een andere verhouding uitkomen dan uit de dichtheden volgt.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: 2,91 : 1,00

Voorbeeld van een antwoord:

Ijzer heeft een dichtheid van $7,87 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$, aluminium een dichtheid van $2,70 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.

Hieruit volgt de verhouding

$$7,87 : 2,70 \rightarrow 2,91 : 1,00$$

De treksterkte van aluminium is veel lager dan van ijzer.

- Opzoeken van dichtheden van ijzer en aluminium.
- Completeren van de berekening.
- Inzicht dat de treksterkte van aluminium verschilt van die van ijzer.



4. Aarde en heelal

4.1 Zonnestelsel en heelal

29. Natuurkunde HAVO 2021, tijdvak 2, vraag 5



Oefenvraag examen 2021 tijdvak 2 – vraag 5

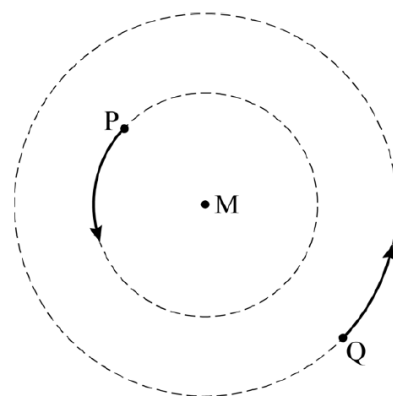
Sterren vormen soms een zogenaamd dubbelstersysteem. In een vereenvoudigd dubbelstersysteem bewegen twee sterren in eigen cirkelbanen om een gemeenschappelijk middelpunt M. Zie figuur 1.

Sterren P en Q hebben dezelfde omlooptijd.

Zet in de tabel hieronder in elke rij een kruisje in de juiste kolom.

Eigenschap	Van ster P het grootst	Van ster Q het grootst	Voor ster P en Q gelijk
Baanstraal			
Baansnelheid			

figuur 1



Maximumscore 2 punten

Het juiste antwoord is:

Eigenschap	Van ster P het grootst	Van ster Q het grootst	Voor ster P en Q gelijk
Baanstraal		X	
Baansnelheid		X	



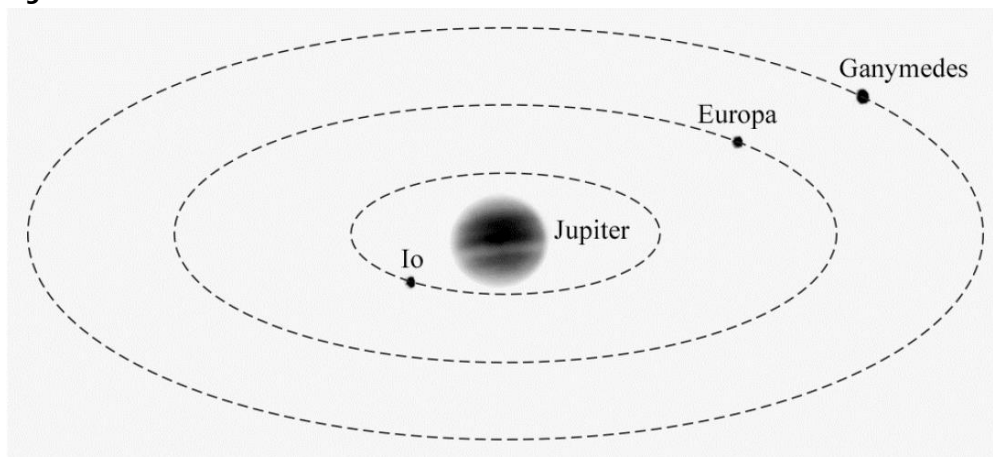
30. Natuurkunde HAVO 2021, tijdvak 1, vraag 8



Oefenvraag examen 2021 tijdvak 1 – vraag 8

De planeet Jupiter heeft meerdere manen. Zie figuur 1. Deze figuur is niet op schaal. Een van deze manen heet Europa. Gegevens over de maan Europa zijn te vinden in Binas-tabel 31 of Sciencedata-tabel 3.3a.

Figuur 1



De straal van de baan van Europa is $670,9 \cdot 10^6$ m.
Bereken de baansnelheid van Europa rond Jupiter.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Antwoord: $v = 1,374 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$

Voorbeeld van een berekening:

- De omlooptijd van Europa is $3,551 \cdot 24 \cdot 3600 = 3,0681 \cdot 10^5 \text{ s}$ (Binas-tabel 31 of Sciencedata-tabel 3.3a).
- Er geldt: $v = \frac{(2\pi \cdot r)}{T} = \frac{2\pi \cdot 670,9 \cdot 10^6}{3,0681 \cdot 10^5} = 1,374 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$.



