College voor Toetsen en Examens

NATUURKUNDE HAVO

SYLLABUS CENTRAAL EXAMEN 2028

Versie 2, april 2026

CENTRALE EXAMENS VO

© 2026 College voor Toetsen en Examens, Utrecht

Alle rechten voorbehouden. Alles uit deze uitgave mag mits voorzien van een bronvermelding en zonder enige wijziging worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier zonder voorafgaande toestemming van het College. Het hergebruik van eventueel auteursrechtelijk beschermd werk van derden in dit werk is niet nader geregeld door het CvTE.

INHOUD

VOORWOORD **4**

1 DOMEININDELING EN CE-TOEKENNING **5**

2 TOELICHTING OP DE SPECIFICATIES **6**
2.1 CONTEXTEN 6
2.2 VAKBEGRIPPEN EN APPARATEN 6
2.3 FORMULES 7
2.4 VERSCHILLEN EN OVEREENKOMSTEN TUSSEN HAVO EN VWO 7
2.5 OPZET VAN DE SPECIFICATIES BIJ DE GLOBALE EINDTERMEN 8

3 DOMEIN A. VAARDIGHEDEN **9**
ALGEMENE VAARDIGHEDEN (PROFIELOVERSTIJGEND NIVEAU) 9
NATUURWETENSCHAPPELIJKE, WISKUNDIGE EN TECHNISCHE VAARDIGHEDEN (BÈTAPROFIELNIVEAU) 9
NATUURKUNDE – SPECIFIEKE VAARDIGHEDEN 11

4 DOMEIN B. BEELD- EN GELUIDSTECHNIEK **14**
SUBDOMEIN B1. INFORMATIEOVERDRACHT 14
SUBDOMEIN B2. MEDISCHE BEELDVORMING 15

5 DOMEIN C. BEWEGING EN ENERGIE **16**
SUBDOMEIN C1. KRACHT EN BEWEGING 16
SUBDOMEIN C2. ENERGIEOMZETTINGEN 17

6 DOMEIN D. MATERIALEN **18**
SUBDOMEIN D1. EIGENSCHAPPEN VAN STOFFEN EN MATERIALEN 18

7 DOMEIN E. AARDE EN HEELAL **19**
SUBDOMEIN E1. ZONNESTELSEL EN HEELAL 19

8 DOMEIN G. METEN EN REGELEN **19**
SUBDOMEIN G1. GEBRUIK VAN ELEKTRICITEIT 19

9 DOMEIN H. NATUURKUNDE EN TECHNOLOGIE **20**

BIJLAGE 1: EXAMENPROGRAMMA **21**

BIJLAGE 2: GROOTHEDEN- EN EENHEDENOVERZICHT **25**

BIJLAGE 3: EXAMENWERKWOORDEN BIJ NATUURKUNDE **27**

VOORWOORD

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

Het College voor Toetsen en Examens (CvTE) geeft in een syllabus, die jaarlijks verschijnt, een toelichting op het CE-deel van het examenprogramma. Behalve een beschrijving van de exameneisen voor een centraal examen kan een 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.

De functie van een syllabus 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 CE 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 ook een hulpmiddel voor degenen die 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 syllabus geldt voor het examenjaar 2028. Syllabi van eerdere jaren zijn niet meer geldig en kunnen van deze versie afwijken. Voor het examenjaar 2029 wordt een nieuwe syllabus vastgesteld.
Het CvTE publiceert uitsluitend digitale versies van de syllabi. Dit gebeurt via Examenblad.nl (www.examenblad.nl), de officiële website voor de examens in het voortgezet onderwijs.
In de syllabi 2028 zijn de wijzigingen ten opzichte van de vorige syllabus voor het examenjaar 2027 duidelijk zichtbaar. De veranderingen zijn geel gemarkeerd. Er zijn diverse vakken waarbij de syllabus 2028 geen inhoudelijke veranderingen heeft ondergaan.

Een syllabus kan ook tussentijds worden aangepast, bijvoorbeeld als een in de syllabus beschreven situatie feitelijk veranderd is. De aan een centraal examen voorafgaande Septembermededeling is dan het moment waarop dergelijke veranderingen bekendgemaakt worden. Kijkt u voor alle zekerheid jaarlijks in september op Examenblad.nl.

