



College voor Examens

NATUURKUNDE HAVO

Syllabus centraal examen 2015
(bij het nieuwe examenprogramma)

November 2011 (concept t.b.v. veldraadpleging)

Verantwoording:

© 2011 College voor Examens vwo, havo, vmbo, Utrecht.

Alle rechten voorbehouden. Alles uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Inhoud

Voorwoord	3
1. Inleiding	4
1.1 Natuurkunde in de Tweede Fase	4
1.2 Het centraal Examen natuurkunde	4
1.3 Totstandkoming syllabus.....	4
1.4 Domeinindeling en CE-toekenning	5
2. Specificaties	6
2.1 Toelichting op de specificaties	6
2.1.1 Bekend verondersteld.....	6
2.1.2 Contexten.....	6
2.1.3 Beheersingsniveaus	6
2.1.4 Verschillen en overeenkomsten tussen havo en vwo	7
2.1.5 Opzet van de specificaties bij de globale eindtermen	8
2.2 Specificaties	9
3. Voorbeeldexamenopgaven HAVO	22
Bijlage 1 Examenprogramma havo	56
Bijlage 2 Grootheden- en eenhedenoverzicht	60
Bijlage 3 Examenwerkwoorden bij Natuurkunde	61
Bijlage 4 Vergelijking met het 2007-programma natuurkunde	63
Bijlage 5 Nieuwe Natuurkunde in het centraal examen	64

Voorwoord

De minister heeft het examenprogramma op hoofdlijnen vastgesteld.¹ In het examenprogramma zijn de exameneenheden aangewezen waarover het centraal examen (CE) zich uitstrekt: het CE-deel van het examenprogramma.

Het College voor Examens (CvE) geeft in een syllabus een toelichting op het CE-deel van het examenprogramma. Behalve een beschrijving van de exameneisen voor een centraal examen kan de syllabus verdere informatie over het centraal examen bevatten, bijvoorbeeld over een of meer van de volgende onderwerpen: specificaties van examenstof, begrippenlijsten, bekend veronderstelde onderdelen van domeinen of exameneenheden die verplicht zijn op het schoolexamen, bekend veronderstelde voorkennis uit de onderbouw, bijzondere vormen van examinering (zoals computerexamens), voorbeeldopgaven, toelichting op de vraagstelling, toegestane hulpmiddelen.

Ten aanzien van de syllabus is nog het volgende op te merken. De functie ervan is een leraar in staat te stellen zich een goed beeld te vormen van wat in het centraal examen wel en niet gevraagd kan worden. Naar zijn aard is een syllabus dus niet een volledig gesloten en afgebakende beschrijving van alles wat op een examen zou kunnen voorkomen. Het is mogelijk, al zal dat maar in beperkte mate voorkomen, dat op een centraal examen ook iets aan de orde komt dat niet met zo veel woorden in deze syllabus staat, maar dat naar het algemeen gevoelen in het verlengde daarvan ligt.

Een syllabus is zodoende een hulpmiddel voor degenen die anderen of zichzelf op een centraal examen voorbereiden. Een syllabus kan ook behulpzaam zijn voor de producenten van leermiddelen en voor nascholingsinstanties. De syllabus is niet van belang voor het schoolexamen. Daarvoor zijn door de SLO handreikingen geproduceerd die niet in deze uitgave zijn opgenomen.

Deze conceptsyllabus geldt voor het examenjaar 2015.² Dit concept leggen we voor aan het veld om te achterhalen of de syllabus duidelijk genoeg is, de benodigde informatie bevat ter voorbereiding op de centrale examens en een adequate uitwerking geeft van het CE-deel van het examenprogramma. De resultaten van deze veldraadpleging worden verwerkt in de definitieve syllabus die gepubliceerd zal worden in het voorjaar van 2012.

Heeft u opmerkingen over deze syllabus, dan verwijs ik u naar de veldraadpleging. Aanmelden daarvoor kan via www.cve.nl in de periode 21 november 2011 tot en met 8 januari 2012. Daarna is de veldraadpleging gesloten.

Drs. J. Wooning
clustermanager exacte vakken havo/vwo

¹ Op dit moment zijn de examenprogramma's vastgesteld onder voorbehoud van overladenheid. Definitieve vaststelling geschiedt volgens planning in het voorjaar van 2012.

² Definitief besluit hierover wordt gelijktijdig met het vaststellen van het examenprogramma genomen.

1. Inleiding

Deze syllabus specificeert de eindtermen van het CE-deel van het nieuwe examenprogramma havo voor natuurkunde. In dit verband wordt eerst kort de achtergrond van het nieuwe programma beschreven.

1.1 Natuurkunde in de Tweede Fase

Het vak natuurkunde is een verplicht profielvak in het profiel Natuur en Techniek. Het neemt daar een plaats in naast wiskunde B, scheikunde en één profielkeuzevak, te kiezen uit wiskunde D, biologie, informatica of NLT. In het profiel Natuur en Gezondheid is natuurkunde een profielkeuzevak. In de profielen Economie en Maatschappij en Cultuur en Maatschappij is natuurkunde een keuze-examenvak. Het is aan een school toegestaan om het vak natuurkunde (of gedeelten daarvan, bijvoorbeeld in de vorm van modules) ook in het vrije deel aan te bieden.

De omvang van het vak natuurkunde is voor de havo 400 SLU. Hiervan beslaat het in deze syllabus gespecificeerde CE-deel ongeveer 60%.

1.2 Het centraal examen natuurkunde

De zitting en de zittingsduur van het centraal examen natuurkunde worden gepubliceerd op www.examenblad.nl. Ook de bij het examen toegestane hulpmiddelen worden hier gepubliceerd.

Bij het maken van het centraal examen wordt ernaar gestreefd dat maximaal 60% van het totaal aantal scorepunten door de kandidaat behaald kan worden met vragen waarbij voor het antwoord een expliciete berekening noodzakelijk is (d.w.z. dat een afschatting niet volstaat).³

1.3 Totstandkoming syllabus

De voorliggende syllabus hoort bij het nieuwe natuurkundeprogramma, waarvan het eerste landelijke examen zal plaatsvinden in 2015. Zie bijlage 5 voor meer informatie over dit nieuwe programma.

De syllabus voor natuurkunde is afgestemd met die voor scheikunde en biologie voor wat betreft de inhoudsopgave en de specificaties van het A-domein. Verder zijn er afspraken gemaakt tussen de syllabuscommissies biologie, natuurkunde en scheikunde ten aanzien van de omgang met voorkennis, contexten, wendbaarheid en beheersingsniveaus. Ook met de syllabuscommissies wiskunde A en wiskunde B zijn gesprekken gevoerd over de inhoud van de natuurkundesyllabus.

³ Dit verschilt overigens niet van de gangbare praktijk bij de examens natuurkunde voor havo.

1.4 Domeinindeling en CE-toekenning

Het examenprogramma staat in bijlage 1. Het betreft hier het programma met globale eindtermen, waarvan het CE-deel in hoofdstuk 2 van deze syllabus nader wordt gespecificeerd.

In dit hoofdstuk staat vermeld welke subdomeinen op het centraal examen geëxamineerd zullen worden.

Het examenprogramma voor havo bestaat uit de volgende domeinen en subdomeinen:

Domein		Subdomein		in CE	moet in SE	mag in SE
A	Vaardigheden	A1	Informatievaardigheden gebruiken	X	X	
		A2	Communiceren	X	X	
		A3	Reflecteren op leren	X	X	
		A4	Studie en beroep	X	X	
		A5	Onderzoeken	X	X	
		A6	Ontwerpen	X	X	
		A7	Modelvorming	X	X	
		A8	Natuurwetenschappelijk instrumentarium	X	X	
		A9	Waarderen en oordelen	X	X	
		A10	Kennisontwikkeling en -toepassing	X	X	
		A11	Technisch-instrumentele vaardigheden	X	X	
		A12	Rekenkundige en wiskundige vaardigheden	X	X	
		A13	Vaktaal	X	X	
		A14	Vakspecifiek gebruik van de computer	X	X	
		A15	Kwantificeren en interpreteren	X	X	
B	Beeld- en geluidstechniek	B1	Informatieoverdracht	X		X
		B2	Medische beeldvorming	X		X
		B3*	Optica		bk*	
C	Beweging en energie	C1	Kracht en beweging	X		X
		C2	Energieomzettingen	X		X
D	Materialen	D1	Eigenschappen van stoffen en materialen	X		X
		D2	Functionele materialen		X	
E	Aarde en heelal	E1	Zonnestelsel en heelal	X		X
		E2*	Aarde en klimaat		bk*	
F*	Menselijk lichaam				bk*	
G	Meten en regelen	G1	Gebruik van elektriciteit	X		X
		G2*	Technische automatisering		bk*	
H	Natuurkunde en technologie			X		X
I	Onderzoek en ontwerp	I1	Experiment		X	
		I2	Modelstudie		X	
		I3	Ontwerp		X	

* bk = beperkte keuze: uit deze vier (sub)domeinen worden er twee gekozen.

Let op: D2 en I zijn verplicht voor het SE.

2. Specificaties

2.1 Toelichting op de specificaties

2.1.1 Bekend verondersteld

Per domein is aangegeven wat bekend wordt verondersteld bij het betreffende domein. Het kan daarbij gaan om 'voorkennis' uit de natuurkunde of om 'nevenkennis' uit andere vakken, zoals wiskunde en scheikunde. Natuurkundige voorkennis wordt verondersteld in de onderbouw of in de voorbereiding op het SE behandeld te zijn. Nevenkennis uit andere vakken kan leerstof uit de onderbouw of uit de bovenbouw betreffen. Voor havo en vwo is dezelfde voorkennis aangegeven. Voorkennis die bij een domein vermeld staat, kan ook voor andere domeinen relevant zijn.

De als "bekend verondersteld" aangeduide leerstof dient geïnterpreteerd te worden in het licht van de daarop volgende subdomeinen: het kan gaan om deelkennis van in de specificaties opgenomen leerstof, waarvan aangenomen mag worden dat deze al in de onderbouw of in de voorbereiding op het SE behandeld is, dan wel om onderdelen uit de onderbouw of uit andere vakken die nodig kunnen zijn bij de bevraging van de betreffende subdomeinen, maar die niet expliciet in de specificaties bij die domeinen vermeld worden. Deze voorkennis of nevenkennis kan dan ook altijd aan een van de daaropvolgende specificaties worden gerelateerd.

De voorkennis en nevenkennis wordt verondersteld geen deel uit te maken van de onderwijstijd (60% van de totale studielast) die voor het CE-deel beschikbaar is.

Voorbeeld:

Dichtheid is bij vwo opgenomen bij de bekend veronderstelde leerstof en niet in een van de CE-specificaties. Bij het maken van vragen op het CE kan het nodig zijn om het begrip dichtheid te hanteren in een vraag over één of meer specificaties uit de betreffende syllabus.

2.1.2 Contexten

Het begrip *context* wordt door de bètavernieuwingscommissies gedefinieerd als de omgeving waarin leren plaatsvindt, een situatie of probleemstelling die voor leerlingen betekenis heeft of krijgt door de uit te voeren (leer)activiteiten⁴. Contexten geven betekenis aan concepten.

Bij een aantal specificaties is aangegeven in welke context(en) de vakbegrippen minimaal gekend moeten worden. In sommige gevallen volgt deze context direct uit de eindterm (zoals bijvoorbeeld bij subdomein B2, medische beeldvorming), in andere gevallen is de context toegevoegd uit andere overwegingen.

Contexten die in de syllabus vermeld staan, worden op het centraal examen bekend verondersteld. Vragen binnen deze context hebben niet veel toelichting nodig.

Van de kandidaten wordt verwacht dat ze vakbegrippen *wendbaar* kunnen toepassen. Dat wil zeggen dat ze bij het CE de betreffende kennis ook in andere contexten en situaties kunnen toepassen, mits de bij een vraag aangeboden informatie voldoende houvast biedt voor een correcte beantwoording van die vraag.

2.1.3 Beheersingsniveaus

Om het vereiste beheersingsniveau voor specificaties aan te geven is gebruik gemaakt van de indeling in *cognitive domains*, opgesteld door en gehanteerd binnen het internationale TIMSS-onderzoek (Trends in Mathematics and Science Studies). Binnen dit onderzoek worden drie niveaus

⁴ Bron: Boersma et al., 2003. De relatie tussen context en concept.
Downloadbaar via: http://www.betanova.nl/downloads/relatie__context__concept.pdf

onderscheiden, gebaseerd op wat kandidaten moeten weten en doen, wanneer ze geconfronteerd worden met de opgaven uit de TIMSS-toets.

Deze drie beheersingsniveaus kunnen als volgt worden omschreven:

1. Het eerste niveau (weten) omvat feiten, procedures en concepten die kandidaten moeten kennen voor een stevige basis in de natuurkunde.
2. Het tweede niveau (gebruiken) focust op de vaardigheid van de kandidaat om kennis en conceptueel begrip toe te passen in bekende of eenvoudige, recht-toe-recht-aan situaties en contexten. De vraagstellingen van dit niveau vereisen een beperkt aantal stappen om tot een oplossing te komen.
3. Het derde niveau (redeneren) gaat verder dan het oplossen van standaardproblemen. Het omvat vraagstellingen over complexe of onbekende situaties of contexten en vraagstellingen waarbij een groter aantal stappen nodig is om tot een oplossing te komen.

In de specificaties wordt om het beheersingsniveau aan te duiden *geen* gebruik gemaakt van speciale *handelingswerkwoorden*. Wanneer bij een specificatie geen niveau is aangegeven, wordt van de kandidaat beheersing op niveau 3 verondersteld. Bij een beperkt aantal specificaties is het maximale beheersingsniveau tot niveau 2 beperkt. In dat geval is het beheersingsniveau expliciet vermeld.

Toetsing op het centraal examen vindt plaats op het maximale beheersingsniveau of op een lager niveau. Dus ook over specificaties op niveau 3 kunnen korte kennisvragen (niveau 1) of toepassingsvragen (niveau 2) worden gesteld.

2.1.4 Verschillen en overeenkomsten tussen havo en vwo

Sommige (sub)domeinen zijn specifiek voor havo of vwo, andere (sub)domeinen overlappen. Bij de overlappende subdomeinen is geprobeerd de omschrijvingen zoveel mogelijk gelijklopend te maken, zodat daar waar de omschrijvingen verschillend zijn ervan uit kan worden gegaan dat voor havo en vwo verschillende eisen worden gesteld.

De verschillen tussen havo en vwo betreffen:

1. De inhoud
Er zijn inhoudelijke verschillen tussen de specificaties voor havo en vwo: andere begrippen, contexten en formules.
2. Het wiskundig karakter
Van vwo-kandidaten wordt voor meer specificaties een wiskundige beschrijving verlangd dan van havo-kandidaten.
3. De notatie
De gekozen notaties zijn bij vwo formeler dan bij havo.
 - Bij de havo wordt niet gebruik gemaakt van vectornotatie, bij het vwo wel (overigens alleen waar de richting van de vector van belang is; bij vectorgrootheden die genoteerd staan zonder vectornotatie wordt alleen de grootte van de vector bedoeld).
 - Bij vwo wordt gebruik gemaakt van het sommatieteken in formules, bij havo niet.
 - Bij vwo wordt gebruik gemaakt van differenties, bij havo niet.

2.1.5 Opzet van de specificaties bij de globale eindtermen

Iedere domeinspecificatie is op dezelfde wijze opgezet.

Domein

Bekend verondersteld:

De leerling kan:

Vaardigheden die de leerling moet beheersen, ook formules waarmee gerekend moet kunnen worden

- ...

De leerling kent:

Beschrijvende kennis

- de volgende verschijnselen:
- de volgende begrippen:
- de volgende grootheden met bijbehorende eenheid:
- de volgende verbanden:
- de volgende toepassingen:

Subdomein+naam

Eindterm

Eindterm uit het examenprogramma

Specificaties

De kandidaat kan:

- x. *Specificatie*
 - (Evt.) verdere beperking/afbakening of nadere aanduiding
 - Vakbegrippen:
Bij grootheden wordt altijd de bijbehorende eenheid bekend verondersteld, zie ook bijlage 2
 - (Evt.) minimaal in de context(en)
Contexten waarin de vakkennis minimaal moet kunnen worden toegepast
- y. *Specificatie*
 - (Evt.) verdere beperking/afbakening
 - Vakbegrippen:
Bij grootheden wordt altijd de bijbehorende eenheid bekend verondersteld, zie ook bijlage 2
 - (Evt.) minimaal in de context(en)
Contexten waarin de vakkennis minimaal moet kunnen worden toegepast
- z. *Specificatie ...*

De volgende formules horen bij deze specificaties:

Opsomming van bij de specificaties behorende formules.

2.2 Specificaties

Domein A. Vaardigheden

De vaardigheden zijn onderverdeeld in drie categorieën:

Subdomeinen A1 t/m A4: Algemene vaardigheden — profieloverstijgend niveau;

Subdomeinen A5 t/m A9: Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden — bètaprofielniveau;

Subdomeinen A10 t/m A15: Natuurkundige vakvaardigheden.