31. Natuurkunde HAVO 2017, tijdvak 2, vraag 23



Oefenvraag examen 2017 tijdvak 2 – vraag 23

Op 15 februari 2013 vroeg in de ochtend sloeg een klein deel van een meteoriet in bij het Russische plaatsje Tsjeljabinsk. Onderzoekers onderzochten hoe de vlucht van de meteoriet was verlopen. Ze bekeken daarbij de banen van de meteoriet en de aarde, vlak voor deze botsten.

Bereken de grootte van de baansnelheid van de aarde om de zon in 2 significante cijfers.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Antwoord: $v_a = 3,0 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$.

Voorbeeld van een berekening:

- Voor de baansnelheid van de aarde geldt:
- $$v_a = \frac{2\pi r_{\text{baan}}}{T} = \frac{2\pi \cdot 1,496 \cdot 10^{11}}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = 3,0 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}.$$



32. Natuurkunde HAVO 2023, tijdvak 2, vraag 20



Oefenvraag examen 2023 tijdvak 2 – vraag 20

In 2016 werd de satelliet OSIRIS-REx gelanceerd. Deze satelliet moest een bezoek brengen aan planetoïde Bennu om bodemonsters op te halen voor onderzoek. Een planetoïde is een klein hemellichaam dat net als een planeet in een baan rond de zon beweegt.

Met behulp van observaties en metingen vanaf aarde hebben onderzoekers de massa van Bennu bepaald op $7,329 \cdot 10^{10}$ kg.

In 2020 arriveerde OSIRIS-REx bij Bennu. Om veilig te kunnen landen moest de valversnelling op Bennu bekend zijn. De onderzoekers hebben daarom een model van Bennu gemaakt. Bennu werd gemodelleerd als een bol met een straal van $2,45 \cdot 10^2$ m.

Volgens dit model is de gravitatieversnelling op Bennu $1,2 \cdot 10^5$ keer zo klein als de valversnelling op aarde. Toon dit met een berekening aan.

Maximumscore 3 punten

Voorbeeld van een antwoord:

Op het oppervlak van Bennu geldt:

$$F_z = F_g \rightarrow mg = \frac{GMm}{r^2} \rightarrow g = \frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 7,329 \cdot 10^{10}}{(2,45 \cdot 10^2)^2} = 8,14 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$$

Dus:

$$\frac{g}{g_B} = \frac{9,81}{8,14 \cdot 10^{-5}} = 1,2 \cdot 10^5$$

- Gebruik van $F_g = G \frac{Mm}{r^2}$ met opzoeken van G .
- Inzicht dat $g = \frac{F_g}{m}$.
- Completeren van de berekening.



33. Natuurkunde HAVO 2022, tijdvak 2, vraag 5



Oefenvraag examen 2022 tijdvak 2 – vraag 5

Versleten satellieten en brokstukken van gebotste satellieten vliegen als ruimtepuin rond de aarde. In 2018 heeft een kunstenaar geprobeerd om mensen bewust te maken van dit ruimtepuin, dat vanaf de aarde onzichtbaar is. Hij heeft met lasers vanaf de grond de positie van ruimtepuin op hoogtes tussen $2,0 \cdot 10^5$ m en $2,0 \cdot 10^7$ m aangeduid. Zie een artist's impression in figuur 1.

figuur 1



In 2009 vond de eerste botsing tussen twee satellieten plaats. Door deze botsing ontstonden veel brokstukken die nu nog om de aarde cirkelen. De baansnelheid van een van de satellieten in zijn cirkelbaan voor de botsing was $7,75 \cdot 10^3$ m s⁻¹.

Toon met een berekening aan of deze botsing plaatsvond op een hoogte die de kunstenaar met de lichten heeft aangeduid.

Maximumscore 5 punten

Voorbeeld van een antwoord:

- Voor een satelliet in een cirkelbaan om de aarde geldt:

$$F_{\text{mpz}} = F_g \rightarrow \frac{mv^2}{r} = G \frac{mM}{r^2}$$

- Hieruit volgt voor de baanstraal:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \rightarrow 7,75 \cdot 10^3 = \sqrt{\frac{6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{r}} \rightarrow r = 6,636 \cdot 10^6 \text{ m.}$$

- En voor de hoogte boven het aardoppervlak:

$$h = r - R_A = 6,636 \cdot 10^6 - 6,371 \cdot 10^6 = 0,265 \cdot 10^6 \text{ m.}$$

- Dit ligt binnen de grenzen die de kunstenaar heeft aangeduid.



34. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 2, vraag 2



Oefenvraag examen 2024 tijdvak 2 – vraag 2

Meteoroiden zijn objecten uit de ruimte die lichtflitsen veroorzaken bij het binnendringen en doorkruisen van de atmosfeer van de aarde. Deze lichtflitsen zijn als lichtsporen aan de hemel te zien.

Het waarnemen van een meteoroïde is een toevalstreffer. Daarom ontwikkelt een Japans bedrijf kunstmatige meteoroiden om deze op afroep als kosmisch vuurwerk in te zetten. Het bedrijf heeft een satelliet ontworpen die vanuit de ruimte metalen bolletjes kan lanceren richting de aarde. Deze bolletjes komen de aardatmosfeer binnen op hoge snelheid. Door de luchtwrijving bereiken de bolletjes een zeer hoge temperatuur waardoor ze gedurende langere tijd helder licht uitzenden.

Het bedrijf heeft de bolletjes getest in een testopstelling waar ze de vlucht door de aardatmosfeer nabootsen met een luchtstroom. De temperatuur van de bolletjes wordt bepaald door de golflengte van de straling met de hoogste intensiteit te meten. Deze is 940 nm.

Bereken de temperatuur van de bolletjes in °C.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: $T = 2,81 \cdot 10^3$ (°C)

Voorbeeld van een antwoord:

Uit de wet van Wien volgt: $T = \frac{k_w}{\lambda_{max}} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{940 \cdot 10^{-9}} = 3,083 \cdot 10^3$ K.

Dit komt overeen met $3,083 \cdot 10^3 - 273 = 2,81 \cdot 10^3$ (°C).



35. Natuurkunde HAVO 2018, tijdvak 2, vraag 16



Oefenvraag examen 2018 tijdvak 2 – vraag 16

In 1969 is de komeet Churyumov-Gerasimenko ontdekt. [...] Om Churyumov-Gerasimenko van dichtbij te kunnen onderzoeken is de ruimtesonde Rosetta gelanceerd. [...] Rosetta draait in een cirkelvormige baan rondom de komeet. [...] Rosetta doet vanuit haar baan metingen aan de komeet. Zo is de temperatuur van de komeet bepaald met behulp van de straling die door de komeet wordt uitgezonden. De straling die de komeet het meest uitzendt heeft een golflengte van $1,6 \cdot 10^{-5}$ m.

Bereken de temperatuur van de komeet in °C.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- $T = -92$ (°C).

Voorbeeld van een berekening:

$$T = \frac{k_W}{\lambda_{\max}} = \frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-5}} = 181 \text{ K. Dit is } 181 - 273 = -92 \text{ °C.}$$



5. Meten en regelen

5.1 Gebruik van elektriciteit

36. Natuurkunde HAVO 2022, tijdvak 1, vraag 22



Oefenvraag examen 2022 tijdvak 1 – vraag 22

In 2016 werd in Eindhoven tijdens het festival Glow voor publiek kunstmatig een 'bliksem' met een recordlengte van 80 m gemaakt.

Voor het opwekken van de bliksem werd een dunne draad van koper gebruikt met een weerstand van 35Ω . De draad was 80 m lang. Een menselijke haar heeft een diameter van 0,060 mm. Zowel de draad als een mensenhaar is cilindervormig.

Toon met een berekening aan of de draad dikker of dunner was dan een mensenhaar.

Maximumscore 4 punten

Voorbeelden van een antwoord:

Methode 1

- Voor de oppervlakte van de doorsnede van de draad geldt:
$$A_{\text{draad}} = \frac{\rho \ell}{R} = \frac{17 \cdot 10^{-9} \cdot 80}{35} = 3,89 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2.$$
- Hieruit volgt: $A_{\text{draad}} = 3,89 \cdot 10^{-8} = \pi r^2 \rightarrow r_{\text{draad}} = 1,11 \cdot 10^{-4}$.
- De diameter van de draad is $2 \cdot 1,11 \cdot 10^{-4} = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$. Dit is dikker dan een mensenhaar.