Het CvTE stelt het aantal en de tijdsduur van de toetsen van het centraal examen vast en de wijze waarop het centraal examen wordt afgenomen. Deze vaststelling wordt gepubliceerd in het rooster voor de centrale examens en in de Septembermededeling.

Voor opmerkingen over syllabi houdt het CvTE zich steeds aanbevolen. U kunt die zenden aan info@cvte.nl of aan CvTE, Postbus 315, 3500 AH Utrecht.

De voorzitter van het College voor Toetsen en Examens,
Drs. J.H (John) van der Vegt MPM

1 DOMEININDELING EN CE-TOEKENNING

Het examenprogramma staat in bijlage 1. Het betreft hier het programma met globale eindtermen, waarvan het CE-deel in hoofdstuk 3 tot en met 9 van deze syllabus wordt gespecificeerd. Het SE-deel is nader gespecificeerd in een handreiking van SLO. In de handreiking zijn suggesties opgenomen voor het SE-deel welke niet bindend zijn.

In de onderstaande tabel staat vermeld welke subdomeinen op het centraal examen geëxamineerd kunnen worden:

Domein		Subdomein		in CE	moet in SE	mag in SE
A	Vaardigheden			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 TOELICHTING OP DE SPECIFICATIES

2.1 CONTEXTEN

Het begrip *context* kan gedefinieerd worden als: *de omgeving waarin leren plaatsvindt; een situatie of probleemstelling die voor leerlingen betekenis heeft of krijgt door de uit te voeren (leer)activiteiten*[1].

In deze syllabus is bij een aantal specificaties aangegeven in welke context(en) de kennis en vaardigheden uit de specificatie minimaal beheerst moeten worden. Contexten die in de syllabus vermeld staan, worden op het centraal examen bekend verondersteld. Dat wil zeggen dat vragen binnen deze context niet veel toelichting nodig hebben.

Van de kandidaten wordt daarnaast verwacht dat ze hun kennis en vaardigheden *wendbaar* kunnen toepassen. Dat wil zeggen dat ze bij het CE de betreffende kennis en vaardigheden 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.

<u>Voorbeeld:</u>

In specificatie B1.5 staat

De kandidaat kan uit (u,t) en (u,x)-diagrammen de fysische eigenschappen van de trillingen en golven bepalen,

Met als toevoeging: *minimaal in de context: cardiogram, oscillogram*;

Dit betekent dat de kandidaten bekend zijn met een cardiogram en daaruit bijvoorbeeld de frequentie van de hartslag kunnen bepalen. Indien bij het CE deze specificatie in een andere context wordt getoetst, dan moet deze context in het vraagstuk worden toegelicht.

Bij een aantal specificaties is door middel van een voetnoot aangegeven, dat de natuurkundige kennis en vaardigheden uit de specificatie *niet wendbaar* hoeven te worden toegepast.

<u>Voorbeeld:</u>

Bij specificatie B2.4 staat in een voetnoot dat de kandidaat kennis en vaardigheden uit deze specificatie niet wendbaar hoeft te kunnen toepassen.

Dit betekent dat de 'natuurkundige achtergronden' die in deze specificatie worden genoemd (voor zover deze niet elders in de syllabus ook staan) alleen toegepast hoeven te worden in de context van medische beeldvormingstechnieken.

2.2 VAKBEGRIPPEN EN APPARATEN

Bij veel specificaties zijn vakbegrippen of apparaten opgenomen.

Onder een *vakbegrip* wordt verstaan: een begrip uit het natuurkundig vakjargon, d.w.z. een begrip dat binnen de natuurkunde een vast omschreven betekenis heeft. Deze betekenis kan afwijken van de betekenis in het dagelijks leven.

Als een *vakbegrip* opgenomen is bij een specificatie, dan moet de kandidaat:
- bekend zijn met de natuurkundige betekenis van het begrip: "…., in de natuurkunde noemen we dat <vakbegrip>";
- de natuurkundige betekenis in voorkomende gevallen kunnen onderscheiden van de betekenis in het dagelijks leven;
- de natuurkundige betekenis van het begrip kunnen toepassen.

Het is níet nodig dat de kandidaat de achterliggende verklaringen en theorieën van een dergelijk vakbegrip kent.