De eerste categorie met algemene, profieloverstijgende vaardigheden worden in deze syllabus niet verder gespecificeerd. De specificaties van de subdomeinen A5 t/m A9 zijn afgestemd met de syllabuscommissies scheikunde en biologie.

Voor een aantal vaardigheden (A5 t/m A7) geldt dat zij gedeeltelijk bestaan uit onderdelen die niet op het centraal examen getoetst zullen worden. Omwille van de volledigheid, zijn deze onderdelen wel in de specificatie opgenomen, maar *cursief en grijs* afgedrukt. *De betreffende specificaties gelden dus niet voor het centraal examen.*

Subdomein A1. Informatievaardigheden gebruiken

Eindterm

De kandidaat kan doelgericht informatie zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

Geen nadere specificatie voor het vak natuurkunde

Subdomein A2. Communiceren

Eindterm

De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal in het publieke domein communiceren over onderwerpen uit het desbetreffende vakgebied.

Geen nadere specificatie voor het vak natuurkunde

Subdomein A3. Reflecteren op leren

Eindterm

De kandidaat kan bij het verwerven van vakkennis en vakvaardigheden reflecteren op eigen belangstelling, motivatie en leerproces.

Geen nadere specificatie voor het vak natuurkunde

Subdomein A4. Studie en beroep

Eindterm

De kandidaat kan aangeven op welke wijze natuurwetenschappelijke kennis in studie en beroep wordt gebruikt en kan mede op basis daarvan zijn belangstelling voor studies en beroepen onder woorden brengen.

Geen nadere specificatie voor het vak natuurkunde

Subdomein A5. Onderzoeken

Eindterm

De kandidaat kan in contexten instructies voor onderzoek op basis van vraagstellingen uitvoeren en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Specificatie

De kandidaat kan gebruik makend van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden:

1. *een natuurwetenschappelijk probleem herkennen;*
2. *een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een (of meer) onderzoeksvra(a)g(en);*
3. verbanden leggen tussen een onderzoeksvraag en natuurwetenschappelijke kennis;
4. waar nodig een hypothese opstellen bij een onderzoeksvraag en verwachtingen formuleren;
5. een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een (of meer) onderzoeksvra(a)g(en);
6. *voor de beantwoording van een onderzoeksvraag relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen;*
7. meetgegevens verwerken en presenteren op een wijze die helpt bij de beantwoording van een onderzoeksvraag;
8. op grond van verzamelde gegevens van een uitgevoerd onderzoek conclusies trekken die aansluiten bij de onderzoeksvra(a)g(en) van het onderzoek;
9. de uitvoering van een onderzoek en de conclusies evalueren, gebruik makend van de begrippen validiteit, nauwkeurigheid, reproduceerbaarheid en betrouwbaarheid;
10. *een natuurwetenschappelijk onderzoek presenteren.*

Subdomein A6. Ontwerpen

Eindterm

De kandidaat kan in contexten op basis van een gesteld probleem een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen hanteren.

Specificatie

De kandidaat kan gebruik makend van relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen:

1. *een technisch-ontwerpprobleem analyseren en beschrijven;*
2. voor een ontwerp een programma van eisen en wensen opstellen;
3. verbanden leggen tussen natuurwetenschappelijke kennis en taken en eigenschappen van een ontwerp;
4. verschillende (deel)uitwerkingen geven voor taken en eigenschappen van een ontwerp;
5. *een beargumenteerd ontwerpvoorstel doen voor een ontwerp, rekening houdend met het programma van eisen, prioriteiten en randvoorwaarden;*
6. *een prototype van een ontwerp bouwen;*
7. een ontwerpproces en -product *testen en* evalueren, rekening houdend met het programma van eisen;
8. voorstellen doen voor verbetering van een ontwerp;
9. *een ontwerpproces en -product presenteren.*

Subdomein A7. Modelvorming

Eindterm

De kandidaat kan in contexten een probleem analyseren, een adequaat model selecteren, en modeluitkomsten genereren en interpreteren. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Specificatie

De kandidaat kan gebruik makend van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden:

1. relevante grootheden en relaties in een probleemsituatie identificeren en selecteren;
2. door het doen van aannamen en het maken van vereenvoudigingen een natuurwetenschappelijk probleem inperken tot een onderzoekbare vraagstelling;
3. *bij een natuurwetenschappelijk probleem een model selecteren dat geschikt is om het probleem te bestuderen;*
4. *een beargumenteerde schatting maken voor parameterwaarden van een model op basis van gegevens;*

5. toetsbare verwachtingen formuleren over het gedrag van een model;
6. een model met een geschikte tijdstap doorrekenen;
7. een model evalueren op basis van uitkomsten, verwachtingen en (meet)gegevens;
8. een modelstudie presenteren.

Subdomein A8. Natuurwetenschappelijk instrumentarium

Eindterm

De kandidaat kan in contexten een voor de natuurwetenschappen relevant instrumentarium hanteren, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; daarbij gaat het om instrumenten voor dataverzameling en -bewerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen⁵.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. informatie verwerven en selecteren uit schriftelijke, mondelinge en audiovisuele bronnen mede met behulp van ICT,
 - gegevens halen uit grafieken, tabellen, tekeningen, simulaties, schema's en diagrammen;
 - grootheden, eenheden, symbolen, formules en gegevens opzoeken in geschikte tabellen;
2. informatie, gegevens en meetresultaten analyseren, weergeven en structureren in grafieken, tekeningen, schema's, diagrammen en tabellen mede met behulp van ICT;
3. uitleggen wat bedoeld wordt met de significantie van meetwaarden en uitkomsten van berekeningen weergeven in het juiste aantal significante cijfers,
 - bij het optellen en aftrekken van meetwaarden wordt de uitkomst gegeven met evenveel cijfers achter de komma als de gegeven meetwaarde met het kleinste aantal cijfers achter de komma;
 - bij het delen en vermenigvuldigen wordt de uitkomst gegeven in evenveel significante cijfers als de gegeven meetwaarde met het kleinste aantal significante cijfers;
 - gehele getallen die verkregen zijn door discrete objecten te tellen, vallen niet onder de regels van significante cijfers (dit geldt ook voor wiskundige constanten en geldbedragen);
4. aangeven met welke technieken en apparaten de belangrijkste grootheden uit de natuurwetenschappen worden gemeten;
5. verantwoord omgaan met materialen, instrumenten, organismen en milieu.

Subdomein A9. Waarderen en oordelen

Eindterm

De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. een beargumenteerd oordeel geven over een situatie waarin natuurwetenschappelijke kennis een belangrijke rol speelt, dan wel een beargumenteerde keuze maken tussen alternatieven bij vraagstukken van natuurwetenschappelijke aard;
2. onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen;
3. feiten met bronnen verantwoorden;
4. de betrouwbaarheid beoordelen van informatie en de waarde daarvan vaststellen voor de beantwoording van het betreffende vraagstuk.

Subdomein A10. Kennisontwikkeling en -toepassing

Eindterm

De kandidaat kan in contexten analyseren op welke wijze natuurkundige en technologische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

⁵ Zie voor de specificaties van de rekenkundige bewerkingen vaardigheid A12.

Geen nadere specificatie

Subdomein A11. Technisch-instrumentele vaardigheden

Eindterm

De kandidaat kan op een verantwoorde wijze omgaan met voor de natuurkunde relevante materialen, instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. gebruik maken van kennis over materialen, meetinstrumenten en apparaten voor het uitvoeren van experimenten en technisch ontwerpen met betrekking tot de in de domeinen genoemde vakinhoud,
 - in elk geval de volgende materialen, meetinstrumenten en apparaten:
 - meetlint, maatglas, stopwatch en weegschaal;
 - stemvork, toongenerator, luidspreker, microfoon, oscilloscoop, GM-teller;
 - krachtmeter, hefboom, luchtkussenbaan, videocamera (videometen), sensor en computer, lichtpoortje, stroboscoop;
 - (vloeistof)thermometer, joulemeter, brekingslichaam, optische schijf, veer;
 - prisma, filters, planetarium, spectroscop;
 - elektroscop, voedingsapparaat, schuifweerstand, stroommeter, spanningsmeter, kWh-meter.

Subdomein A12. Rekenkundige en wiskundige vaardigheden

Eindterm

De kandidaat kan een aantal voor de natuurkunde relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden correct en geroutineerd toepassen bij voor de natuurkunde specifieke probleemsituaties.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. basisrekenvaardigheden uitvoeren,
 - rekenen met verhoudingen, procenten, breuken, machten en wortels;
 - de omtrek en de oppervlakte berekenen van een cirkel, een driehoek en een rechthoek;
 - het volume berekenen van een balk en een cilinder;
2. wiskundige technieken toepassen,
 - omwerken van wiskundige betrekkingen;
 - redeneren met evenredigheden;
 - oplossen van lineaire vergelijkingen;
 - toepassen van de functies: a^x en x^n ;
 - in een rechthoekige driehoek met twee zijdes of met één zijde en één hoek gegeven, de overige zijdes en hoeken uitrekenen, gebruik makend van sinus, cosinus, tangens en de stelling van Pythagoras;
 - grafisch optellen en ontbinden van vectoren;
 - grafieken tekenen bij een gegeven meetserie;
 - functievoorschriften opstellen van lineaire verbanden;
 - grafieken tekenen met behulp van een functievoorschrift;
 - aflezen van diagrammen, waaronder diagrammen met asonderbrekingen;
 - interpoleren en extrapoleren in diagrammen en tabellen;
 - tekenen van de raaklijn aan een kromme en de steilheid bepalen;
 - de oppervlakte onder een grafiek bepalen;
3. berekeningen uitvoeren met bekende grootheden en relaties en daarbij de juiste formules en eenheden hanteren,
 - formules zoals vermeld bij de vakinhoudelijke subdomeinen;
 - substitueren van formules;
 - in natuurkundige formules eenheden afleiden en controleren.

Subdomein A13. Vaktaal

Eindterm

De kandidaat kan de specifieke vaktaal en vakterminologie interpreteren en produceren, waaronder formuletaal, conventies en notaties.

Geen nadere specificatie (Zie A8)

Subdomein A14. Vakspecifiek gebruik van de computer

Eindterm

De kandidaat kan de computer gebruiken bij modelleren en visualiseren van verschijnselen en processen, en voor het verwerken van gegevens.

Geen nadere specificatie (Zie A8)

Subdomein A15. Kwantificeren en interpreteren

Eindterm

De kandidaat kan fysische grootheden kwantificeren en mathematische uitdrukkingen in verband brengen met relaties tussen fysische begrippen.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. gebruik maken van beredeneerde schattingen voor onbekende grootheden bij het oplossen van natuurkundige vraagstukken;
2. vooraf de orde van grootte van een grootheid of uitkomst inschatten en achteraf beoordelen in hoeverre de uitkomst van een vraagstuk juist kan zijn;
3. redeneren met natuurkundige verbanden.

Domein B. Beeld- en geluidstechniek

Bekend verondersteld:

De leerling kan:

- eenvoudige berekeningen maken met $f = \frac{1}{T}$
- frequenties bepalen uit een oscillogram.

De leerling kent:

- de volgende verschijnselen:
 - geluid, in de context van spraak en muziek;
 - echo;
 - kleurschifting in een prisma;
 - het spectrum van elektromagnetische straling, zichtbaar licht, ultraviolet, infrarood en radiogolven;
 - ioniserende straling, radioactief verval en röntgenstraling;
- de volgende grootheden met bijbehorende eenheden:
 - geluidsniveau, trillingstijd, frequentie;
- de volgende verbanden:
 - het verband tussen de amplitude van een oscillogram en de geluidsstrekte van de geregistreerde toon;
 - het verband tussen de frequentie van een oscillogram en de toonhoogte van de geregistreerde toon.

Subdomein B1. Informatieoverdracht

Eindterm

De kandidaat kan in contexten eigenschappen van trillingen en golven gebruiken bij het analyseren en verklaren van onder andere informatieoverdracht.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. trillingsverschijnselen analyseren,
 - vakbegrippen: uitwijking, amplitude, trillingstijd, frequentie, periode, harmonische trilling, eigenfrequentie, resonantie;
2. golfverschijnselen analyseren,
 - vakbegrippen: lopende golf, golflengte, voortplantingssnelheid, geluidssnelheid, lichtsnelheid, transversaal, longitudinaal;
3. uit (u,t) en (u,x) -diagrammen de fysische eigenschappen (zie specificaties 1 en 2) van de trillingen en golven bepalen,
 - minimaal in de context: cardiogram;
4. het verschijnsel staande golf uitleggen en het verband tussen de golflengte en de lengte van het trillende medium met behulp van een tekening toelichten,
 - vakbegrippen: knoop, buik, golflengte, grondtoon, boventoon;
 - minimaal in de context: muziekinstrumenten;
5. [niveau 2] informatieoverdracht tussen een zender en ontvanger uitleggen,
 - vakbegrippen: radiogolf, draaggolf, amplitudemodulatie, frequentiemodulatie, bandbreedte, kanaalscheiding;
 - minimaal in de context: telecommunicatie (GSM, tv, radio).

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$f = \frac{1}{T} \quad v = f\lambda$$

Subdomein B2. Medische beeldvorming

Eindterm

De kandidaat kan ten minste in de context van medische beeldvorming eigenschappen van ioniserende straling en de effecten van deze straling op mens en milieu beschrijven. Ook kan de kandidaat medische beeldvormingstechnieken beschrijven en analyseren aan de hand van fysische principes, deze principes gebruiken in andere contexten en de diagnostische functie van de beeldvormingstechnieken voor de gezondheid toelichten.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. emissie, voortplanting en absorptie van elektromagnetische straling uitleggen en de verbanden tussen fotonenergie en frequentie en tussen lichtsnelheid, frequentie en golflengte gebruiken,
 - vakbegrippen: elektromagnetische golf, foton, golflengte, voortplantingssnelheid, frequentie, energie, absorptie, emissie;
 - minimaal in de context: medisch diagnostisch gebruik van röntgenstraling;
2. de verschillende soorten ioniserende straling, hun ontstaan en hun eigenschappen benoemen, evenals de risico's van deze soorten straling voor mens en milieu, en berekeningen maken met (equivalente) dosis,
 - de definitie van activiteit als afname van het aantal moederkernen per tijdseenheid gebruiken;
 - vakbegrippen: stralingsbron, radioactief verval, isotoop, kern, proton, neutron, elektron, reactievergelijking, atoomnummer, massagetal, atomaire massa-eenheid, ioniserend en doordringend vermogen, dracht, röntgenstraling, α -, β - en γ -straling, kosmische straling, achtergrondstraling, bestraling, besmetting, stralingsdosis, stralingsweefactor, equivalente dosis, effectieve totale lichaamsdosis in relatie tot stralingsbeschermingsnormen, dosimeter;
 - minimaal in de contexten: nucleaire diagnostische geneeskunde, stralingsbescherming;
3. problemen oplossen waarbij de halveringstijd of halveringsdikte een rol speelt,
 - berekeningen maken alleen bij een geheel aantal halveringstijden of halveringsdiktes;
 - vakbegrippen: doorlaatkromme, vervalkromme, intensiteit;
 - minimaal in de context: medische diagnostiek;

4. [niveau 2] voor onderstaande medische beeldvormingstechnieken aan de hand van de achterliggende natuurkunde uitleggen waarvoor deze techniek geschikt is, voor- en nadelen van de techniek benoemen en op grond daarvan in gegeven situaties een keuze voor een techniek beargumenteren,
 - beeldvormingstechnieken: röntgenopname, CT-scan, MRI-scan, echografie en nucleaire diagnostiek;
 - vakbegrippen: magnetisch veld, radiogolf, ultrasone geluidsgolf, geluidssnelheid, breking, terugkaatsing, dopplereffect (bij echografie);
5. [niveau 2] in de context van medische beeldvorming uitleggen hoe digitaal opgeslagen beeldinformatie verwerkt kan worden tot zichtbare beelden,
 - vakbegrippen: pixel, beeldkwaliteit, ruisonderdrukking, verbetering van contrast, 'valse' kleur.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$A \equiv -\frac{\Delta N}{\Delta t}, \text{ onder de aanname dat } A \text{ constant is gedurende } \Delta t$$

$$E_f = hf \quad c = \lambda f$$

$$D = \frac{E}{m} \quad H = w_R D \quad A = N + Z$$

$$A = A_0 \left(\frac{1}{2} \right)^n \text{ met } n = \frac{t}{t_{1/2}}, \text{ berekeningen alleen als } n \text{ een geheel getal is}$$

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2} \right)^n \text{ met } n = \frac{t}{t_{1/2}}, \text{ berekeningen alleen als } n \text{ een geheel getal is}$$

$$I = I_0 \left(\frac{1}{2} \right)^n \text{ met } n = \frac{d}{d_{1/2}}, \text{ berekeningen alleen als } n \text{ een geheel getal is}$$

Domein C. Beweging en energie

Bekend verondersteld:

De leerling kan:

- eenvoudige berekeningen maken met de volgende formules:

$$s = vt \quad F = Cu$$
- de volgende krachten herkennen en benoemen: veerkracht, zwaartekracht, wrijvingskracht,
- plaats-tijddiagrammen en snelheid-tijddiagrammen interpreteren: aflezen en beschrijven van bewegingen.