Of:

Methode 2

- Voor de oppervlakte van de doorsnede van de draad geldt:
$$A_{\text{draad}} = \frac{\rho \ell}{R} = \frac{17 \cdot 10^{-9} \cdot 80}{35} = 3,89 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2.$$
- Voor de oppervlakte van de doorsnede van de haar geldt:
$$r_{\text{haar}} = \frac{60 \cdot 10^{-6}}{2} = 30 \cdot 10^{-6} \text{ m} \rightarrow A_{\text{haar}} = \pi r_{\text{haar}}^2 = 2,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2.$$
- De draad is dus dikker dan een mensenhaar.



37. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 2, vraag 23



Oefenvraag examen 2026 tijdvak 2 – vraag 23

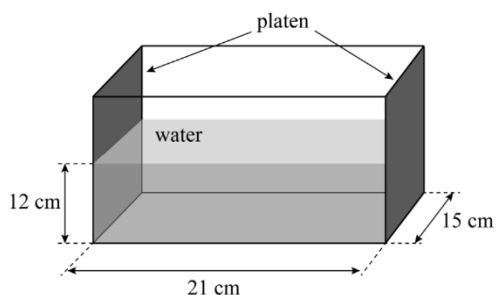
Alysia vult een bak met zout water. Aan twee zijkanten van de bak zijn geleidende platen aangebracht. Zie figuur 1.

Op de platen sluit Alysia drie batterijen van 9,0 V aan die samen een spanningsbron van 27 V vormen. Het water in de bak werkt als weerstand. Alysia meet de stroomsterkte met een stroommeter.

Alysia meet een stroomsterkte van 100 mA.

Bereken de soortelijke weerstand van het water met behulp van gegevens uit figuur 1. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

figuur 1



Maximumscore 5 punten

Het juiste antwoord is:

Uitkomst: $\rho = 23 \, \Omega\text{m}$

voorbeeld van een antwoord:

De weerstand van het water in de bak is gelijk aan

$$\rho = \frac{U}{I} = \frac{27}{100 \cdot 10^{-3}} = 270 \, \Omega.$$

Voor de doorsnede A van het water geldt: $A = b \cdot h = 0,15 \cdot 0,12 = 0,018 \, \text{m}^2$.

Hieruit volgt voor de soortelijke weerstand van het water:

$$\rho = \frac{RA}{\ell} = \frac{270 \cdot 0,018}{0,21} = 23 \, \Omega\text{m}.$$

- gebruik van $U = IR$
- gebruik van $\rho = \frac{RA}{\ell}$
- inzicht dat $A = b \cdot h$ met juiste waarden voor b en h
- completeren van de berekening
- significantie



38. Natuurkunde HAVO 2025, tijdvak 1, vraag 5



Oefenvraag examen 2025 tijdvak 1 – vraag 5

Het materiaal van de stift van een potlood is elektrisch geleidend. Een potloodlijn die op papier getekend is, is daardoor ook elektrisch geleidend en werkt als een draad met weerstand.

Er bestaan verschillende soorten potloden. De stift van ieder potlood bestaat uit een mix van grafiet en vulmiddel. Harde 'H' potloden bevatten veel vulmiddel en weinig grafiet, zachte 'B' potloden bevatten weinig vulmiddel en veel grafiet. De soortelijke weerstand van het vulmiddel is $2,5 \cdot 10^2 \Omega\text{m}$.

Theo en Rob hebben een artikel gelezen over op papier getekende draden en gaan hier onderzoek naar doen. Ze willen een potloodlijn met een zo klein mogelijke weerstand tekenen.

Leg met behulp van het informatieboek uit of Theo en Rob voor een hard (H) of een zacht (B) potlood moeten kiezen.

Maximumscore 3 punt

Voorbeeld van een antwoord:

Voor een zo klein mogelijke weerstand moeten Theo en Rob materiaal kiezen met een zo laag mogelijke soortelijke weerstand. Grafiet heeft een soortelijke weerstand $\rho = 10^{-5} \Omega\text{m}$. Die soortelijke weerstand is veel kleiner dan van het vulmiddel, dus ze moeten een zacht (B) potlood gebruiken.