[1] Bron: Boersma et al., 2003. De relatie tussen context en concept.

Voorbeeld:
Bij specificatie B2.2 staat het vakbegrip 'achtergrondstraling'.

De kandidaat moet bekend zijn met de betekenis van dit begrip. De kandidaat moet deze kennis ook kunnen toepassen, bijvoorbeeld door er rekening mee te houden bij het ontwerpen van een experiment naar de afname van activiteit van een radioactieve bron.

De kandidaat hoeft de precieze oorzaken van achtergrondstraling niet te kennen.

Als een *apparaat* opgenomen is bij een specificatie, dan moet de kandidaat:
- bekend zijn met het natuurkundig gebruik van het apparaat: "…., in de natuurkunde gebruiken we hiervoor een <apparaat>";
- de kennis over het natuurkundig gebruik van het apparaat kunnen toepassen.

Het is níet nodig dat de kandidaat de achterliggende verklaringen en theorieën of de werking van het instrument of apparaat kent.

Voorbeeld:
Bij specificatie G1.4 staat het apparaat 'generator'.

De kandidaat moet bekend zijn met het natuurkundig gebruik van de generator. *Bijvoorbeeld*: "Om kinetische energie om te zetten in elektrische energie gebruiken we een generator."

De kandidaat moet deze kennis ook kunnen toepassen, bijvoorbeeld bij het beschrijven van het opwekken van elektriciteit in een windmolen.

De kandidaat hoeft de achterliggende theorie rond elektromagnetisme en inductie niet te kennen.

2.3 FORMULES

Bij ieder subdomein staat vermeld welke *formules* erbij horen.

Kandidaten moeten:
- berekeningen kunnen maken met deze formules;
- kunnen redeneren met deze formules (zie subdomein A15);
- de grootheden kennen die in de formules voorkomen, evenals de bijbehorende eenheden. Zie ook bijlage 2.

2.4 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 gelijkluidend te maken. Daar waar de omschrijvingen verschillend zijn, kan ervan uitgegaan worden 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 bij vwo zijn formeler dan bij havo,
   - bij de havo wordt geen 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, bij havo niet;
   - bij vwo wordt gebruik gemaakt van differentie-notatie, bij havo niet.

2.5 OPZET VAN DE SPECIFICATIES BIJ DE GLOBALE EINDTERMEN

Iedere domeinspecificatie is op dezelfde wijze opgezet:

Domein

Subdomein + naam

Eindterm
Eindterm uit het examenprogramma

Specificaties
De kandidaat kan:
x. Specificatie
– *(Evt.)* verdere beperking/afbakening of nadere aanduiding
– *(Evt.)* vakbegrippen: (*zie paragraaf 2.2)*
– *(Evt.)* apparaten: (*zie paragraaf 2.2)*
– *(Evt.)* minimaal in de contexten: (*zie paragraaf 2.1)*
y. Specificatie
– *(Evt.)* verdere beperking/afbakening
– *(Evt.)* vakbegrippen: (*zie paragraaf 2.2)*
– *(Evt.)* apparaten: (*zie paragraaf 2.2)*
– *(Evt.)* minimaal in de contexten: *(zie paragraaf 2.1)*
z. Specificatie …

De volgende formules horen bij deze specificaties:
Opsomming van bij de specificaties behorende formules (zie paragraaf 2.3)

3 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:	Natuurkunde – specifieke vaardigheden.

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.

Sommige vaardigheden of onderdelen daarvan zullen *niet op het centraal examen getoetst worden*. Omwille van de volledigheid, zijn deze vaardigheden wel in de syllabus opgenomen, maar *cursief en grijs* afgedrukt.

ALGEMENE VAARDIGHEDEN (PROFIELOVERSTIJGEND NIVEAU)

Subdomein A1. Informatievaardigheden gebruiken

Eindterm

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

Subdomein A2. Communiceren

Eindterm

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

Subdomein A3. Reflecteren op leren

Eindterm

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

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.