De leerling kent:

- de volgende verschijnselen:
 - kracht als oorzaak van bewegingsverandering;
 - wrijving;
 - hefboomwerking;
- de volgende begrippen:
 - energie, energieomzetting en energiebehoud;
 - energieopslag;
- de volgende grootheden met bijbehorende eenheden:
 - afstand, snelheid, gemiddelde snelheid;
 - kracht;
 - veerconstante, uitrekking;
 - energie.

Subdomein C1. Kracht en beweging

Eindterm

De kandidaat kan in contexten de relatie tussen kracht en bewegingsveranderingen analyseren en verklaren met behulp van de wetten van Newton.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. berekeningen maken aan rechte lijnige bewegingen met constante snelheid (eenparige rechte lijnige bewegingen);
2. eigenschappen van bewegingen bepalen aan de hand van plaats-tijd diagrammen en snelheid-tijd diagrammen,
 - de volgende bewegingen herkennen: eenparige rechte lijnige beweging, eenparig versnelde of vertraagde beweging, vrije val, valbeweging met wrijving;
 - uit een (x,t) -diagram de gemiddelde snelheid bepalen;
 - uit een (x,t) -diagram de snelheid (op een bepaald moment) bepalen, zo nodig met behulp van een raaklijn;
 - uit een (v,t) -diagram de versnelling (op een bepaald moment) bepalen zo nodig met behulp van een raaklijn;
 - uit een (v,t) -diagram de verplaatsing en de gemiddelde snelheid bepalen met behulp van de oppervlakte;
 - vakbegrippen: plaats, verplaatsing, tijd, (gemiddelde) snelheid, (val)versnelling;
3. krachten op een systeem aan de hand van een vectortekening analyseren, waaronder het samenstellen van en ontbinden in componenten met behulp van een parallellogram en het bepalen van grootte en/of richting van krachten uit een vectortekening,
 - vakbegrippen: grootte, richting, zwaartekracht, schuifwrijvingskracht, rolwrijvingskracht, luchtweerstandskracht, normaalkracht, spankracht, spierkracht, veerkracht;
4. de eerste wet van Newton uitleggen en toepassen op eenparige rechte lijnige bewegingen en rust;
5. de tweede wet van Newton uitleggen en toepassen,
 - vakbegrippen: resulterende kracht, massa;
6. de momentenwet toepassen op stilstaande voorwerpen waarop twee krachtmomenten in evenwicht zijn,
 - vakbegrippen: krachtmoment, zwaartepunt, aangrijpingspunt, drager/werklijn;
 - minimaal in de context: menselijk lichaam.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$s = vt, \text{ met } v \text{ constant}$$

$$v_{\text{gem}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}} \quad a = \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_{\text{raaklijn}}$$

$$F_z = mg \quad F_v = Cu$$

$$F_{\text{res}} = ma$$

$$M = Fr \quad M_{\text{linksom}} = M_{\text{rechtsom}}$$

Subdomein C2. Energieomzettingen

Eindterm

De kandidaat kan in contexten de begrippen energiebehoud, rendement, arbeid en warmte gebruiken om energieomzettingen te beschrijven en te analyseren.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. berekeningen maken met betrekking tot kracht, verplaatsing, arbeid, snelheid en vermogen, alleen in situaties waarbij de richting van de kracht evenwijdig is aan de verplaatsing,
2. de wet van behoud van energie en de relatie tussen arbeid en kinetische energie toepassen op bewegingen,
 - minimaal de bewegingen: vrije val, valbeweging met wrijving en verticale worp;
 - vakbegrippen: kinetische energie, zwaarte-energie;
3. energieomzettingen bij bewegingen analyseren,
 - vakbegrippen: chemische energie, stookwaarde, voedingswaarde, warmte, rendement, wrijvingsarbeid;
 - minimaal in de contexten: energiegebruik en energiebesparing in het verkeer, de bewegende mens.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$W = F_S$$

$$P = \frac{\Delta E}{t} \quad P = \frac{W}{t} \quad P = Fv$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad E_z = mgh$$

$$W_{\text{tot}} = \Delta E_k \quad E_{\text{tot,in}} = E_{\text{tot,uit}}$$

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$$

Domein D. Materialen

Bekend verondersteld:

De leerling kan:

- eenvoudige berekeningen maken met de volgende formules:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad p = \frac{F}{A}$$

De leerling kent:

- de volgende verschijnselen:
 - warmtetransport door stroming, straling en geleiding;
 - het moleculaire model van materie;
 - de structuur van het atoom, bestaande uit een kern en elektronen;
 - licht, breking en reflectie;
- de volgende begrippen:
 - fasen, faseovergang, molecuul, atoom, kern, elektronen;
- de volgende grootheden met bijbehorende eenheid:
 - dichtheid, massa, volume, temperatuur, druk;
- het verband tussen temperatuur en moleculaire beweging.

Subdomein D1. Eigenschappen van materialen

Eindterm

De kandidaat kan in contexten fysische eigenschappen van stoffen en materialen beschrijven en verklaren met behulp van atomaire en moleculaire modellen.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. het moleculaire model van materie gebruiken bij het verklaren van fasen en faseovergangen,
 - vakbegrippen: gas, vloeistof, vaste stof, smelten, ontdooien, stollen, bevriezen, verdampen, condenseren, sublimeren, rijpen;
2. warmtetransport verklaren met behulp van materiemodellen,
 - temperatuur beschrijven in termen van beweging van deeltjes;
 - gebruik maken van de definitie van soortelijke warmte als de hoeveelheid energie die nodig is om een kilogram van een stof een Kelvin in temperatuur te verhogen;
 - uitleggen dat de hoeveelheid warmte die per seconde door een wand gaat (de warmtestroom) recht evenredig is met de thermische geleidbaarheid van de stof waarvan de wand gemaakt is, de oppervlakte van de wand en het temperatuurverschil over de wand en omgekeerd evenredig met de dikte van de wand en eenvoudige berekeningen maken met het verband tussen deze grootheden;
 - vakbegrippen: geleiding, stroming, straling, soortelijke warmte, warmtegeleidingscoëfficiënt, temperatuurverschil;
 - minimaal in de context: energiebesparing door isolatie;
3. de onderlinge verbanden tussen thermische geleidbaarheid, elektrische geleidbaarheid, dichtheid en soortelijke warmte beschrijven,
 - vakbegrip: elektron;
4. de wet van Hooke toepassen en spanning-rekdiagrammen interpreteren in termen van elastische en plastische vervorming,
 - vakbegrippen: spanning, rek, maximale mechanische spanning bij plastische vervorming (treksterkte), veerconstante;
5. uitleggen hoe licht door een glasvezelkabel getransporteerd wordt,
 - het verband uitleggen tussen de grenshoek en de brekingsindex;
 - vakbegrippen: breking, brekingsindex, grenshoek, totale terugkaatsing;
6. [niveau 2] voorbeelden geven van toepassingen van biomaterialen, smart materials en coatings aan de hand van hun fysische eigenschappen.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$c \equiv \frac{Q}{m\Delta T}$$

$$P = kA \frac{\Delta T}{d}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad C = \frac{F}{u}$$

Domein E. Aarde en heelal

Bekend verondersteld:

De leerling kent:

- de volgende verschijnselen:
 - beeldvorming door een positieve lens;
 - de opbouw van ons zonnestelsel: zon, maan en planeten;
- de volgende grootheid met bijbehorende eenheid: vergroting.

Subdomein E1. Zonnestelsel en heelal

Eindterm

De kandidaat kan het ontstaan en de ontwikkeling van structuren in het heelal beschrijven en bewegingen in het zonnestelsel analyseren en verklaren aan de hand van fysische principes. De kandidaat kan deze principes ook gebruiken in andere contexten.

Specificatie

De kandidaat kan:

- [niveau 2] het ontstaan en de structuur van het zonnestelsel beschrijven en verklaren,
 - waarnemingen van maanfasen en de hemelbaan van zon, maan en sterren interpreteren;
 - vakbegrippen: zon, planeet, maan, komeet, meteoriet;
- cirkelbewegingen met constante baansnelheid (eenparige cirkelbewegingen) analyseren,
 - berekeningen met de middelpuntzoekende kracht alleen in situaties waarin slechts één kracht de rol van middelpuntzoekende kracht heeft;
 - vakbegrippen: omlooptijd, baanstraal, baansnelheid, middelpuntzoekende kracht;
- de baan van planeten om de zon en van maan en satellieten om de aarde analyseren met behulp van de gravitatiewet van Newton,
 - uitleggen hoe de valversnelling aan het planeetoppervlak afhangt van de massa en de straal van de planeet;
 - vakbegrippen: gravitatiekracht, eenparige cirkelbeweging als benadering van de ellipsbaan, geostationaire baan;
- [niveau 2] de verschillen tussen het heliocentrisch en het geocentrisch wereldbeeld benoemen en daarbij aangeven wat de invloed van deze verandering van het wereldbeeld op het menselijk denken is geweest;
- [niveau 2] het ontstaan, de structuur en de ontwikkeling van het heelal beschrijven,
 - uitleggen hoe de afstand van een ster tot de waarnemer en de tijd tussen uitzenden en waarnemen van het licht van de ster met elkaar samenhangen;
 - rekenen met de afstand in lichtjaar;
 - vakbegrippen: oerknal, uitdijend heelal, lichtsnelheid;
- [niveau 2] beschrijven hoe in het totale spectrum van elektromagnetische straling waarnemingen aan het heelal worden verricht en dat een deel van die elektromagnetische straling afkomstig is van de warmtestraling van de zon en andere sterren,
 - de verschillende onderdelen van het elektromagnetisch spectrum en de eigenschappen van deze stralingssoorten beschrijven: gammastraling, röntgenstraling, ultraviolet, (zichtbaar) licht, infrarood, radiogolven, microgolven;
 - de relatie tussen temperatuur en kleur van een ster uitleggen;
 - vakbegrippen: telescoop, radiotelescoop, ruimtetelescoop, frequentie, golflengte.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$F_{\text{grav}} = G \frac{Mm}{r^2}$$

$$F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r} \quad v = \frac{2\pi r}{T}$$

Domein G. Meten en regelen

Bekend verondersteld:

De leerling kan:

- schakelschema's tekenen en interpreteren,
- eenvoudige berekeningen maken met de volgende formules:

$$U = IR \quad E = Pt \quad P = UI$$

Voor een serieschakeling:

$$U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 \quad I_{\text{tot}} = I_1 = I_2 \quad R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$$

Voor een parallelschakeling:

$$U_{\text{tot}} = U_1 = U_2 \quad I_{\text{tot}} = I_1 + I_2$$

De leerling kent:

- de juiste aansluitwijze van stroommeter en spanningsmeter,
- het verschijnsel elektriciteit,

- de volgende grootheden met bijbehorende eenheid:
 - spanning, stroomsterkte, weerstand;
 - elektrische energie, vermogen;
- de volgende begrippen:
 - lading, spanningsbron, wet van Ohm;
 - geleider, isolator;
 - serieschakeling, parallelschakeling;
- de volgende toepassingen:
 - kWh-meter, zekering, aardlekschakelaar.

Subdomein G1. Gebruik van elektriciteit

Eindterm

De kandidaat kan opwekking, transport en toepassingen van elektriciteit beschrijven en analyseren aan de hand van fysische begrippen.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. het verschijnsel elektrische stroom uitleggen als verplaatsing van lading ten gevolge van een aangelegde spanning,
 - de definitie van stroomsterkte als lading per tijdseenheid gebruiken;
 - gebruik maken van de definitie van soortelijke weerstand als de weerstand van een draad met een doorsnede van een vierkante meter en een lengte van een meter;
 - vakbegrippen: geleidbaarheid, vrij elektron, ion, afstotende en aantrekkende elektrische kracht, weerstand, soortelijke weerstand, spanningsbron;
2. stroomkringen analyseren en daarbij voor serie- en parallelschakelingen van weerstanden berekeningen maken over spanning, stroomsterkte, weerstand en geleidbaarheid,
 - geen gemengde schakelingen;
 - de volgende componenten toepassen binnen een schakeling: relais, diode, LDR, NTC, PTC, ohmse weerstand, gloeilamp, zekering, aardlekschakelaar;
 - vakbegrippen: wet van Ohm, stroomdeling, spanningsdeling, kortsluiting;
3. het vermogen en het rendement van energieomzettingen in een elektrische stroomkring analyseren,
 - vakbegrip: elektrische energie (in joule en in kilowattuur);
 - minimaal in de contexten: lichtbronnen en apparaten in huis (gloeilamp, spaarlamp, LED, elektromotor en verwarmingselement), energiegebruik, energiebesparing;
4. [niveau 2] verschillende vormen van opwekking, transport en opslag van elektriciteit beschrijven en vergelijken,
 - minimaal de wijzen van opwekking: kerncentrale, conventionele (fossiele brandstof) centrale, waterkrachtcentrale, zonnecel, brandstofcel, windturbine;
 - minimaal de wijzen van opslag: batterij, accu, brandstofcel;
 - vakbegrippen: energiedichtheid, vermogen, rendement, transformator, generator;
 - minimaal in de context: energiebesparing.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$G = \frac{1}{R}$$

$$I \equiv \frac{Q}{t} \quad \rho \equiv \frac{RA}{\ell}$$

$$I = GU \quad U = IR$$

Voor een serieschakeling:

$$U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 + \dots \quad I_{\text{tot}} = I_1 = I_2 = \dots \quad R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + \dots$$

Voor een parallelschakeling:

$$U_{\text{tot}} = U_1 = U_2 = \dots \quad I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + \dots \quad G_{\text{tot}} = G_1 + G_2 + \dots$$

$$P = UI \quad E = Pt$$

$$\eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$$

Domein H. Natuurkunde en technologie

Eindterm

De kandidaat kan in voorbeelden van technologische ontwikkeling die vallen binnen de subdomeinen van het centraal examen natuurkundige principes en wetmatigheden herkennen, benoemen en toepassen.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. voorbeelden die passen bij de specificaties van de havo-domeinen uit deze syllabus gebruiken om de wederzijdse beïnvloeding van technologie en natuurkundige kennis toe te lichten;
2. fysische principes en wetmatigheden toepassen op technologische ontwikkelingen en daarbij in deze syllabus gespecificeerde natuurkundige kennis hanteren,
 - principes: model als vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid, analogie, denken in ordes van grootte;
 - wetmatigheden: wet van behoud van energie, wetten van Newton (eerste en tweede).

3. Voorbeeldopgaven

Beheersingsniveaus

In paragraaf 3.1.3 zijn drie niveaus aangegeven, waarop leerstofonderdelen beheerst moeten worden en waarover dus vragen gesteld kunnen worden.

Vraag 1 t/m 4 zijn voorbeelden van niveau 1: 'weten'.

Vraag 5 is een voorbeeld van niveau 2: 'gebruiken'.

Vraag 6 en 7 zijn voorbeelden van niveau 3: 'redeneren'.

Opgave 1 Radiotherapie

n. a. v. Nina Havo 2010-1

In de geneeskunde wordt gebruik gemaakt van ioniserende straling om tumoren te behandelen. Vroeger gebruikte men daarbij vaak de isotoop radium-226. Een kleine hoeveelheid hiervan bracht men aan op de punt van een naald die in de tumor werd gestoken.

Ra-226 zendt α - en γ -straling uit.

- 1p 1 Een α - deeltje heeft:
- A 2 protonen en 2 elektronen
 - B 2 protonen en 4 neutronen
 - C 2 protonen en 2 neutronen
 - D 4 protonen en 2 neutronen
- 1p 2 Wat geldt voor het doordringend vermogen van α -straling in vergelijking met γ -straling?
- A Het doordringend vermogen van α -straling is groter dan het doordringend vermogen van γ -straling.
 - B Het doordringend vermogen van α -straling is gelijk aan het doordringend vermogen van γ -straling.
 - C Het doordringend vermogen van α -straling is kleiner dan het doordringend vermogen van γ -straling.

In plaats van Ra-226 wordt tegenwoordig vaak de radioactieve isotoop iridium-192 gebruikt. Deze isotoop zendt β -straling uit.

We vergelijken de massa van een β -deeltje met de massa van een α -deeltje.

- 1p 3 Wat is juist?
- A De massa van een β -deeltje is groter dan de massa van een α -deeltje.
 - B De massa van een β -deeltje is gelijk aan de massa van een α -deeltje.
 - C De massa van een β -deeltje is kleiner dan de massa van een α -deeltje.

Behalve α -, β - en γ -straling wordt in de geneeskunde vaak röntgenstraling toegepast. We vergelijken de energie van een γ -foton met de energie van een röntgenfoton.