- inzicht dat de soortelijke weerstand zo klein mogelijk moet zijn
- opzoeken van ρ_{grafiet}
- consequente conclusie



39. Natuurkunde HAVO 2024, tijdvak 2, vraag 7

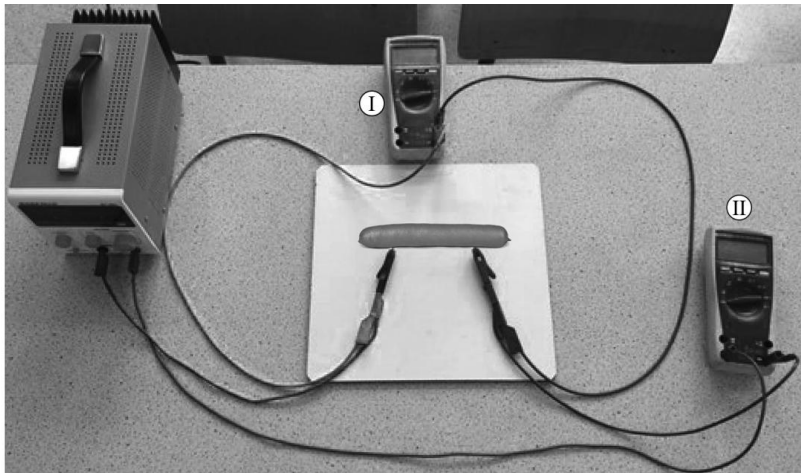


Oefenvraag examen 2024 tijdvak 2 – vraag 7

Lieke onderzoekt of het mogelijk is om een knakworst te verwarmen door er een elektrische stroom doorheen te sturen.

Hiervoor prikt ze twee aansluitpunten in een knakworst en bouwt ze de schakeling van figuur 1.

figuur 1



In de schakeling van figuur 1 zijn twee meters (I en II) opgenomen. Eentje werkt als spanningsmeter, de andere als stroommeter.

Leg op basis van de schakeling in figuur 1 uit welke meter (I of II) de stroommeter is.

Maximumscore 2 punten

Voorbeeld van een antwoord:

- De stroommeter moet in serie zijn aangesloten met de knakworst. Dat is meter II.



40. Natuurkunde HAVO 2026, tijdvak 2, vraag 1



Oefenvraag examen 2026 tijdvak 2 – vraag 1

Een kokendwaterkraan bestaat uit een kraan en een reservoir.
Zie figuur 1.

Het water in het reservoir wordt elektrisch opgewarmd en vervolgens op het kookpunt gehouden. Daardoor kan de kraan behalve koud water (10 °C) en warm water (65 °C) ook kokend water (100 °C) leveren.

In de huisinstallatie wordt als norm aangehouden dat apparaten met een vermogen boven 2,0 kW een eigen groep in de meterkast nodig hebben. Tijdens het gebruik van een bepaald type kokendwaterkraan is de maximale gemeten stroomsterkte gelijk aan 9,2 A bij een spanning van 230 V.

figuur 1



Toon met een berekening aan of deze kokendwaterkraan op een eigen groep moet worden aangesloten.

Maximumscore 2 punten

Voorbeeld van een antwoord:

voorbeeld van een antwoord:

Het vermogen van de kokendwaterkraan is $P = UI = 230 \cdot 9,2 = 2116 \text{ W}$.

Dit is meer dan 2 kW dus de kraan moet op een eigen groep worden aangesloten.

- gebruik van $P = UI$
- completeren van de berekening en consequente conclusie



41. Natuurkunde HAVO 2023, tijdvak 1, vraag 20



Oefenvraag examen 2023 tijdvak 1 – vraag 20

Een hobbyist maakt een zaklamp met een zeer grote lichtsterkte. Hij gebruikt voor de zaklamp meerdere leds. Iedere led heeft een vermogen van $1,0 \cdot 10^2 \text{ W}$ bij een stroomsterkte van $3,0 \text{ A}$. Voor de stroomvoorziening heeft hij de beschikking over 4 accu's die elk een spanning van $11,1 \text{ V}$ leveren. Hij combineert een aantal van deze accu's tot een accupakket.

Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken uit hoeveel losse accu's het accupakket moet bestaan om iedere led op de juiste spanning en het juiste vermogen te laten werken.
- Geef aan of de accu's in serie of parallel moeten worden geschakeld.

Maximumscore 4 punten

Het juiste antwoord is:

Uitkomst: 3 accu's.

Voorbeeld van een antwoord:

Voor de spanning over de led geldt:

$$U = \frac{P}{I} = \frac{1,0 \cdot 10^2}{3,0} = 33,3 \text{ V}$$

Om deze spanning te bereiken zijn $\frac{33,3}{11,1} = 3$ accu's nodig.

De accu's staan in serie.