NATUURWETENSCHAPPELIJKE, WISKUNDIGE EN TECHNISCHE VAARDIGHEDEN (BÈTAPROFIELNIVEAU)

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:

1 een natuurwetenschappelijk probleem herkennen/specificeren;
2 een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een (of meerdere) onderzoeksvra(a)g(en);
3 verbanden leggen tussen een onderzoeksvraag en natuurwetenschappelijke kennis;
4 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 meerdere) 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 en de resultaten van een onderzoek evalueren;
10 *een natuurwetenschappelijk onderzoek op een geschikte manier presenteren.*
11 herkennen dat er naast een experimentele onderzoeksaanpak ook andere onderzoeksaanpakken zijn.

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:
1 een ontwerpprobleem specificeren;
2 *een ontwerpprobleem herleiden tot een aantal afzonderlijk uitwerkbare deelproblemen (taken, eigenschappen);*
3 *voor een ontwerp een programma van eisen en wensen opstellen: randvoorwaarden, eisen, prioriteiten en wensen;*
4 verbanden leggen tussen natuurwetenschappelijke kennis en taken en eigenschappen van een ontwerp;
5 *meerdere uitwerkingen of oplossingen per deelprobleem geven;*
6 *een beargumenteerd ontwerpvoorstel doen voor een ontwerp, rekening houdend met het programma van eisen;*
7 *een prototype van een ontwerp realiseren;*
8 *een ontwerpproces en -product testen en evalueren, rekening houdend met het programma van eisen;*
9 voorstellen doen voor verbetering van een ontwerp;
10 *een ontwerpproces en -product op een geschikte manier 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:[2]
1 een natuurwetenschappelijk verschijnsel specificeren met als doel het te beschrijven, te verklaren of te voorspellen;
2 een natuurwetenschappelijk verschijnsel vereenvoudigen en de essentiële kenmerken ervan identificeren;
3 van een model de overeenkomsten en verschillen met de werkelijkheid benoemen met als doel de geschiktheid en het geldigheidsgebied van het model te bepalen;
4 van een model beoordelen in hoeverre het aansluit bij het doel waarvoor het ingezet wordt;
5 voor een model een geschikte fysieke, schematische of wiskundige weergave selecteren;
6 met een model eigenschappen van een natuurwetenschappelijk verschijnsel beschrijven, verklaren en/of voorspellen;
7 voorstellen doen voor de verbetering en/of uitbreiding van een model;
8 *de aanpassing, de opbouw of het gebruik van een model 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 bewerkingen[3].

[2] Het gaat hier om modelleren in brede zin, niet om numeriek modelleren
[3] Zie voor de specificaties van de rekenkundige bewerkingen subdomein A12.

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 decimalen als de gegeven meetwaarde met het kleinste aantal decimalen;
   - 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 mathematische 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.*

NATUURKUNDE – SPECIFIEKE VAARDIGHEDEN

Subdomein A10. Kennisontwikkeling en -toepassing
Eindterm
De kandidaat kan in contexten analyseren op welke wijze natuurkundige en technologische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

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, stroboscoop;
     - (vloeistof)thermometer, joulemeter, veer;

    - voedingsapparaat, regelbare weerstand;
2 gebruik maken van kennis over ICT-toepassingen voor het uitvoeren van experimenten met betrekking tot de in de domeinen genoemde vakinhoud,
  - in elk geval de volgende toepassingen:
    - computer met sensoren, lichtpoortje;
    - videometen, meetprogrammatuur;
    - programmatuur voor het verwerken en analyseren van meetgegevens.

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;
  - de oppervlakte en het volume berekenen van een bol.
2 wiskundige technieken toepassen,
  - herleiden en substitueren van formules;
  - redeneren met evenredigheden (recht, omgekeerd, kwadratisch, omgekeerd kwadratisch);
  - oplossen van lineaire en tweedegraads vergelijkingen;
  - toepassen van 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;
  - Gelijkvormigheid bij driehoeken toepassen;
  - grafisch optellen en ontbinden van vectoren;
  - grafieken tekenen bij een meetserie, waaronder een trendlijn;
  - functievoorschriften opstellen van lineaire verbanden, onder andere voor trendlijnen;
  - 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;

Subdomein A13. Vaktaal

Eindterm

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

Specificatie

De kandidaat kan in formules zoals vermeld bij de vakinhoudelijke subdomeinen of gegeven in het examen:

1 de betekenis van de symbolen en notaties aangeven;
2 onderscheid maken tussen afhankelijke en onafhankelijke variabelen en constanten, afhankelijk van de situatie;

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.