- 1p 4 Wat is juist?
- A De energie van een γ -foton is groter dan de energie van een röntgenfoton.
 - B De energie van een γ -foton is even groot als die van een röntgenfoton.
 - C De energie van een γ -foton is kleiner dan de energie van een röntgenfoton.

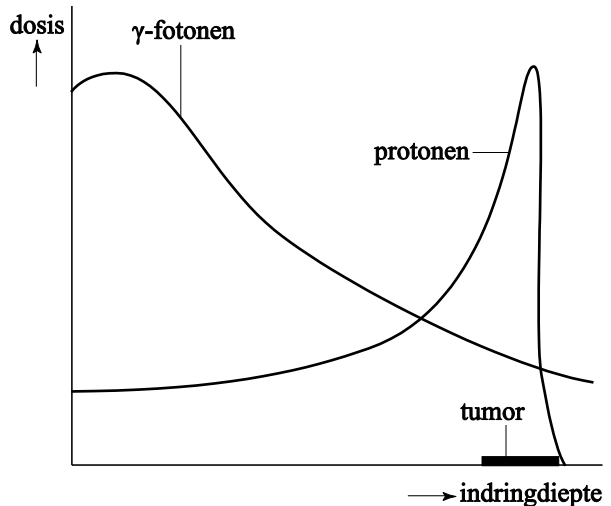
- 3p 5 Geef de vervalvergelijking van Ra-226.

Sinds kort is een nieuwe bestralingsmethode ontwikkeld: bestraling met snelle protonen. Deze methode heeft voordelen ten opzichte van bestraling met γ -fotonen.

In figuur 1 is zowel voor γ -fotonen als protonen de (geabsorbeerde) dosis weergegeven als functie van de indringdiepte. Ook is aangegeven op welke diepte de tumor zich bevindt.

Kenmerkend voor protonen is de piek in de grafiek. De plaats waar deze piek optreedt, hangt af van de energie van de protonen. Die energie kan men instellen.

figuur 1



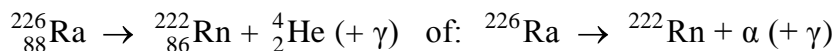
- 2p 6 Noem aan de hand van figuur 1 twee voordelen van bestraling met protonen ten opzichte van bestraling met γ -fotonen.

Men wil een oogtumor met een massa van 4,2 mg met protonen bestralen. De protonenbundel die er op gericht wordt, bevat $7,8 \cdot 10^3$ protonen per seconde. De energie van elk proton is $1,12 \cdot 10^{-11}$ J. De protonen geven 80% van hun energie af aan het weefsel van de tumor. De tumor moet een stralingsdosis (de geabsorbeerde energie per kg) opnemen van 60 Gy, verdeeld over 30 bestralingen.

- 5p 7 Bereken hoe lang elke bestraling moet duren. Neem daarbij aan dat alle protonen de tumor treffen.

beoordelingsmodel

- 1 C
- 2 C
- 3 C
- 4 A
- 5 maximumscore 3



- het α -deeltje rechts van de pijl 1
- Rn als eindproduct (mits verkregen via kloppende atoomnummers) 1
- het aantal nucleonen links en rechts gelijk 1

6 maximumscore 2

voorbeelden van voordelen:

- Bij bestraling met protonen ontvangt het gebied vóór de tumor een lagere dosis dan bij bestraling met γ -fotonen.
- Bij bestraling met protonen ontvangt het gebied achter de tumor geen dosis.
- Bij bestraling met protonen kan men er voor zorgen dat de tumor het grootste deel van de straling ontvangt.

per juist voordeel (tot een maximum van 2 punten) 1

7 maximumscore 5

uitkomst: $t = 1,2 \cdot 10^2$ s

voorbeeld van een berekening:

Per bestraling geldt: $D = \frac{E}{m}$, waarin $D = \frac{60}{30} = 2,0$ Gy en $m = 4,2 \cdot 10^{-6}$ kg.

Dus $E = 2,0 \cdot 4,2 \cdot 10^{-6} = 8,4 \cdot 10^{-6}$ J.

Voor de energie die een proton afgeeft, geldt:

$$E_{\text{proton}} = 0,80 \cdot 1,12 \cdot 10^{-11} = 8,96 \cdot 10^{-12} \text{ J.}$$

Het aantal protonen dat de tumor moet treffen, is gelijk aan

$$\frac{E}{E_{\text{proton}}} = \frac{8,4 \cdot 10^{-6}}{8,96 \cdot 10^{-12}} = 9,38 \cdot 10^5.$$

Een bestraling moet $t = \frac{9,38 \cdot 10^5}{7,8 \cdot 10^3} = 1,2 \cdot 10^2$ s duren.

- inzicht dat $E = Dm$ 1
- in rekening brengen van 80% 1
- inzicht dat het aantal protonen dat de tumor moet treffen gelijk is aan $\frac{E}{E_{\text{proton}}}$ 1
- inzicht dat $t = \frac{\text{het aantal protonen dat de tumor moet treffen}}{\text{het aantal protonen dat de tumor per seconde treft}}$ 1
- completeren van de berekening 1

Redeneren met verbanden

In specificatie A15.3 wordt gesproken over redeneren met natuurkundige verbanden.

Opgave 2 bevat voorbeelden van opgaven waarin het redeneren met verbanden centraal staat.

Opgave 2 Elektrische deken

n. a. v Nina Havo 2009-1

In een elektrische deken zitten twee even lange verwarmingsdraden. Door de draden op verschillende manieren op de netspanning aan te sluiten, heeft de deken drie verwarmingsstanden: I, II en III.

In figuur 1 is getekend hoe de draden op de netspanning zijn aangesloten in stand I.

De weerstand van de draad tussen de punten A en C is gelijk aan de weerstand van de draad tussen de punten B en C:

$$R_{AC} = R_{BC} = 529 \Omega.$$

De weerstand tussen de punten A en B, die op de netspanning zijn aangesloten, is in stand I gelijk aan 1058Ω .

1p **8** Leg dit uit met behulp van figuur 1.

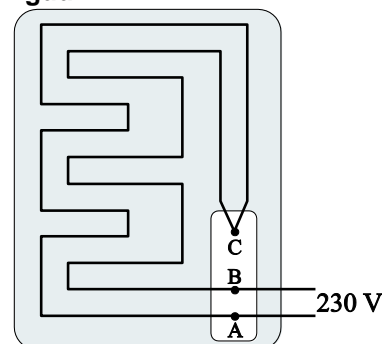
In stand II zijn de punten A en C op de netspanning aangesloten. Zie figuur 2.

2p **9** Leg uit dat de weerstand in stand II tweemaal zo klein is als de weerstand in stand I.

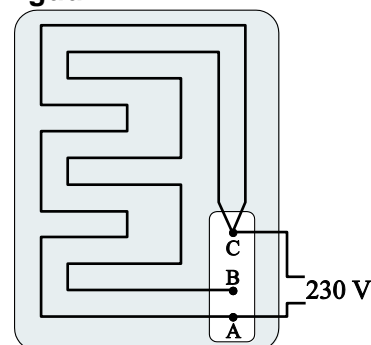
In stand III blijven de punten A en C aangesloten op de netspanning, maar zijn de punten A en B met elkaar verbonden. Zie figuur 3.

2p **10** Leg uit dat het vermogen in stand III tweemaal zo groot is als het vermogen in stand II.

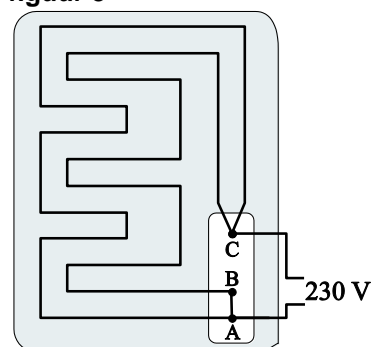
figuur 1



stand I
figuur 2



stand II
figuur 3



stand III

beoordelingsmodel

8 maximumscore 1

antwoord:

In deze stand zijn de draden in serie geschakeld, dus

$$R_{AB} = R_{AC} + R_{BC} = 529 + 529 = 1058 \Omega.$$

Opmerking

Als niet expliciet wordt vermeld dat de draden in serie staan: 0 punten.

9 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

In stand II loopt er alleen een elektrische stroom door de draad AC.

$R_{AC} = 529 \Omega$ en dat is inderdaad tweemaal zo klein als de weerstand in stand I.

- inzicht dat er in stand II alleen een elektrische stroom door de draad AC loopt 1
- completeren van het antwoord 1

10 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

In stand III zijn de twee draden parallel geschakeld.

Dus de stroomsterkte in stand III is tweemaal zo groot als die in stand II.

Daaruit volgt dat het vermogen in stand III inderdaad tweemaal zo groot is als het vermogen in stand II (want $P = UI$).

- inzicht dat in stand III de twee draden parallel geschakeld zijn 1
- inzicht dat de stroomsterkte in stand III tweemaal zo groot is als die in stand II 1

Afleiden van eenheden

In specificatie A 12.4 staat dat een leerling eenheden moet kunnen afleiden. Opgave 3 bevat daarvan een voorbeeld.

Opgave 3 Harp

Nina Havo 2011-2

De golfsnelheid v in een snaar is te berekenen met:

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

Hierin is:

- F_s de spankracht (in N);
- ℓ de lengte van de snaar (in m);
- m de massa van de snaar (in kg).

3p 11 Laat zien dat $\sqrt{\frac{F_s \ell}{m}}$ dezelfde eenheid heeft als v .

beoordelingsmodel

11 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De spankracht F_s heeft als eenheid $N = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$;

de eenheid van de massa m is kg ;

de eenheid van de lengte ℓ is m . Voor $\left[\frac{F_s \ell}{m} \right]$ geeft dit: $\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{kg}} = \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$.

$\left[\sqrt{\frac{F_s \ell}{m}} \right] = \sqrt{\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$; dit is de eenheid van snelheid.

- inzicht dat $F = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ 1
- afleiden van $\left[\frac{F_s \ell}{m} \right] = \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ 1
- completeren van het antwoord 1

Afleiden van formules

In specificatie A 12.3 staat dat een leerling formules moet kunnen substitueren. Opgave 4 bevat een voorbeeld van het afleiden van een formule, waar substitutie moet worden toegepast.

Opgave 4 Kruiken

Nina Havo 2011-2

Babybedjes worden vaak nog verwarmd met kruiken. Meestal is dat een roestvrij stalen fles die gevuld is met heet water. Zie figuur 1.

Om de warmteafgifte van een kruik te bepalen, wordt tijdens het afkoelen van beide kruiken een (temperatuur,tijd)-diagram opgemeten.

In het eerste uur van de meting geldt voor de afgegeven warmte Q het volgende verband:

$$Q = c\rho V\Delta T$$

Hierin is:

- c de soortelijke warmte in $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$;
- ρ de dichtheid in kgm^{-3} ;
- V het volume in m^3 ;
- ΔT het temperatuurverschil in $^{\circ}\text{C}$.

figuur 1



2p 12 Leid dit verband af met behulp van formules uit Binas.

beoordelingsmodel

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor de warmte die wordt afgegeven geldt: $Q = cm\Delta T$.

Voor de massa m geldt: $m = \rho V$. Invullen levert: $Q = c\rho V\Delta T$.

- inzicht dat $Q = cm\Delta T$ en $\rho = \frac{m}{V}$ 1
- completeren van het antwoord 1

Definities

In enkele specificaties wordt gebruikt gemaakt van definities, aangeduid met \equiv . Opgave 5 bevat een voorbeeld van het gebruik van een definitie, waarbij niet gerekend hoeft te worden.

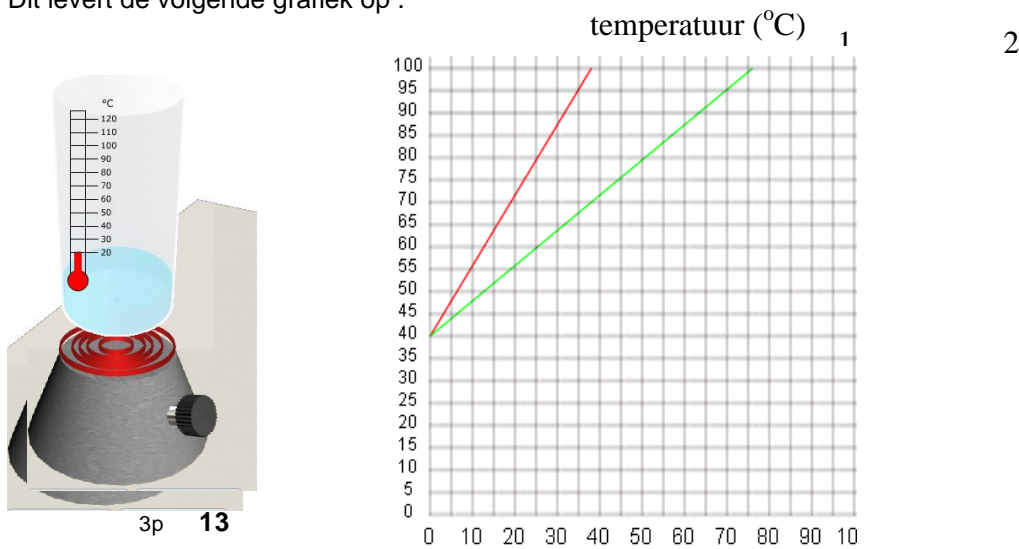
Opgave 5 Vloeistoffen verwarmen

(geen examenvraag)

In een experiment worden gelijke hoeveelheden water en een andere vloeistof op twee gelijke verwarmingselementen verwarmd.

De temperatuur wordt gemeten als functie van de tijd.

Dit levert de volgende grafiek op.



Leg uit welke stof, 1 of 2, de grootste soortelijke warmte heeft.

beoordelingsmodel

13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de soortelijke warmte geldt: $c \equiv \frac{Q}{m\Delta T}$.

De massa is in beide gevallen gelijk. In gelijke tijden levert het verwarmingselement een gelijke hoeveelheid warmte.

Maar in gelijke tijden is de temperatuurstijging van vloeistof 2 het kleinst.

Dus is de soortelijke warmte van stof 2 het grootst.

- gebruik van $c \equiv \frac{Q}{m\Delta T}$ 1
- inzicht dat m en Q in gelijke tijden voor beide stoffen gelijk zijn 1
- completeren van het antwoord 1

(u,t)-en (u,x)-diagrammen interpreteren

In specificatie B1.3 staat dat een leerling een (u,t)-en (u,x)-diagrammen moet kunnen interpreteren.

Vraag 14 is een voorbeeld van de manier waarop deze leerstof gekend moet worden.

Vraag 15 is een voorbeeld van wendbaarheid van kennis. Het is een vraag in de context van B1 informatieoverdracht, maar die leerstof bevat uit het onderdeel C1 Kracht en beweging.

Omdat in de inleiding van de vraag daar op gewezen wordt, mag de vraag zo gesteld worden.

Opgave 6 Golf

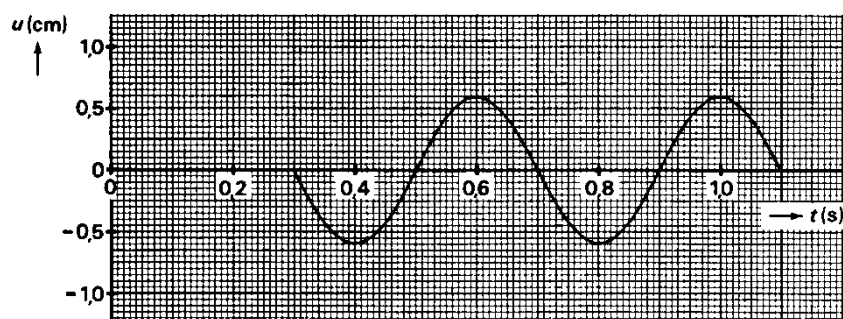
n.a.v. Havo 1986-II

RS is een lang horizontaal koord. Punt R begint op $t = 0$ harmonisch te trillen. R voert slechts twee volledige trillingen uit. Hierdoor ontstaat een lopende transversale golf in het koord.