- Gebruik van $P = UI$.
- Inzicht dat $n_{\text{accu's}} = \frac{U_{\text{led}}}{U_{\text{accu}}}$.
- Completeren van de berekening.
- Keuze voor serie.



42. Natuurkunde HAVO 2019, tijdvak 1, vraag 1



Oefenvraag examen 2019 tijdvak 1 – vraag 1

De Nederlandse marine heeft een artikel uitgebracht over de energievoorziening van marineschepen. In dit artikel wordt de vergelijking gemaakt tussen het elektrisch energieverbruik van een marineschip en dat van huishoudens. Zie figuur 1. Eén huishouden gebruikt per jaar gemiddeld $3,5 \cdot 10^3$ kWh.

figuur 1



Uit deze gegevens volgt dat het elektrisch vermogen van het marineschip $1,2 \cdot 10^6$ W is. Toon dat aan met een berekening.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- $1,2 \cdot 10^6$ W

Voorbeeld van een berekening:

Voor het elektrisch vermogen van het schip geldt:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{3000 \cdot 3,5 \cdot 10^3 \cdot 3,6 \cdot 10^6}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ W}$$



43. Natuurkunde HAVO 2019, tijdvak 1, vraag 4



Oefenvraag examen 2019 tijdvak 1 – vraag 4

In de haven kan een schip aangesloten worden op de elektriciteit aan land, de zogenaamde walstroom. De dieselmotor hoeft dan niet te draaien. Voor een marineschip worden 36 identieke kabels parallel aangesloten tussen land en schip. Er wordt een spanning gebruikt van 440 V om $1,2 \cdot 10^6$ W aan elektrisch vermogen te leveren.

Bereken de stroomsterkte door één van de 36 kabels.

Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- $I_{\text{kabel}} = 76 \text{ A}$

Voorbeeld van een berekening:

Voor de totale stroomsterkte in alle kabels geldt:

$$P_{\text{schip}} = UI_{\text{totaal}} \rightarrow I_{\text{totaal}} = \frac{P_{\text{schip}}}{U} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{440} = 2727 \text{ A.}$$

De 36 kabels zijn parallel aangesloten, dus:

$$I_{\text{kabel}} = \frac{I_{\text{totaal}}}{36} = \frac{2727}{36} = 76 \text{ A.}$$



44. Natuurkunde HAVO 2016, tijdvak 2, vraag 24



Oefenvraag examen 2016 tijdvak 2 – vraag 24

De Airbus E-fan is een klein, tweepersoons elektrisch vliegtuig. Het vliegtuig heeft twee motoren met een vermogen van 4,0 kW per motor. Elke motor heeft een eigen accu, met een spanning van 250 V. De E-fan maakte zijn eerste vlucht op 11 maart 2014 op een luchtshow in Engeland.
Bereken de stroomsterkte die elke accu aan zijn motor levert.

Maximumscore 2 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst: 16 A.

Voorbeeld van een berekening:

Er geldt: $P = UI$. Invullen levert: $4,0 \cdot 10^3 = 250 \cdot I$ zodat $I = \frac{4,0 \cdot 10^3}{250} = 16 \text{ A}$.



45. Natuurkunde HAVO 2017, tijdvak 2, vraag 11



Oefenvraag examen 2017 tijdvak 2 – vraag 11

Een stretchsensor is een sensor die wordt gebruikt om een lichaamsbeweging om te zetten in een computerbeeld. [...] Stretchsensoren worden gebruikt om realistisch bewegende animaties te maken in animatiefilms en games. Hiervoor worden vele stretchsensoren op een pak gezet dat wordt gedragen door een acteur. De elektronica in dit pak heeft een totaal vermogen van 19 W. Het pak wordt van energie voorzien door een 12 V-accu met een capaciteit van 2,0 Ah. Dat betekent dat de accu gedurende 2,0 h een stroomsterkte kan leveren van 1,0 A, gedurende 1,0 h een stroomsterkte van 2,0 A, enzovoort.

Bereken hoeveel uur het pak op deze accu kan werken.



Maximumscore 3 punten

Het juiste antwoord is:

- Uitkomst $t = 1,3$ (h).

Voorbeeld van een berekening:

- Voor de stroomsterkte door het pak geldt: $I = \frac{P}{U} = \frac{19}{12} = 1,58$ A.
- Voor de tijd die het pak dan kan werken, geldt: $t = \frac{\text{capaciteit}}{I} = \frac{2,0}{1,58} = 1,3$ (h).