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 met behulp van formules zoals vermeld bij de vakinhoudelijke subdomeinen of gegeven in het examen:
   - berekeningen uitvoeren met bekende grootheden en daarbij de juiste formules en eenheden hanteren, inclusief het omrekenen, afleiden en controleren van eenheden en het herleiden tot SI-grondeenheden;
   - vooraf de orde van grootte van een grootheid of uitkomst inschatten en achteraf beoordelen in hoeverre de uitkomst van een vraagstuk juist kan zijn;
   - van een grafiek op basis van de grootheden op de assen de helling en de oppervlakte onder de grafiek interpreteren als een natuurkundige grootheid;

3 in formules zoals vermeld bij de vakinhoudelijke subdomeinen of gegeven in het examen:
   - de invloed van veranderingen van variabelen op elkaar aangeven;
   - eventuele natuurkundige beperkingen bespreken die voor de toepasbaarheid van de formule gelden;
   - bekende wiskundige patronen, zoals vermeld in specificatie A12.2, herkennen;

4 verschillen en overeenkomsten herkennen in wiskundige vergelijkingen en natuurwetenschappelijke formules (structuur, aantal onafhankelijke variabelen, gebruik van eenheden, constanten uitdrukken in getallen);
5 een formule herschrijven naar een andere afhankelijke variabele.

4 DOMEIN B. BEELD- EN GELUIDSTECHNIEK

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, periode, harmonische trilling;

2 berekeningen maken aan de eigentrilling van een massa-veersysteem,
- vakbegrippen: eigenfrequentie, resonantie;

3 golfverschijnselen analyseren,
- gebruiken dat geluid een golfverschijnsel is;
- vakbegrippen: lopende golf, voortplantingssnelheid, geluidsnelheid, echo, lichtsnelheid, transversaal, longitudinaal;

4 bij een staande golf het verband tussen de golflengte en de lengte van het trillende medium met behulp van een tekening toelichten,
- vakbegrippen: knoop, buik, grondtoon, boventoon;
- minimaal in de context: muziekinstrumenten;

5 uit (*u,t*) en (*u,x*)-diagrammen de fysische eigenschappen (zie specificaties 1 en 3) van de trillingen en golven bepalen,
- minimaal in de context: cardiogram, oscillogram;

De volgende formules horen bij deze specificaties:

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

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$$

Subdomein B2. Medische beeldvorming

Eindterm

De kandidaat kan 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 en de diagnostische functie van deze beeldvormingstechnieken voor de gezondheid toelichten.

Specificatie

De kandidaat kan:

1 uitzending, voortplanting en opname van elektromagnetische straling beschrijven,
- de verschillende onderdelen van het elektromagnetisch spectrum en de effecten daarvan op het menselijk lichaam beschrijven: gammastraling, röntgenstraling, ultraviolet, (zichtbaar) licht, infrarood, radiogolven, microgolven;
- vakbegrippen: absorptie, emissie, elektromagnetische golf, foton;

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 activiteit op een bepaald moment bepalen uit een (N,t)-diagram en de gemiddelde activiteit berekenen;
- de vergelijking opstellen van een vervalreactie[4];
- vakbegrippen: stralingsbron, radioactief verval, isotoop, kern, proton, neutron, elektron, atomaire massaeenheid, ioniserend en doordringend vermogen, dracht, röntgenstraling, α-, β[5]- en γ-straling, kosmische straling, achtergrondstraling, bestraling, besmetting, effectieve totale lichaamsdosis in relatie tot stralingsbeschermingsnormen, dosimeter, eV;
- 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;
- minimaal in de context: medische diagnostiek;

4 medische beeldvormingstechnieken aan de hand van hun natuurkundige achtergrond beschrijven, voor- en nadelen van deze technieken noemen en op grond daarvan in gegeven situaties een keuze voor een techniek beargumenteren[6],
- beeldvormingstechnieken: röntgenopname, CT-scan echografie en nucleaire diagnostiek;
- natuurkundige achtergronden: halveringsdikte van menselijke weefsels, ultrasone geluidsgolf, geluidsnelheid in menselijke weefsels, absorptie, transmissie, terugkaatsing, tracer.