Deze golf bereikt een punt Q dat 1,8 m van R ligt, op het tijdstip $t = 0,30$ s. In figuur 1 is het (u,t)-diagram weergegeven

van punt Q. Een positieve uitwijking u is een naar boven gerichte uitwijking.

figuur 1

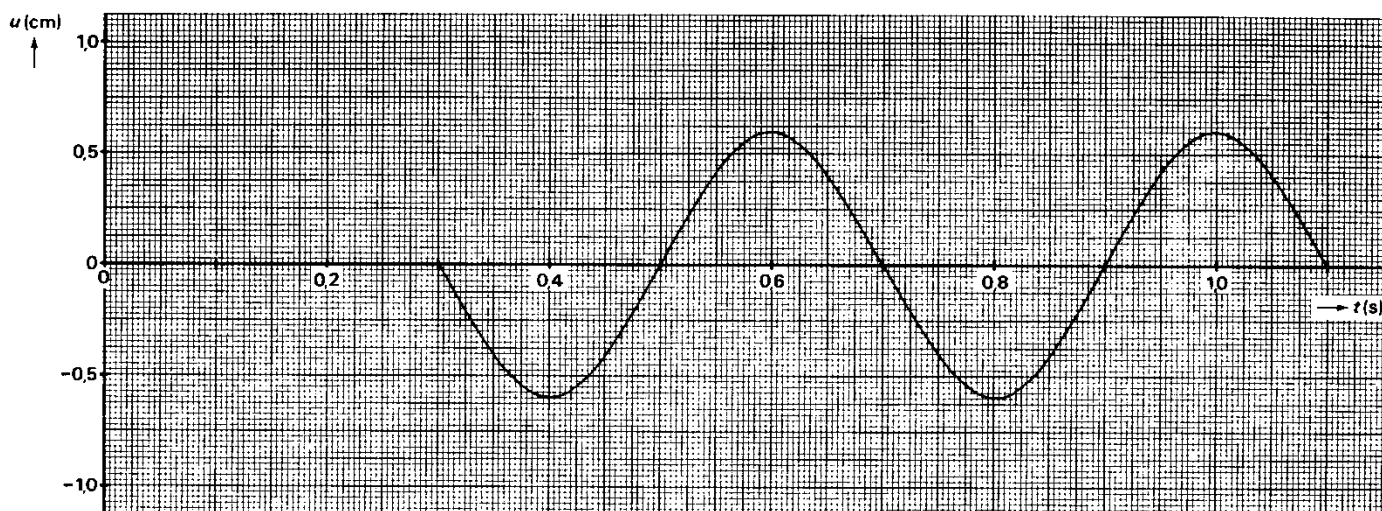


- 3p 14 Bepaal de golflengte van de lopende golf.

Figuur 1 kan opgevat worden als het (x,t)-diagram van de beweging van punt Q. Figuur 1 is vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

- 4p 15 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de snelheid van punt Q op het tijdstip $t = 0,65$ s.

Uitwerkbijlage:



figuur A

beoordelingsmodel

14 maximumscore 3

uitkomst $\lambda = 2,4$ m

Er geldt $\lambda = vT$.

De trillingstijd T is af te lezen uit de grafiek. deze bedraagt 0,4 s.

Uit de grafiek blijkt dat de golf een afstand van 1,8 m aflegt in 0,3 s.

Dus geldt: $v = \frac{s}{t} = \frac{1,8}{0,3} = 6,0 \text{ ms}^{-1}$.

Dus geldt $\lambda = vT = 6,0 \cdot 0,4 = 2,4$ m.

- gebruik van $\lambda = vT$ 1
- bepalen van de golfsnelheid uit de grafiek 1
- completeren van de bepaling 1

15 maximumscore 4

uitkomst: $v = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ ms}^{-1}$

- inzicht dat de snelheid overeenkomt met de helling van de raaklijn 1
- tekenen van de raaklijn op $t = 0,65$ s 1
- gebruik van $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 1
- complementeren van de bepaling 1

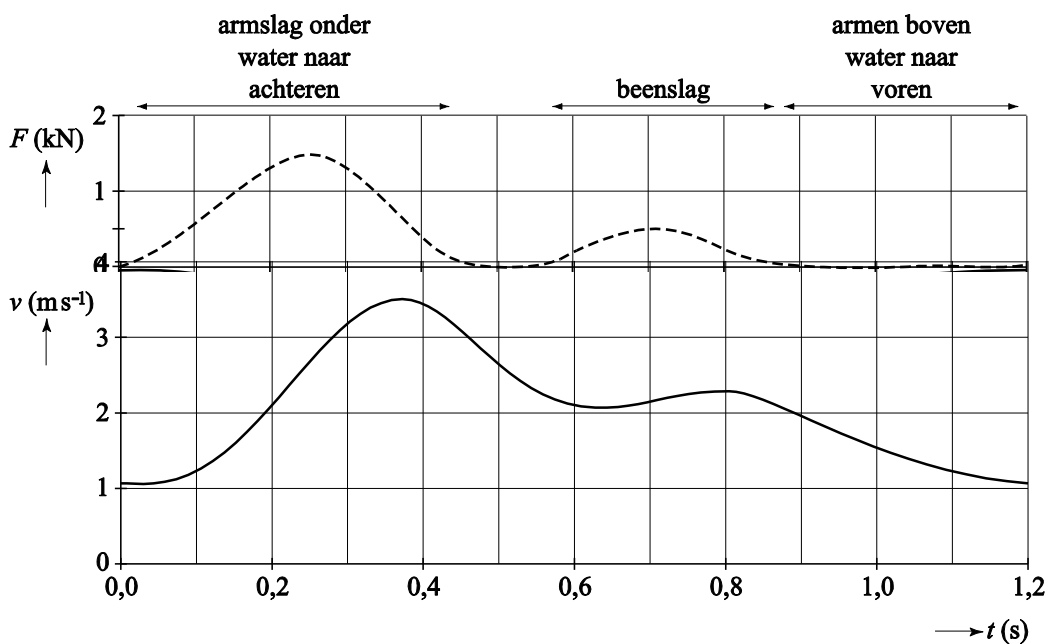
In eindterm A15.1 staat dat een leerling een beredeneerde schatting moet kunnen maken. Opgave 7,8 en 9 bevatten voorbeelden van schattingen. Duidelijk wordt dat een schatting op verschillende manieren bevraagd kan worden.

Opgave 7 Vijftig meter vlinderslag

n. a. v. VWO 2011-2

In figuur 1 staat het verloop van de voortstuwingskracht en de snelheid van een zwemmer tijdens één zwemslag.

figuur 1



De zwemmer verricht de meeste arbeid in de eerste 0,5 s. De arbeid die hij tussen $t = 0$ s en $t = 0,5$ s verricht, is (ongeveer) gelijk aan:

- a 0,09 kJ
- b 0,3 kJ
- c 0,9 kJ
- d 3,0 kJ

3p 16 Welke van deze antwoorden is juist? Licht je antwoord toe op basis van schattingen.

beoordelingsmodel

16 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De arbeid kan geschat worden met: $W = Fs$ met $s = v_{\text{gem}}t$.

Met behulp van figuur 1 is een schatting te maken van de snelheid en de voortstuwende kracht. Dit levert: $F_{\text{gem}} = 0,7 \cdot 10^3 \text{ N}$ en $v_{\text{gem}} = 2,5 \text{ ms}^{-1}$.

Invullen levert: $W = 0,7 \cdot 10^3 \cdot 2,5 \cdot 0,5 = 0,9 \text{ kJ}$. Dus antwoord c is juist.

- gebruik van $W = Fs$ met $s = v_{\text{gem}}t$ 1
- schatten van de gemiddelde waarden in figuur 1 1
- completeren van het antwoord 1

Figuur 1 toont een foto van een auto.
 Door de snelheid waarmee de auto rijdt, is de afbeelding op de foto onscherp.
 De onscherpte in de foto van figuur 1 is ontstaan doordat de sluitertijd van de fotocamera bij het nemen van de foto enige tijd open stond, in dit geval $1/30$ seconde.
 De wielen van de gefotografeerde auto hebben in werkelijkheid een diameter van 65 cm.

figuur 1



4p 17 Schat de snelheid waarmee de auto reed. Licht je antwoord toe.

beoordelingsmodel

17 maximumscore 4

voorbeeld van een schatting:

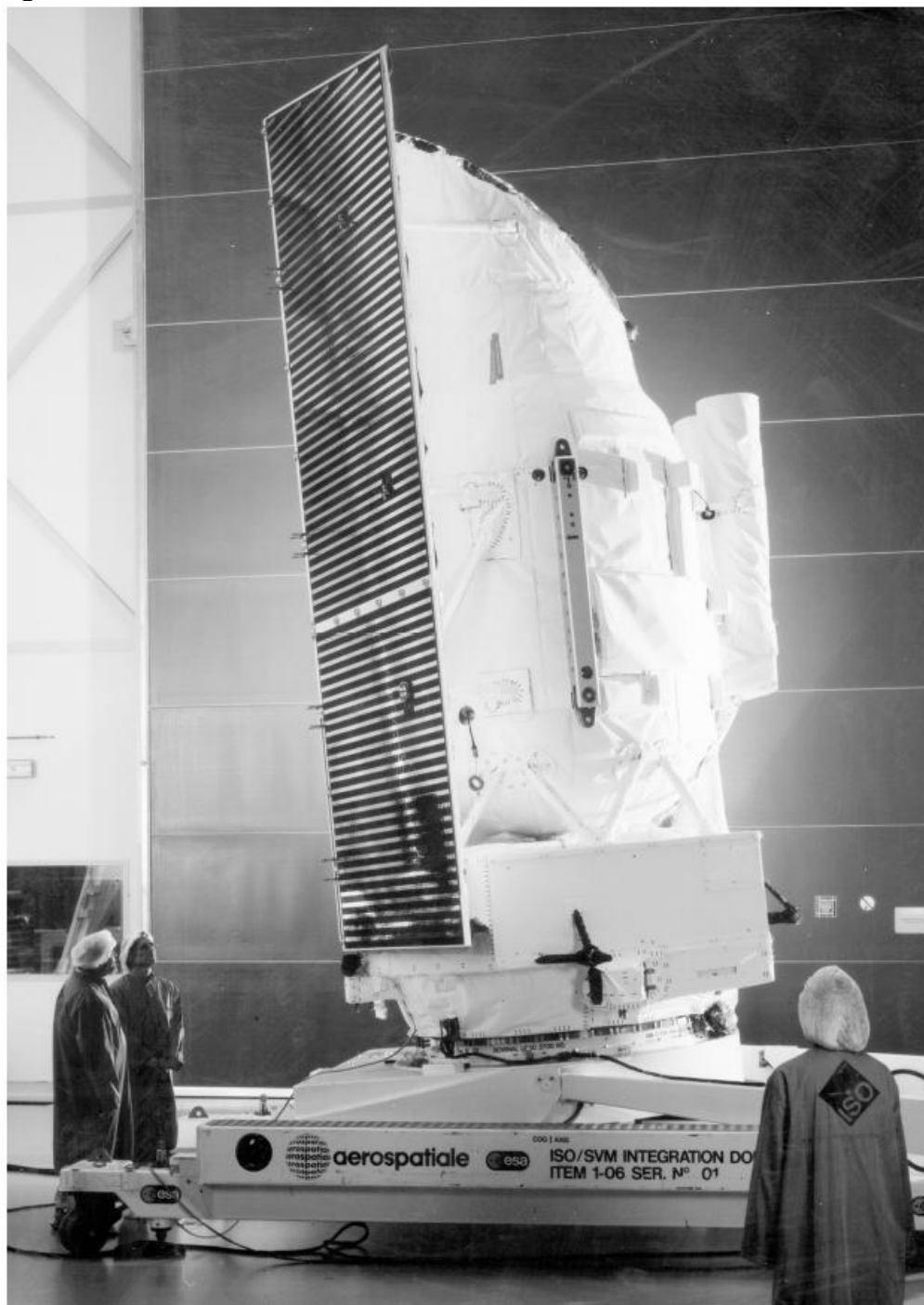
Op de foto is de breedte van het achterwiel ongeveer 2,5 maal zo groot als de hoogte.
 Dus heeft de auto zich tijdens het maken van de foto 1,5 wieldiameters verplaatst.

Voor de snelheid geldt dan: $v = \frac{s}{t} = \frac{1,5 \cdot 0,65}{\frac{1}{30}} = 29 \text{ m s}^{-1}$.

- inzicht dat op de foto de breedte van het achterwiel ongeveer 2,5 (met een marge van 0,5) maal zo groot is als de hoogte 1
- bepalen van de verplaatsing van de auto tijdens de opname 1
- gebruik van $s = vt$ 1
- completeren van het antwoord 1

Eind 1995 is in Frans Guyana de astronomische satelliet ISO gelanceerd. Voor zijn energievoorziening maakt ISO gebruik van een zonnepaneel. Zie figuur 1.

figuur 1



- 3p 18 Schat de oppervlakte van het zonnepaneel met behulp van de foto. Vermeld de aanname(s) die je daarbij maakt.

beoordelingsmodel

18 maximumscore 3

uitkomst: $A = 8 \text{ m}^2$ (met een marge van 4 m^2)

voorbeeld van een schatting:

De man op de foto zal in werkelijkheid ongeveer 1,8 m lang zijn.

Op de foto is dat 4,5 cm. De hoogte van het paneel op de foto is 12,6 cm.

In werkelijkheid is het paneel dus $\frac{12,6 \cdot 1,8}{4,5} = 5,0 \text{ m}$ hoog.

De breedte op de foto is 2,0 cm, maar door het perspectief is deze in werkelijkheid ongeveer twee keer zo groot.

Voor de oppervlakte geldt dan: $A = 5,0 \cdot 1,6 = 8 \text{ m}^2$.

- inzicht dat met behulp van de geschatte lengte van een mens vergeleken moet worden 1
- inzicht dat de breedte van het paneel in perspectief staat 1
- completeren van de schatting 1

Opmerking

Wanneer op grond van de witte en zwarte banen op het paneel slechts een deel van de oppervlakte wordt genomen: geen aftrek.

Zonnestelsel en heelal

Subdomein E1 gaat over het zonnestelsel en heelal.

Opgave 10 is een voorbeeld van een context uit dit domein.

Vragen 19 en 20 zijn voorbeelden van wendbaarheid van kennis. Die vragen gaan over onderwerpen uit andere subdomeinen, maar in de context van het zonnestelsel en heelal.

Vraag 21 t/m 25 zijn voorbeelden van vragen uit domein E1.

Opgave 10 Blauw oog voor Jupiter

Nina Havo 2010-2

Op 20 juli 2009 werd de planeet Jupiter getroffen door een onbekend object.

Alex en Inge lazen de volgende dag een artikel in de krant over deze inslag.

Lees dit artikel en bekijk de foto.

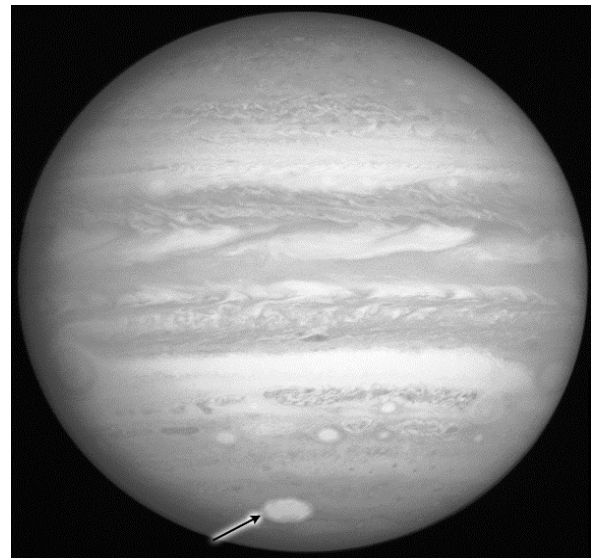
'Blauw oog' voor Jupiter

De planeet Jupiter heeft sinds enkele dagen een litteken, nadat een onbekend object met grote snelheid vlakbij de zuidpool is ingeslagen.

De diameter van het litteken is groter dan de diameter van de aarde.

Astronomen denken dat het object een komeet met een diameter van 40 km en een massa van $2 \cdot 10^{12}$ kg geweest zou kunnen zijn. Men schat dat hij met een snelheid van ongeveer

30 kilometer per seconde tegen Jupiter is gebotst.



In het artikel wordt beweerd dat de diameter van het litteken van de inslag groter is dan de diameter van de aarde. Alex en Inge willen aan de hand van de foto nagaan of deze bewering klopt. Op de uitwerkbijlage is deze foto vergroot weergegeven. Het litteken van de inslag is hierop met een pijltje aangegeven.

- 4p 19 Ga met behulp van de uitwerkbijlage na of de diameter van het litteken groter is dan de diameter van de aarde.

Veronderstel dat alle kinetische energie van de komeet die bij de inslag vrijkomt, gebruikt zou kunnen worden als elektrische energie.

Een Nederlands huishouden gebruikt per jaar gemiddeld 4500 kWh elektrische energie. Er zijn 6 miljoen huishoudens in Nederland.

- 4p **20** Hoe lang zouden alle Nederlandse huishoudens samen met de energie die vrijkomt bij de inslag kunnen doen?

Alex en Inge willen naar aanleiding van deze gebeurtenis meer te weten komen over Jupiter. Inge berekent de snelheid waarmee een punt op de evenaar van de aarde ronddraait. Zij vindt daarvoor $1,7 \cdot 10^3 \text{ km h}^{-1}$.

Een punt op de evenaar van Jupiter draait rond in 0,413 d. Inge beweert dat de snelheid van een punt op de evenaar van Jupiter groter is dan $1,7 \cdot 10^3 \text{ km h}^{-1}$.

- 4p **21** Beredeneer (of bereken) of Inge gelijk heeft.

Zowel de aarde als Jupiter draaien om de zon. Alex neemt aan dat de banen cirkelvormig zijn. Hij berekent dat de aarde met een snelheid van 30 km s^{-1} om de zon draait. Alex beweert dat Jupiter met een grotere snelheid om de zon draait dan de aarde.

- 4p **22** Beredeneer (of bereken) of Alex gelijk heeft.

Jupiter heeft een veel grotere massa dan de aarde en staat veel verder weg van de zon dan de aarde.

- 4p **23** Beredeneer (of bereken) of de gravitatiekracht van de zon op Jupiter groter of kleiner is dan de gravitatiekracht van de zon op de aarde.

Inge heeft thuis een weegschaal die 62 kg aanwijst als zij er op staat. In de weegschaal zit een veer die wordt ingedrukt bij belasting. Inge vraagt zich af wat de weegschaal zou aanwijzen als zij op het oppervlak van Jupiter op deze weegschaal zou kunnen staan.

- 3p **24** Beantwoord de volgende vragen:

- Hoe groot is de massa van Inge op Jupiter?
- Bereken hoeveel de weegschaal op Jupiter zou aanwijzen als Inge er daar op zou kunnen staan.

Alex leest op het internet dat de Italiaanse wetenschapper Galileo Galilei in 1610 de vier grootste manen van Jupiter ontdekte. Galilei beseftte dat deze ontdekking belangrijk was voor de vraag of ons zonnestelsel voldoet aan het geocentrisch wereldbeeld of aan het heliocentrisch wereldbeeld.

- 2p **25** Welk van deze twee wereldbeelden werd met deze ontdekking onderuitgehaald? Licht je antwoord toe.

beoordelingsmodel

19 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De diameter van Jupiter op de bijlage is 13,7 cm; de diameter van het litteken is 1,2 cm. Volgens Binas tabel 31 is de straal van Jupiter gelijk aan $71,40 \cdot 10^6$ m, de diameter is dan $14,28 \cdot 10^7$ m.

Er geldt: $\frac{13,7}{1,2} = \frac{14,28 \cdot 10^7}{d_{\text{litteken}}}$ zodat $d_{\text{litteken}} = 1,25 \cdot 10^7$ m.

De straal van de aarde is $6,378 \cdot 10^6$ m; de diameter is dan $1,276 \cdot 10^7$ m.

Het litteken van de inslag is dus niet groter dan de diameter van de aarde.

- opmeten van de diameter van Jupiter en van de diameter van het litteken (met een marge van 0,2 cm) 1
- opzoeken van de straal van Jupiter en van de aarde 1
- berekenen van de diameter van het litteken 1
- consequente conclusie 1

20 maximumscore 4

uitkomst: $9 \cdot 10^3$ jaar

voorbeeld van een berekening:

Voor de kinetische energie geldt:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{12} \cdot (30 \cdot 10^3)^2 = 9,0 \cdot 10^{20} \text{ J.}$$

$$\text{Dit is } \frac{9,0 \cdot 10^{20}}{3,6 \cdot 10^6} = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ kWh.}$$

Een gezin gebruikt per jaar gemiddeld 4500 kWh aan elektrische energie.

Er zijn $6 \cdot 10^6$ huishoudens die totaal $2,7 \cdot 10^{10}$ kWh elektrische energie verbruiken.

Met de energie van het object zouden de Nederlandse

$$\text{huishoudens } \frac{2,5 \cdot 10^{14}}{2,7 \cdot 10^{10}} = 9 \cdot 10^3 \text{ jaar toe kunnen.}$$

- gebruik van $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ met $v = 30 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$ 1
- omrekenen van J naar kWh 1
- berekenen van het totale elektrische energieverbruik per jaar 1
- completeren van de berekening 1

21 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de snelheid van een punt op de evenaar geldt: $v = \frac{2\pi r}{T}$.

De straal van Jupiter is $\left(\frac{71,40 \cdot 10^6}{6,378 \cdot 10^6} = 11,2 \text{ maal}\right)$ groter dan de

straal van de aarde.

De (siderische) rotatieperiode van Jupiter is $\left(\frac{0,413}{1} = 0,413 \text{ maal}\right)$

kleiner dan die van de aarde.

De snelheid van een punt op de evenaar van Jupiter is daarom $\left(\frac{11,2}{0,413} = 27,1 \text{ maal}\right)$

groter dan de snelheid van een punt op de evenaar van de aarde. Inge heeft dus gelijk.

- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ met T de (siderische) rotatieperiode 1
- inzicht dat de straal van Jupiter groter is dan de straal van de aarde 1
- inzicht dat de rotatieperiode van Jupiter kleiner is dan die van de aarde 1
- completeren van de redenering (of berekening) en conclusie 1

22 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de snelheid van een planeet die om de zon draait, geldt: $v = \frac{2\pi r}{T}$.

De (gemiddelde) afstand van Jupiter tot de zon is $0,7779 \cdot 10^{12}$ m;

de (gemiddelde) afstand van de aarde tot de zon is $0,1496 \cdot 10^{12}$ m.

Jupiter staat dus 5,2 maal verder weg.

De omlooptijd van Jupiter om de zon is 11,86 jaar. De omlooptijd van de

aarde is 1 jaar. De snelheid van Jupiter om de zon is dus $\left(\frac{5,2}{11,86} \text{ maal}\right)$

kleiner dan de snelheid van de aarde. Alex heeft dus geen gelijk.

- gebruik van $v = \frac{2\pi r}{T}$ met inzicht dat r de afstand tot de zon en T de omlooptijd is 1
- opzoeken van de (gemiddelde) afstand van Jupiter tot de zon en van de aarde tot de zon 1
- opzoeken van de omlooptijd van Jupiter en van de aarde 1
- completeren van de redenering (of berekening) en conclusie 1

23 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de gravitatiekracht geldt: $F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$.

De verhouding $\frac{m_{\text{jupiter}}}{m_{\text{aarde}}} = \frac{1900 \cdot 10^{24}}{5,976 \cdot 10^{24}} = 317,9$.

De verhouding $\frac{(r_{\text{jupiter-zon}})^2}{(r_{\text{aarde-zon}})^2} = \frac{(0,7779 \cdot 10^{12})^2}{(0,1496 \cdot 10^{12})^2} = 27,04$.

De gravitatiekracht van de zon op Jupiter is dus $\left(\frac{317,9}{27,04} = 11,8 \text{ maal} \right)$

groter dan de gravitatiekracht van de zon op de aarde.

- gebruik van $F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ met m_1 de massa van de zon, m_2 de massa van Jupiter (of de aarde), en r de afstand tot de zon 1
- opzoeken van de massa van Jupiter en de massa van de aarde 1
- opzoeken van de afstand van Jupiter tot de zon en de afstand van de aarde tot de zon 1
- completeren van de redenering (of berekening) en conclusie 1

24 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord en een berekening:

– De massa op Jupiter is 62 kg.

– De valversnelling op Jupiter is $24,9 \text{ m s}^{-2}$. De aanwijzing op de weegschaal is $\frac{24,9}{9,81} = 2,54$ maal groter dan 62 kg. De weegschaal geeft dan 157 kg aan.

- inzicht dat de massa op Jupiter gelijk is aan die op aarde 1
- opzoeken van de valversnelling op Jupiter 1
- completeren van de berekening 1

25 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Omdat deze manen om Jupiter draaien en niet om de aarde, wordt het geocentrisch wereld beeld onderuitgehaald. In het geocentrisch wereldbeeld draaien alle planeten en manen om de aarde en dat is hier niet zo.

- inzicht in het verschil tussen het heliocentrisch en het geocentrisch wereldbeeld 1
- conclusie 1

Materialen

Subdomein D1 gaat over eigenschappen van materialen.

Opgave 11 is een voorbeeld van een opgave over materialen.

Vraag 26 en 27 bevatten een meer gesloten manier van vragen.

Vraag 28 en 29 bevatten voorbeelden van gebruik maken van de definitie en rekenen met soortelijke warmte.

Vraag 30 en 31 zijn voorbeelden van redeneren en rekenen met warmtegeleidingsvermogen.

Opgave 11 Vleermuis in winterslaap

Nina Havo 2011-1

In koude streken houden vleermuizen een winterslaap. Bij een omgevingstemperatuur van $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ laten ze hun lichaamstemperatuur van $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ dalen tot enkele tienden graden Celsius boven de buitentemperatuur. De hoeveelheid vet die ze dan per dag verbranden is daardoor veel kleiner dan de hoeveelheid vet die ze bij een lichaamstemperatuur van $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ zouden verbranden.

Op de uitwerkbijlage staat een zin waarin op drie plekken woorden ontbreken. Voor iedere lege plek is een aantal alternatieven gegeven waaruit je een keuze moet maken.

- 3p 26 Maak de zin op de uitwerkbijlage kloppend door voor iedere lege plek het juiste alternatief te omcirkelen.

figuur 1



Tijdens de winterslaap is 1 het lichaam van de vleermuis en de omgeving kleiner dan tijdens het waken. Daardoor is 2 per seconde wordt afgestaan aan de omgeving 3 en hoeft de vleermuis minder vet te verbranden.

Alternatieven voor plek 1:

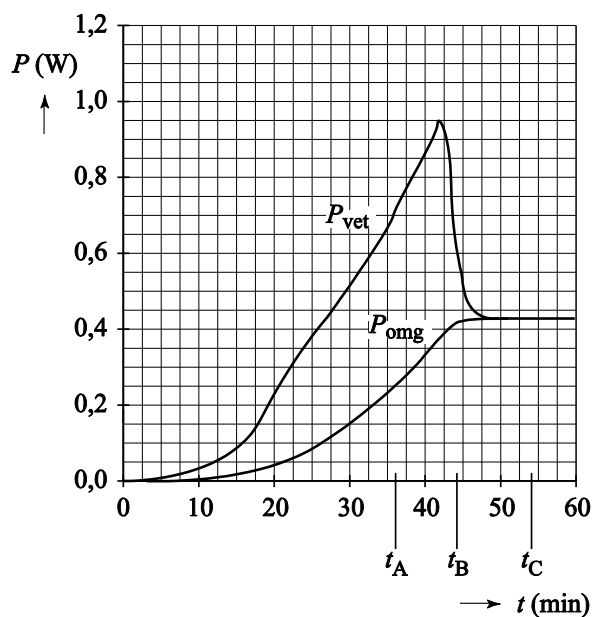
- a de temperatuur tussen
- b het temperatuurverschil tussen
- c de temperatuurtoename van
- d de temperatuurafname van

Alternatieven voor plek 2:

- a de warmte die
- b het warmteverschil dat
- c temperatuur die

Alternatieven voor plek 3:

- a kleiner
- b groter
- c gelijk



Een vleermuis onderbreekt tien tot

figuur 2

vijftien maal per winterseizoen zijn winterslaap. Hij warmt daarbij in minder dan een uur op.

In figuur 2 is de warmte die hierbij per seconde vrijkomt door vetverbranding (P_{vet}) en de warmte die per seconde aan de omgeving wordt afgestaan (P_{omg}) gegeven als functie van de tijd.

- 3p **27** Geef in de tabel op de uitwerkbijlage met een kruisje aan of de lichaamstemperatuur van de vleermuis stijgt, daalt, of gelijk blijft op de tijdstippen t_A , t_B en t_C .

tabel 1

tijdstip	lichaamstemperatuur stijgt	lichaamstemperatuur daalt	lichaamstemperatuur blijft gelijk
t_A			
t_B			
t_C			

Bij het verbranden van 1,0 kg lichaamsvet komt $4,0 \cdot 10^7$ J warmte vrij.
(voedingswaarde)

De vleermuis gebruikt voor het opwarmen $1,1 \cdot 10^3$ J.

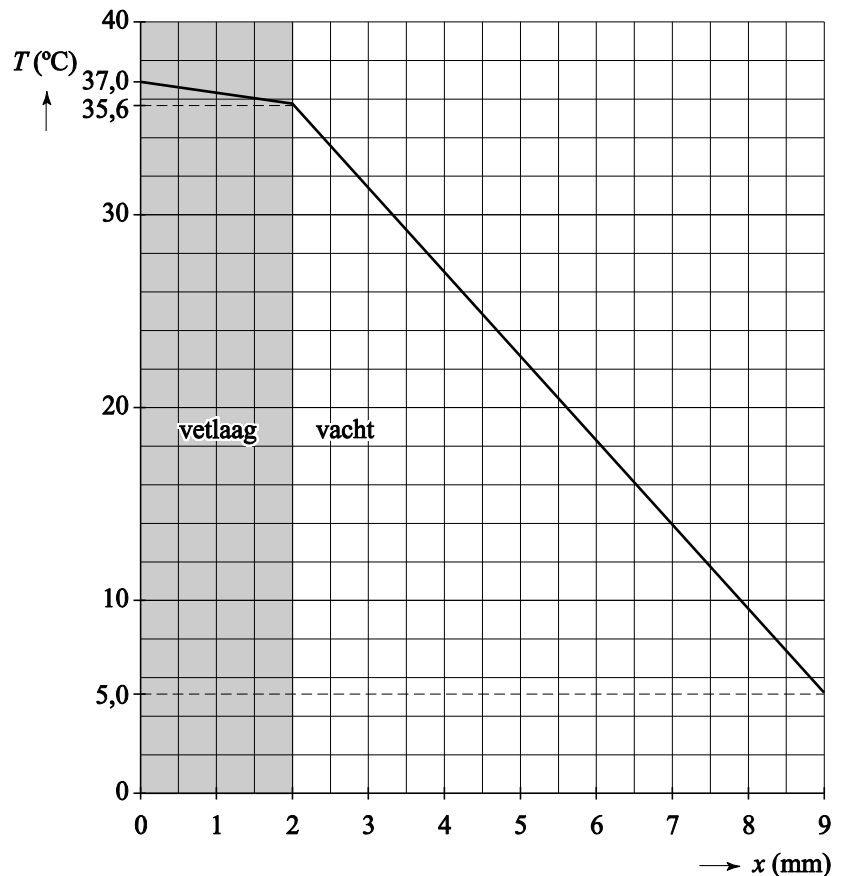
- 3p **28** Bereken hoeveel milligram vet de vleermuis daarbij verbrandt.

De massa van de vleermuis is 6,6 g. De gemiddelde soortelijke warmte van de vleermuis is $3,0 \cdot 10^3$ J/kg K. Tijdens het opwarmen van 5 °C naar 37 °C wordt een deel van de warmte aan de omgeving afgestaan.

- 3p **29** Bereken hoeveel warmte aan de omgeving wordt afgestaan.

De dikte van de vacht van de vleermuis (d_{vacht}) is 7,0 mm.
 De dikte van de onderhuidse vetlaag (d_{vet}) is 2,0 mm.
 De vetlaag en de vacht zorgen samen voor de isolatie van het lichaam.
 In figuur 3 staat het temperatuurverloop in de vetlaag en de vacht.

figuur 3



Voor het warmtegeleidingsvermogen P door een laag materiaal geldt:

$$P = kA \frac{\Delta T}{d}$$

Hierin is:

- P de warmtegeleidingsvermogen in W;
- k de warmtegeleidingscoëfficiënt in $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$;
- A de oppervlakte van de laag in m^2
- ΔT het temperatuurverschil over de laag in K;
- d de dikte van de laag in m.

3p **30** Toon met behulp van figuur 3 aan dat $\frac{k_{\text{vetlaag}}}{k_{\text{vacht}}} = 6,2$.

Veronderstel dat de vacht vervangen werd door een extra vetlaag die even goed isoleert als de vacht.

2p **31** Bereken hoe dik deze extra vetlaag dan zou moeten zijn.

beoordelingsmodel

- 26 maximumscore 3**
uitkomst: 1b, 2a, 3a

per juist antwoord

1

- 27 maximumscore 3**
antwoord:

tijdstip	lichaamstemperatuur stijgt	lichaamstemperatuur daalt	lichaamstemperatuur blijft gelijk
t_A	x		
t_B	x		
t_C			x

per juiste regel

1

- 28 maximumscore 3**
uitkomst: $m = 28$ mg

voorbeeld van een berekening:

$$\text{Er geldt: } m_{\text{vet}} = \frac{\text{benodigde warmte}}{\text{voedingswaarde vet}} = \frac{1,1 \cdot 10^3}{4,0 \cdot 10^7} = 2,75 \cdot 10^{-5} \text{ kg} = 28 \text{ mg.}$$

- inzicht dat $m_{\text{vet}} = \frac{\text{benodigde warmte}}{\text{voedingswaarde vet}}$
- omrekenen van kg naar mg
- completeren van de berekening

1

1

1

- 29 maximumscore 3**
uitkomst: $5 \cdot 10^2$ J

voorbeeld van een berekening:

De warmte die nodig is om de vleermuis op te warmen is gelijk aan:

$$Q_{\text{vleermuis}} = m_{\text{vleermuis}} c \Delta T = 6,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3,0 \cdot 10^3 \cdot (37 - 5) = 6,3 \cdot 10^2 \text{ J.}$$

Er verdwijnt naar de omgeving $1,1 \cdot 10^3 - 6,3 \cdot 10^2 = 4,7 \cdot 10^2 = 5 \cdot 10^2$ J.