[4] Het betreft hier alleen vergelijkingen van spontane vervalreacties.
[5] Alleen β^- hoeft gekend te worden. Als in een examen over β-straling wordt gesproken, wordt dan ook β^--straling bedoeld.
[6] Kandidaten hoeven kennis en vaardigheden uit specificatie B2.4 *niet wendbaar* te kunnen toepassen.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$E_{\mathrm{f}} = hf \qquad c = f\lambda$$

$$A = -\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}} \qquad A_{\text{gem}} = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$$

$$D = \frac{E}{m} \qquad H = w_{\mathrm{R}} D \qquad A = N + Z$$

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

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

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

5 DOMEIN C. BEWEGING EN 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 eenparige rechtlijnige bewegingen;
2 eigenschappen van bewegingen bepalen aan de hand van plaats-tijddiagrammen en snelheid-tijddiagrammen:
   - de volgende bewegingen herkennen: eenparige rechtlijnige 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 (val)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 onder de kromme;
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 de grootte en/of richting van krachten uit een vectortekening[7],
   - krachten: zwaartekracht, schuifwrijvingskracht, rolweerstandskracht, luchtweerstandskracht, normaalkracht, spankracht, spierkracht, veerkracht;
4 de eerste wet van Newton uitleggen en toepassen;
5 de tweede wet van Newton uitleggen en toepassen;
6 de derde wet van Newton uitleggen en toepassen
   - vakbegrippen: actiekracht, reactiekracht, gewicht
7 de momentenwet/hefboomwet toepassen op stilstaande voorwerpen; berekeningen alleen in situaties waarbij twee krachten werken waarvan de werklijnen niet door het draaipunt gaan.
   - vakbegrippen: zwaartepunt, aangrijpingspunt, werklijn, arm, moment;
   - minimaal in de context: menselijk lichaam.

[7] Van leerlingen wordt niet verwacht dat zij hier aan kunnen rekenen met behulp van goniometrische functies.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

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

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

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

$$F_{\text{z}} = mg \qquad F_v = Cu$$

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

$$F_1 r_1 = F_2 r_2$$

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,
- berekenen van arbeid uit kracht en verplaatsing alleen in situaties waarbij de richting van de kracht evenwijdig is aan de verplaatsing;

2 energieomzettingen analyseren,
- de wet van behoud van energie en de relatie tussen arbeid en kinetische energie toepassen;
- minimaal de bewegingen: vrije val, valbeweging met wrijving en verticale worp;
- energieën: kinetische energie, zwaarte-energie, chemische energie, elektrische energie, stralingsenergie, warmte;
- vakbegrip: wrijvingsarbeid;
- minimaal in de contexten: energiegebruik en energiebesparing in het verkeer, de bewegende mens.

3 de warmtepomp energetisch beschouwen, dat wil zeggen: als een apparaat dat thermische energie verplaatst van koude naar warme plekken en daar een input van energie voor nodig heeft,
- in een gegeven probleemstelling beargumenteren welke van deze energieën vergeleken moeten worden om tot een geschikte maat voor de efficiëntie van de warmtepomp te komen;
- minimaal in de context: het verwarmen van een gebouw.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$W = Fs$$

$$P = \frac{E}{t} \qquad P = \frac{W}{t} \qquad P = Fv$$

$$E_{\text{k}} = \tfrac{1}{2} mv^2 \qquad E_{\text{z}} = mgh$$

$$E_{\text{ch}} = r_{\text{v}} V \qquad E_{\text{ch}} = r_{\text{m}} m$$

$$W_{\text{tot}} = \Delta E_{\text{k}} \qquad E_{\text{tot,in}} = E_{\text{tot,uit}}$$

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

6 DOMEIN D. MATERIALEN

Subdomein D1. Eigenschappen van stoffen en 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, stollen, verdampen, condenseren, sublimeren, rijpen, molecuul, atoom;

2 warmtetransport verklaren met behulp van materiemodellen,
- het verband tussen de warmtestroom en de thermische geleidbaarheid van een stof uitleggen en eenvoudige berekeningen aan de warmtestroom[8] maken;
- vakbegrippen: geleiding, stroming, straling;
- minimaal in de context: energiebesparing door isolatie;