- gebruik van $c = \frac{Q}{m \Delta t}$
- inzicht dat er $(1,1 \cdot 10^3 - Q_{\text{vleermuis}})$ aan warmte wordt afgestaan
- completeren van de berekening

1

1

1

30 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt: $k_{\text{vetlaag}} \frac{\Delta T_{\text{vetlaag}}}{d_{\text{vetlaag}}} = k_{\text{vacht}} \frac{\Delta T_{\text{vacht}}}{d_{\text{vacht}}}$ zodat

$$\frac{k_{\text{vetlaag}}}{k_{\text{vacht}}} = \frac{d_{\text{vetlaag}} \Delta T_{\text{vacht}}}{d_{\text{vacht}} \Delta T_{\text{vetlaag}}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 35,6 - 5,0}{7,0 \cdot 10^{-3} \cdot 37,0 - 35,6} = 6,2$$

- inzicht dat geldt $k_{\text{vetlaag}} \frac{\Delta T_{\text{vetlaag}}}{d_{\text{vetlaag}}} = k_{\text{vacht}} \frac{\Delta T_{\text{vacht}}}{d_{\text{vacht}}}$ 1
- aflezen van $\Delta T_{\text{vetlaag}}$ en ΔT_{vacht} 1
- completeren van de berekening 1

31 maximumscore 2

uitkomst: 43 mm

voorbeeld van een berekening:

Omdat $\frac{k_{\text{vetlaag}}}{k_{\text{vacht}}} = 6,2$ moet de extra vetlaag 6,2 maal zo dik zijn als de vacht.

De extra vetlaag moet dus $6,2 \cdot 7,0 = 43$ mm dik zijn.

- inzicht dat de extra vetlaag 6,2 maal zo dik moet zijn als de vacht 1
- completeren van de berekening 1

In specificatie D1.4 staat dat een leerling spanning-rekdiagrammen moet kunnen interpreteren.

Opgave 12 is een voorbeeld van een opgave hierover.

Opgave 12 Funiculaire

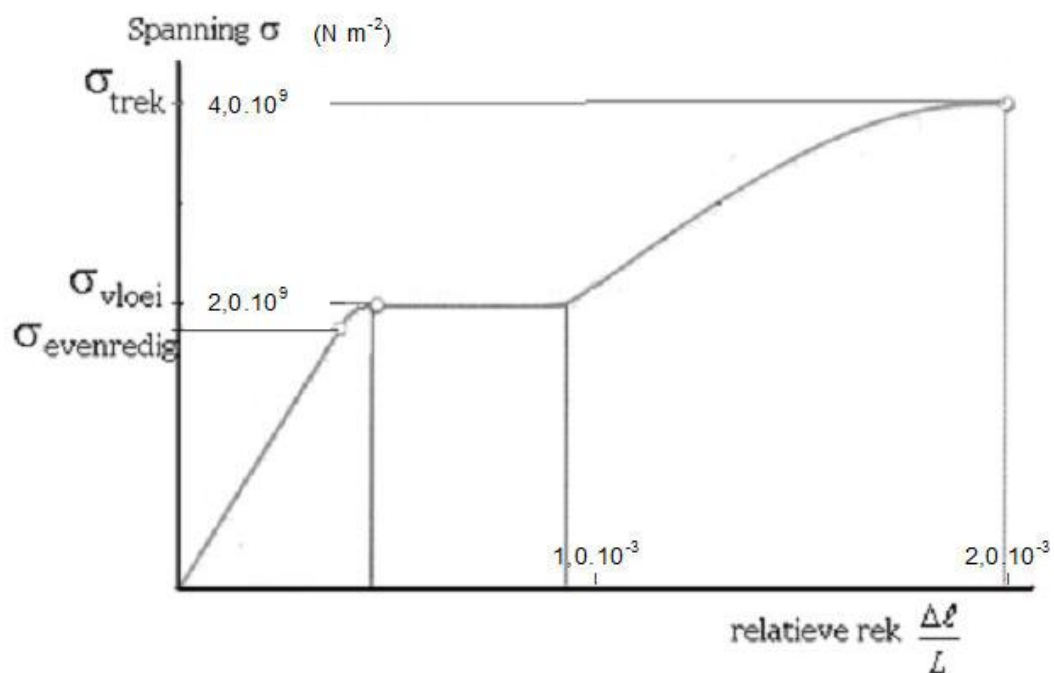
(geen examenopgave)

Een funiculaire bestaat uit twee 'wagentjes' die verbonden zijn met een kabel. De kabel is 120 m lang. De oppervlakte van de doorsnede van de kabel is $3,5 \text{ cm}^2$.



In figuur 1 is het rek-trekdiagram van een kabel van hetzelfde materiaal en met deze doorsnede.

figuur 1



De maximale lengteverandering in het elastische gebied is 5,4 cm.

- 3p **32** Laat die zien aan de hand van figuur 1.
- 4p **33** Bepaal de veerconstante in het elastische gebied.
- 1p **34** Leg uit wat er met de kabel gebeurt bij een spanning van $2,0 \cdot 10^{-6} \text{ N m}^{-2}$.

beoordelingsmodel

32 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De maximale relatieve rek in het elastische gebied is af te lezen in figuur 1.

Deze bedraagt $0,45 \cdot 10^{-3}$. Bij een kabellengte van 120 m komt dit overeen met een lengteverandering van $0,45 \cdot 10^{-3} \cdot 120 = 5,4 \text{ cm}$.

- aflezen van de maximale relatieve rek 1
- inzicht in het begrip relatieve rek 1
- completeren van het antwoord 1

33 maximumscore 4

uitkomst: $c = 1,2 \cdot 10^7 \text{ N m}^{-1}$

De maximale spanning in het elastische gebied is af te lezen in figuur 1.

Hiervoor geldt: $\sigma = 1,8 \cdot 10^9 \text{ N m}^{-2}$. Er geldt: $\sigma = \frac{F}{A}$. Invullen levert:

$$1,8 \cdot 10^9 = \frac{F}{3,5 \cdot 10^{-4}}.$$

Dus $F = 6,3 \cdot 10^5 \text{ N}$. Er geldt $c = \frac{F}{u}$. Invullen levert

$$c = \frac{F}{u} = \frac{6,3 \cdot 10^5}{0,054} = 1,2 \cdot 10^7 \text{ N m}^{-1}.$$

- aflezen van de maximale spanning 1
- gebruik van $\sigma = \frac{F}{A}$ 1
- gebruik van $c = \frac{F}{u}$ 1
- completeren van de bepaling 1

34 maximumscore 1

Voorbeeld van een antwoord:

Dan 'vloeit' de kabel: hij wordt inelastisch langer.

Medische beeldvorming

Subdomein B2 gaat over medische beeldvorming. In specificatie B2.4 staat dat een leerling verschillende technieken moet kunnen onderscheiden aan de hand van de achterliggende natuurkunde.

Opgave 13 is een voorbeeld van een vraag over specificatie B2.4, waar op niveau 2 verschillende technieken met elkaar vergeleken moeten worden.

Opgave 13 Echoscopie

Havo 2000-2

Naast ultrasone geluidsgolven wordt bij medisch onderzoek ook röntgenstraling toegepast. Röntgenstraling verschilt onder andere in voortplantingssnelheid, frequentie en ioniserend vermogen van ultrasone geluidsgolven.

- 3p **35** Geef aan hoe röntgenstraling met betrekking tot deze drie aspecten verschilt van ultrasone geluidsgolven.

beoordelingsmodel

35 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- 1 Röntgenstraling plant zich voort met de lichtsnelheid en ultrasone geluidsgolven met de geluidssnelheid.
- 2 Röntgenstraling heeft een (veel) hogere frequentie dan ultrasone geluidsgolven.
- 3 Röntgenstraling heeft een ioniserend vermogen en ultrasone geluidsgolven niet.

per verschil

1

In specificatie B2.5 staat dat een leerling moet weten hoe digitale beeldinformatie verwerkt kan worden.

Opgave 14 is geen oude examenopgave. De opgave bevat voorbeelden hoe specificatie B2.5 getoetst kan worden.

Opgave 14 Medische beelden (geen examenopgave)

Bij een beeld van een MRI-scan wordt een scherm gebruikt met 1920 bij 1200 pixels. Het scherm is 29 cm breed.

3p **36** Bereken de afmetingen van één pixel en de hoogte van het beeld.

Bij echografie gebruikt men meestal een scherm met minder pixels.

1p **37** Waarom is een scherm met meer pixels bij echografie niet nuttig?

Bij een digitale röntgenfoto is de beeldkwaliteit vaak beter dan een computerbeeld.

2p **38** Noem twee technieken om het beeld van een digitale röntgenfoto te verbeteren.

beoordelingsmodel

36 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Voor de breedte van één pixels geldt: $p = \frac{0,29}{1920} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,15 \text{ mm}$.

Voor de hoogte van het beeld geldt: $h = 1200 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} = 0,18 \text{ m}$.

- inzicht dat voor de afmetingen van een pixel geldt: $p = \frac{0,29}{1920}$ 1
- inzicht dat de hoogte en de breedte van een pixel gelijk zijn 1
- completeren van de berekeningen 1

37 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

De onnauwkeurigheid in het beeld is veel groter dan de afmetingen van een pixel.

38 maximumscore 2

voorbeeld van antwoorden:

- contrastverbetering door ruisonderdrukking 1
- gebruik maken van false colors 1

Subdomein B1 gaat over informatieoverdracht.

Specificatie B1.5 gaat over informatieoverdracht tussen zender en ontvanger op niveau 2.

Opgave 15 bevat voorbeelden van informatieoverdracht in het heelal.

Opgave 15 Pioneer-10

n. a. v. Nina Vwo 2011-1

De verkenners Pioneer-10 werd gelanceerd in 1972. Voordat Pioneer-10 het zonnestelsel verliet, beschreef hij een baan langs verschillende planeten. Om continu de snelheid van Pioneer-10 te bepalen en commando's over te brengen, gebruikt men radiocommunicatie. Hiertoe zendt men vanaf de aarde een draaggolf van 1,88 GHz uit (uplink), waarvan de frequentie na ontvangst in Pioneer-10 met een factor 1,10 wordt vermenigvuldigd en teruggezonden (downlink). Uren later wordt het downlink-signaal op aarde ontvangen, terugvermenigvuldigd en met het oorspronkelijke signaal vergeleken.

De commando's worden gegeven door de draaggolf met een bandbreedte van 40 MHz te moduleren. Het vermenigvuldigen met de factor 1,10 zorgt ervoor dat de uplink- en downlink-signalen in gescheiden kanalen zitten.

3p 39 Toon dat met een berekening aan.

1p 40 Waarom is kanaalscheiding noodzakelijk?

beoordelingsmodel

39 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De downlink draaggolf heeft een frequentie van $1,10 \cdot 1,88 \text{ GHz} = 2,07 \text{ GHz}$.

Voor de grootste frequentie van de uplink geldt:

$$f = 1,88 \cdot 10^9 + 20 \cdot 10^6 = 1,90 \cdot 10^9 \text{ Hz.}$$

Voor de kleinste frequentie van de downlink geldt:

$$f = 2,07 \cdot 10^9 - 20 \cdot 10^6 = 2,05 \cdot 10^9 \text{ Hz.}$$

(De grootste frequentie in de uplink is dus kleiner dan de kleinste frequentie in de downlink.)

- inzicht dat voor de downlinkfrequentie geldt: $f = 1,10 \cdot 1,88 \text{ GHz}$ 1
- in rekening brengen van de bandbreedte 1
- completeren van de berekening 1

Opmerking

Als 40 MHz in plaats van 20 MHz gebruikt wordt: geen aftrek.

40 maximumscore 1

Het antwoord moet het inzicht bevatten dat de twee signalen elkaar anders kunnen storen.

Specificaties B1.1 t/m B1.4 bevat kennis over trillingen en golven.
Opgave 16 bevat voorbeelden hoe de golftheorie getoetst kan worden. Er kan gevraagd worden om een staande golf te tekenen en daaruit de golflengte te bepalen en eventueel daarmee de toonhoogte te berekenen.

Opgave 16 Harp

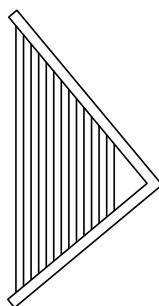
Nina Havo 2011-2

Al in het oude Egypte speelde men harp. Op de foto in figuur 1 zie je een Egyptenaar een hoekharp bespelen. In figuur 2 is de hoekharp schematisch getekend. De snaren van deze hoekharp zijn allemaal even dik, van hetzelfde materiaal en met dezelfde spankracht gespannen.

figuur 1



figuur 2



Als een snaar wordt aangetokkeld, gaat hij trillen. De golfsnelheid in elke snaar is $4,0 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$. Eén van de snaren heeft een lengte van 45 cm.

3p 41 Bereken de frequentie van de grondtoon van deze snaar.

2p 42 Leg uit of een langere snaar een hogere of een lagere grondtoon geeft.

Als een snaar trilt, kan de harpist de eerste boventoon laten horen door op de juiste plek de snaar met een vinger licht te dempen.

Op de uitwerkbijlage is de snaar twee keer getekend.

3p 43 Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef op de uitwerkbijlage de plaats van de knoop/knopen (K) en buik/buiken (B) aan bij een snaar die trilt in de grondtoon.
- Geef op de uitwerkbijlage de plaats van de knoop/knopen (K) en buik/buiken (B) aan bij een snaar die trilt in de eerste boventoon.
- Geef in de tekening van de grondtoon met een pijltje aan waar de harpist de snaar licht gedempt heeft.

Een andere snaar heeft een lengte van 95 cm. Van deze snaar kan de harpist de tweede boventoon laten klinken.

4p 44 Maak een tekening van de staande golf in deze snaar (met knopen en buiken) en bepaal daarmee frequentie van de toon van die snaar.

beoordelingsmodel

41 maximumscore 3

uitkomst: $f = 4,4 \cdot 10^2$ Hz

voorbeeld van een berekening:

De lengte van de snaar is gelijk aan een halve golflengte: $0,5\lambda = 45$ cm.

Hieruit volgt dat de golflengte $\lambda = 90$ cm.

Er geldt: $v = f\lambda$, dus $f = \frac{4,0 \cdot 10^2}{0,90} = 4,4 \cdot 10^2$ Hz.

- inzicht dat de lengte van de snaar gelijk is aan een halve golflengte 1
- gebruik van $v = f\lambda$ 1
- completeren van de berekening 1

42 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Als de snaar langer is, is de golflengte groter. Omdat de golflengte en de frequentie

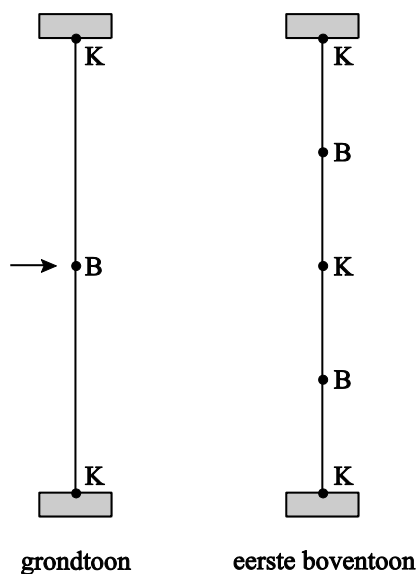
omgekeerd evenredig zijn (volgens $\lambda = \frac{v}{f}$) is de frequentie

dus kleiner (de grondtoon is dus lager).

- inzicht dat de golflengte groter is bij een langere snaar 1
- consequente conclusie 1

43 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- voor de grondtoon twee knopen en één buik op de juiste plaats 1
- voor de eerste boventoon drie knopen en twee buiken op de juiste plaats 1
- pijltje halverwege de snaar in de grondtoon 1

Opmerking

Het pijltje mag eventueel ook op de juiste plek in de rechter snaar getekend zijn.

44 maximumscore 3

uitkomst: $f = 4,4 \cdot 10^2$ Hz

voorbeeld van een berekening:

De lengte van de snaar is gelijk aan anderhalve golflengte:

Dus geldt $\lambda = \frac{1,10}{1,5} = 0,733$ m.

Er geldt: $v = f\lambda$, dus $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{4,0 \cdot 10^2}{0,733} = 5,5 \cdot 10^2$ Hz.

- maken van een tekening van de staande golf 1
- inzicht dat de lengte van de snaar gelijk is aan anderhalve golflengte 1
- gebruik van $v = f\lambda$ 1
- completeren van de bepaling 1

Bijlage 1 Examenprogramma havo

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A	Vaardigheden
Domein B	Beeld- en geluidstechniek
Domein C	Beweging en energie
Domein D	Materialen
Domein E	Aarde en heelal
Domein F	Menselijk lichaam
Domein G	Meten en regelen
Domein H	Natuurkunde en technologie
Domein I	Onderzoek en ontwerp

Het centraal examen

Het centraal heeft betrekking op de subdomeinen B1, B2, C1, C2, D1, E1, G1 en H in combinatie met de vaardigheden uit domein A.