3 temperatuurveranderingen van een stof beschrijven als gevolg van het toe- of afvoeren van warmte,
- temperatuur beschrijven in termen van beweging van deeltjes en uitleggen dat er een absoluut nulpunt bestaat;
- soortelijke warmte als stofeigenschap;
- omrekenen van graden Celsius naar kelvin en omgekeerd;

4 debiet hanteren als maat voor de grootte van een gas- of vloeistofstroom,
- ten minste in de context: stroming door buizen

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$Q = cm\Delta T$$

$$P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = Av$$

[8] Onder warmtestroom wordt verstaan: de hoeveelheid warmte die per tijdseenheid door een wand gaat. Hierbij mag de invloed van de luchtlagen aan weerszijden van de wand verwaarloosd worden.

7 DOMEIN E. AARDE EN HEELAL

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.

Specificatie

De kandidaat kan:

1 de structuur van het zonnestelsel beschrijven,
- waarnemingen van maanfasen en de hemelbaan van zon, maan en sterren interpreteren;
- vakbegrippen: planeet, komeet, meteoriet;

2 cirkelbewegingen met constante baansnelheid analyseren,
- berekeningen maken aan de middelpuntzoekende kracht alleen in situaties waarin slechts één kracht de rol van middelpuntzoekende kracht heeft;
- vakbegrippen: omlooptijd, baanstraal, baansnelheid;

3 de baan van planeten om de zon en van maan en satellieten om de aarde analyseren met behulp van de gravitatiekracht,
- uitleggen hoe de valversnelling aan het planeetoppervlak afhangt van de massa en de straal van de planeet;
- vakbegrippen: geostationaire baan;

4 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;
- structuren: cluster, sterrenstelsel, planetenstelsel;
- vakbegrippen: oerknal, uitdijend heelal, lichtsnelheid, lichtjaar, Melkweg, zonnestelsel;
- de wet van Wien gebruiken;

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$F_{\mathrm{g}} = G\frac{mM}{r^2}$$

$$F_{\mathrm{mpz}} = \frac{mv^2}{r} \qquad v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$\lambda_{\mathrm{max}} T = k_{\mathrm{W}}$$

8 DOMEIN G. METEN EN REGELEN

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 definities van stroomsterkte en soortelijke weerstand gebruiken;
- vakbegrippen: vrij elektron, ion, afstotende en aantrekkende elektrische kracht, spanningsbron, geleider, isolator;

2 stroomkringen analyseren en daarbij voor serie- en parallelschakelingen van weerstanden berekeningen maken over spanning, stroomsterkte en weerstand,
- bij gemengde schakelingen alleen beredeneren en eenvoudige berekeningen maken;
- de juiste aansluitwijze van stroommeter en spanningsmeter toepassen;

- de volgende componenten toepassen binnen een schakeling: diode, LDR, NTC, PTC, ohmse weerstand, lamp, motor, verwarmingselement, zekering, aardlekschakelaar;
- schakelschema's tekenen en interpreteren;
- vakbegrippen: stroomdeling, spanningsdeling, kortsluiting;

3 het vermogen en het rendement van energieomzettingen in een elektrische stroomkring analyseren,
- berekeningen aan elektrische energie in joule en in kilowattuur;
- minimaal in de contexten: lichtbronnen en apparaten in huis (gloeilamp, spaarlamp, LED, elektromotor, verwarmingselement en kWh-meter), energiegebruik, energiebesparing;

4 de energie-omzetting bij verschillende opwekkingsvormen van elektriciteit beschrijven, en deze opwekkingsvormen vergelijken ten aanzien van duurzaamheid en energiedichtheid,
- opwekkingsvormen: kerncentrale, conventionele (fossiele brandstof) centrale, waterkrachtcentrale, zonnecel, waterstof-/brandstofcel, windturbine;
- apparaat: generator;

5 verschillende vormen van transport en opslag van elektriciteit beschrijven,
- gebruiken dat bij elektrolyse van water elektrische energie gebruikt wordt om waterstof te produceren;
- opslagvormen: batterij, accu, waterstof en andere brandstoffen;
- vormen van transport: elektriciteitskabels, vervoer van waterstof en andere brandstoffen;
- Vakbegrip: energiedichtheid, capaciteit.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$I = \frac{Q}{t} \qquad \rho = \frac{RA}{\ell}$$

$$U = IR$$

Voor een serieschakeling:

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

Voor een parallelschakeling:

$$U_{\text{tot}} = U_1 = U_2 = \ldots \qquad I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + \ldots \qquad \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$$

$$P = UI \qquad E = Pt$$

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

9 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 havodomeinen 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.