Het CvE kan bepalen, dat het centraal ten dele betrekking heeft op andere subdomeinen, mits de subdomeinen van het centraal tezamen dezelfde studielast hebben als de in de vorige zin genoemde. Het CvE stelt het aantal en de tijdsduur van de zittingen van het centraal examen vast.

Het CvE maakt indien nodig een specificatie bekend van de examenstof van het centraal examen.

Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op domein A en:

- de domeinen en subdomeinen waarop het centraal examen geen betrekking heeft, te weten
 - de subdomeinen D2, I1, I2 en I3;
 - en een keuze van twee uit de subdomeinen B3, E2, F en G2; daarbij kan het bevoegd gezag deze keuze maken, dan wel de keuze aan de kandidaat laten.
- indien het bevoegd gezag daarvoor kiest: een of meer domeinen of subdomeinen waarop het centraal examen betrekking heeft;
- indien het bevoegd gezag daarvoor kiest: andere vakonderdelen, die per kandidaat kunnen verschillen.

De examenstof

Domein A Vaardigheden

Algemene vaardigheden — profieloverstijgend niveau

Subdomein A1: Informatievaardigheden gebruiken.

1. De kandidaat kan doelgericht informatie zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

Subdomein A2: Communiceren

2. De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal in het publieke domein communiceren over onderwerpen uit het desbetreffende vakgebied.

Subdomein A3: Reflecteren op leren

3. De kandidaat kan bij het verwerven van vakkennis en vakvaardigheden reflecteren op eigen belangstelling, motivatie en leerproces.

Subdomein A4: Studie en beroep

4. De kandidaat kan aangeven op welke wijze natuurwetenschappelijke kennis in studie en beroep wordt gebruikt en kan mede op basis daarvan zijn belangstelling voor studies en beroepen onder woorden brengen.

Natuurwetenschappelijke, wiskundige en technische vaardigheden — bètaprofielniveau

Subdomein A5: Onderzoeken

5. De kandidaat kan in contexten instructies voor onderzoek op basis van vraagstellingen uitvoeren en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A6: Ontwerpen

6. De kandidaat kan in contexten op basis van een gesteld probleem een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen, theorie en vaardigheden en valide en consistente redeneringen hanteren.

Subdomein A7: Modelvorming

7. De kandidaat kan in contexten een probleem analyseren, een adequaat model selecteren, en modeluitkomsten genereren en interpreteren. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A8: Natuurwetenschappelijk instrumentarium

8. De kandidaat kan in contexten een voor de natuurwetenschappen relevant instrumentarium hanteren, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; daarbij gaat het om instrumenten voor dataverzameling en -bewerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen.

Subdomein A9: Waarderen en oordelen

9. De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

Natuurkundige vakvaardigheden

Subdomein A10: Kennisontwikkeling en -toepassing

10. De kandidaat kan in contexten analyseren op welke wijze natuurkundige en technologische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

Subdomein A11: Technisch-instrumentele vaardigheden

11. De kandidaat kan op een verantwoorde wijze omgaan met voor de natuurkunde relevante materialen, instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen.

Subdomein A12: Rekenkundige en wiskundige vaardigheden

12. De kandidaat kan een aantal voor de natuurkunde relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden correct en geroutineerd toepassen bij voor de natuurkunde specifieke probleemsituaties.

Subdomein A13: Vaktaal

13. De kandidaat kan de specifieke vaktaal en vakterminologie interpreteren en produceren, waaronder formuletaal, conventies en notaties.

Subdomein A14: Vakspecifiek gebruik van de computer

14. De kandidaat kan de computer gebruiken bij modelleren en visualiseren van verschijnselen en processen, en voor het verwerken van gegevens.

Subdomein A15: Kwantificeren en interpreteren

15. De kandidaat kan fysische grootheden kwantificeren en mathematische uitdrukkingen in verband brengen met relaties tussen fysische begrippen.

Domein B Beeld- en geluidstechniek

Subdomein B1. Informatieoverdracht

16. De kandidaat kan in contexten eigenschappen van trillingen en golven gebruiken bij het analyseren en verklaren van onder andere informatieoverdracht.

Subdomein B2. Medische beeldvorming

17. De kandidaat kan ten minste in de context van medische beeldvorming eigenschappen van ioniserende straling en de effecten van deze straling op mens en milieu beschrijven. Ook kan de kandidaat medische beeldvormingstechnieken beschrijven en analyseren aan de hand van fysische principes, deze principes gebruiken in andere contexten en de diagnostische functie van de beeldvormingstechnieken voor de gezondheid toelichten.

Subdomein B3. Optica*

18. De kandidaat kan aan de hand van toepassingen van geometrische optica en golfoptica eigenschappen van licht beschrijven en analyseren.

Domein C Beweging en energie

Subdomein C1. Kracht en beweging

19. De kandidaat kan in contexten de relatie tussen kracht en bewegingsveranderingen analyseren en verklaren met behulp van de wetten van Newton.

Subdomein C2. Energieomzettingen

20. De kandidaat kan in contexten de begrippen energiebehoud, rendement, arbeid en warmte gebruiken om energieomzettingen te beschrijven en te analyseren.

Domein D Materialen

Subdomein D1. Eigenschappen van stoffen en materialen

21. De kandidaat kan in contexten fysische eigenschappen van stoffen en materialen beschrijven en verklaren met behulp van atomaire en moleculaire modellen.

Subdomein D2. Functionele materialen

22. De kandidaat kan in de context van de ontwikkeling van functionele materialen fysische begrippen gebruiken en de mogelijke toepassingen van deze materialen toelichten en verklaren.

Domein E Aarde en heelal

Subdomein E1. Zonnestelsel en heelal

23. De kandidaat kan het ontstaan en de ontwikkeling van structuren in het heelal beschrijven en bewegingen in het zonnestelsel analyseren en verklaren aan de hand van fysische principes. De kandidaat kan deze principes ook gebruiken in andere contexten.

Subdomein E2. Aarde en klimaat*

24. De kandidaat kan in de context van geofysische systemen fysische verschijnselen en processen beschrijven, analyseren en verklaren.

Domein F Menselijk lichaam*

25. De kandidaat kan in de context van het menselijk lichaam fysische processen beschrijven, analyseren en verklaren en hun functie voor gezondheid en veiligheid toelichten.

Domein G Meten en regelen

Subdomein G1. Gebruik van elektriciteit

26. De kandidaat kan opwekking, transport en toepassingen van elektriciteit beschrijven en analyseren aan de hand van fysische begrippen.

Subdomein G2. Technische automatisering*

27. De kandidaat kan meet-, stuur- en regelsystemen construeren en de functie en werking van de componenten beschrijven.

Domein H Natuurkunde en technologie

28. De kandidaat kan in voorbeelden van technologische ontwikkeling die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen natuurkundige principes en wetmatigheden herkennen, benoemen en toepassen.

Domein I Onderzoek en ontwerp

Subdomein I1. Experiment

29. De kandidaat kan in contexten die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen onderzoek doen door middel van experimenten en de resultaten analyseren en interpreteren.

Subdomein I2. Modelstudie

30. De kandidaat kan in contexten die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen onderzoek doen door middel van modelstudies en de modeluitkomsten analyseren en interpreteren.

Subdomein I3. Ontwerp

31. De kandidaat kan in contexten die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen op basis van een gesteld probleem een ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren.

* uit deze vier (sub)domeinen worden er twee gekozen

Bijlage 2 Grootheden- en eenhedenoverzicht

grootheid	symbool	eenheid	symbol
aantal neutronen in kern	N	-	-
activiteit	A	(deeltjes) per seconde, becquerel	s ⁻¹ , Bq
afstand	x, y, ...	meter	m
arbeid	W	joule	J
atoomnummer	Z	-	-
brekingsindex	n	-	-
dichtheid	ρ	kilogram per kubieke meter	kg m ⁻³
dosis	D	gray	Gy
druk	p	newton per vierkante meter	N m ⁻²
energie	E	joule, kilowattuur	J, kWh
equivalente dosis	H	sievert	Sv
fotonenergie	E _f	joule	J
frequentie	f	hertz	Hz
geleidbaarheid	G	siemens	S
golflengte	λ	meter	m
halveringsdikte	d _{1/2}	meter	m
halveringstijd	t _{1/2}	seconde	s
hoek	α, β, ...	graad	°
intensiteit	I	(deeltjes) per vierkante meter	m ⁻²
kracht	F	newton	N
lading	Q	coulomb	C
lengte	l	meter	m
massa	m	kilogram, atomaire massa-eenheid	kg, u
massagetal	A	-	-
moment	M	newton meter	Nm
oppervlakte	A	vierkante meter	m ²
rendement	η	-	-
snelheid	v	meter per seconde	m s ⁻¹
soortelijke warmte	c	joule per kilogram per kelvin	J kg ⁻¹ K ⁻¹
soortelijke weerstand	ρ	ohm meter	Ωm
spanning	U	volt	V
spanning	σ	newton per vierkante meter	N m ⁻²
straal	r	meter	m
stralingsweegfactor	Q	-	-
stroomsterkte	I	ampère	A
temperatuur	T	kelvin, graad celcius	K, °C
tijd	t	seconde	s
treksterkte	σ	newton per vierkante meter	N m ⁻²
trillingstijd	T	seconde	s
uitwijking, uitrekking	u	meter	m
valversnelling	g	meter per secondekwadraat	m s ⁻²
veerconstante	C	newton per vierkante meter	N m ⁻²
vermogen	P	watt	W
verplaatsing	s	meter	m
versnelling	a	meter per secondekwadraat	m s ⁻²
volume	v	kubieke meter	m ³
warmte	Q	joule	J
warmtegeleidingscoëfficiënt	k	watt per meter per kelvin	W m ⁻¹ K ⁻¹
warmtestroom	P	watt	W
weerstand	R	ohm	Ω
natuurconstanten	symbool	waarde	eenheid
constante van Planck	h	6,62607·10 ⁻³⁴	Js
gravitatieconstante	G	6,6726·10 ⁻¹¹	N m ² kg ⁻²
lichtsnelheid	c	2,99792458·10 ⁸	m s ⁻¹

N.B.: definities worden aangegeven met ≡

Bijlage 3 Examenwerkwoorden bij Natuurkunde

Hieronder staat voor een aantal werkwoorden die regelmatig voorkomen in de centrale examens natuurkunde uitgelegd, wat er van de kandidaat verwacht wordt wanneer het betreffende werkwoord in een vraag gebruikt wordt.

Deze lijst van zogenaamde 'examenwerkwoorden' is niet uitputtend: in vragen kan ook gebruik gemaakt worden van andere werkwoorden.

Bereken

De kandidaat moet de waarde van een grootte uitrekenen, uitgaande van gegevens in de vraag en/of uit Binas.

Uit de uitwerking moet duidelijk blijken welke formules of principes zijn toegepast, welke waarden de kandidaat heeft gebruikt en welke stappen zijn gezet.

Bepaal

De kandidaat moet de waarde van een grootte vaststellen en/of uitrekenen, uitgaande van gegevens in grafieken of figuren of door het maken van een constructie.

Uit de uitwerking moet duidelijk blijken welke formules en/of principes zijn toegepast, welke waarden de kandidaat heeft gebruikt en welke stappen zijn gezet.

Beredeneer, leg uit

De kandidaat moet gegevens uit de opgave combineren met natuurkundige kennis en een of meerdere denkstappen zetten om te komen tot hetgeen beredeneerd of uitgelegd moet worden.

Uit de uitwerking moet duidelijk blijken welke formules of principes zijn toegepast, welke gegevens de kandidaat heeft gebruikt en welke stappen zijn gezet.

Noem, geef (aan), wat, welke, wanneer, hoeveel

De kandidaat kan volstaan met een (eind)antwoord, tenzij vermeld staat: 'licht toe'. In dat geval moet de kandidaat aangeven hoe hij aan het antwoord is gekomen.

Toon aan / laat zien dat

De kandidaat moet laten zien **dat** een gegeven waarde en/of bewering correct is. Hij kan daarbij gebruik maken van berekeningen en/of redeneringen.

Uit de uitwerking moet duidelijk blijken welke formules of principes zijn toegepast, welke waarden de kandidaat heeft gebruikt en welke stappen zijn gezet.

Toon aan / laat zien of

De kandidaat moet laten zien **of** een gegeven waarde en/of bewering correct is. Hij mag daarbij gebruik maken van berekeningen en/of redeneringen. Het antwoord wordt besloten met een conclusie.

Uit de uitwerking moet duidelijk blijken welke formules of principes zijn toegepast, welke waarden de kandidaat heeft gebruikt en welke stappen zijn gezet.

Leid af

De kandidaat moet van een formule (of eenheid) laten zien, dat deze volgt uit gegeven en/of bekende formules gebruik makend van wiskundige bewerkingen, zoals combineren, herschrijven en substitueren.

Een getallenvoorbeeld volstaat niet bij het afleiden van een formule of een eenheid. Bij het afleiden van een formule volstaat bovendien een eenhedenbeschouwing niet.

Schets

De kandidaat moet door middel van een grafische voorstelling kenmerkende eigenschappen aangeven, zonder dat de waarden precies hoeven te kloppen.

Teken

De kandidaat moet door middel van een grafische voorstelling kenmerkende eigenschappen aangeven, waarbij de waarden precies moeten kloppen. In het correctievoorschrift wordt een marge voor deze waarden gegeven.

Construeer

De kandidaat moet door middel van een grafische voorstelling kenmerkende eigenschappen aangeven, waarbij de waarden precies moeten kloppen. In het correctievoorschrift wordt een marge voor deze waarden gegeven.

Uit de uitwerking moet duidelijk blijken welke formules of principes zijn toegepast, welke waarden de kandidaat heeft gebruikt en welke stappen zijn gezet.

Schat

De kandidaat moet de waarde van een grootheid ongeveer aangeven, zonder de exacte waarde te bepalen.

Uit de uitwerking moet duidelijk blijken welke formules of principes zijn toegepast, welke waarden de kandidaat heeft gebruikt en welke stappen zijn gezet.

N.B.: Bovenstaande examenwerkwoorden hebben betrekking op het vak natuurkunde. Bij andere vakken hoeven dezelfde werkwoorden niet dezelfde betekenis te hebben. Zo is de betekenis van het examenwoord 'bepaal' bij wiskunde anders dan bij natuurkunde.

Bijlage 4 Vergelijking met het 2007-programma natuurkunde

Niet in de concept-versie

Bijlage 5 Nieuwe Natuurkunde⁶ in het centraal examen

Syllabus Nieuwe Natuurkunde

In het kader van de vernieuwing van het onderwijs in de bètavakken heeft het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen in februari 2005 de commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo ingesteld. Deze commissie had de opdracht een integraal examenprogramma te ontwerpen en te toetsen in een innovatietraject.

Het door de commissie ontworpen Nieuwe Natuurkunde programma is getest in een examenexperiment op scholen gedurende de jaren 2007-2010. Voor deze test is een werkversie van een syllabus Nieuwe Natuurkunde (mei 2008) geschreven. Op grond van eerste examenervaringen is de eerste werkversie bijgesteld in juni 2010. Kijk voor deze werkversies op www.cve.nl.

Op basis van de ervaringen in de pilot is het examenprogramma nieuwe natuurkunde bijgesteld tot het examenprogramma waarop deze syllabus gebaseerd is. De huidige syllabus is gebaseerd op de tweede werkversie van de syllabus nieuwe natuurkunde. Bijstellingen hebben plaatsgevonden op basis van de aanpassingen aan het examenprogramma, de ervaringen in de pilot en voortschrijdend inzicht.

Nieuwe Natuurkunde in het centraal examen

Het nieuwe programma heeft een aantal gevolgen voor de centrale examinering. Omdat het tot stand komen van een nieuw examenprogramma een proces van jaren is, zijn een deel van de wijzigingen al geleidelijk zichtbaar geworden in de recente centrale examens. Kijk voor de reguliere examens en de examens die gedurende het examenexperiment zijn afgenomen op www.cito.nl.

De meest opvallende gevolgen van het nieuwe natuurkunde programma voor het centraal examen zijn:

- Meer aandacht voor conceptueel begrip en redeneren bij examenvraagstukken. Dit betekent echter niet dat wiskundige vaardigheden en 'rekenen' niet langer van belang zijn voor natuurkunde examens;
- Nieuwe vraagvormen, waaronder meerkeuzevragen (gesloten of open - met uitleg gevraagd) en korte kennisvragen;
- Nieuwe onderwerpen, zowel conceptueel (nieuwe natuurkundige begrippen) als contextueel (voorgescreven contexten en contextgebieden).

⁶ In navolging van de Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs wordt hier gesproken over Nieuwe Natuurkunde waar het nieuwe examenprogramma natuurkunde bedoeld wordt.