BIJLAGE 1: EXAMENPROGRAMMA

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 examen heeft betrekking op de (sub)domeinen B1, B2, C1, C2, D1, E1, G1 en H in combinatie met de vaardigheden uit domein A.
Het CvE kan bepalen, dat het centraal examen ten dele betrekking heeft op andere subdomeinen, mits de subdomeinen van het centraal examen 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 subdomeinen D2, I1, I2 en I3;
- een keuze van twee uit de (sub)domeinen 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.

Natuurkunde – specifieke vaardigheden

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 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 en de diagnostische functie van deze 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.

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	symbool
aantal kernen	N	-	-
aantal neutronen in kern	N	-	-
activiteit	A	(deeltjes) per seconde, becquerel	s^{-1}, Bq
afstand[9]	Δx, s	meter	m
arbeid	W	joule	J
arm	r	meter	m
atoomnummer	Z	-	-
~~brekingsindex~~	~~n~~	~~–~~	~~–~~
capaciteit		ampèreuur, wattuur	Ah, Wh
debiet	Q	kubieke meter per seconde	$m^3\ s^{-1}$
dichtheid	ρ	kilogram per kubieke meter	$kg\ m^{-3}$
dikte	d	meter	m
energie	E	joule, kilowattuur, elektronvolt	J, kWh, eV
equivalente dosis	H	sievert	Sv
frequentie	f	hertz	Hz
golflengte	λ	meter	m
halveringsdikte	$d_{1/2}$	meter	m
halveringstijd	$t_{1/2}$	seconde	s
hoogte	h	meter	m
intensiteit	I	(deeltjes) per vierkante meter	m^{-2}
kracht	F	newton	N
lading	Q	coulomb	C
lengte	ℓ	meter	m
massa	m, M	kilogram	kg
massagetal	A	-	-
oppervlakte	A	vierkante meter	m^2
plaats	x	meter	m
rendement	η	-	-
snelheid	v	meter per seconde	$m\ s^{-1}$
soortelijke warmte	c	joule per kilogram per kelvin	$J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

[9] Uit de context blijkt of hiermee de kortste afstand tussen twee punten óf de afgelegde weg wordt bedoeld

grootheid	symbool	eenheid	symbool
soortelijke weerstand	ρ	ohm meter	Ω m
spanning	U	volt	V
stookwaarde	r_v, r_m	joule per kubieke meter, joule per kilogram	J m^{-3} J kg^{-1}
straal	r	meter	m
stralingsdosis	D	gray	Gy
stralingsweegfactor	w_R	-	-
stroomsterkte	I	ampère	A
temperatuur	T	kelvin, graad Celsius	K, °C
tijd	t	seconde	s
trillingstijd	T	seconde	s
uitwijking, uitrekking	u	meter	m
valversnelling	g	meter per secondekwadraat	m s^{-2}
veerconstante	C	newton per meter	N m^{-1}
vermogen	P	watt	W
verplaatsing[10]	Δx, s	meter	m
versnelling	a	meter per secondekwadraat	m s^{-2}
volume	V	kubieke meter	m^3
warmte	Q	joule	J
warmtegeleidingscoëfficiënt	λ	watt per meter per kelvin	W m^{-1} K^{-1}
warmtestroom	P	watt	W
weerstand	R	ohm	Ω

natuurconstanten	symbool
constante van Planck	h
gravitatieconstante	G
lichtsnelheid	c
constante van Wien	k_W

[10] Uit de context blijkt of hiermee de kortste afstand tussen twee punten óf de afgelegde weg wordt bedoeld.

BIJLAGE 3: EXAMENWERKWOORDEN BIJ NATUURKUNDE

Er is een gecombineerde lijst voor examenwerkwoorden opgesteld voor natuur- en wiskunde. Er is gestreefd naar maximale afstemming en overlap. De complete lijst voor wis- en natuurkunde is omstreeks maart 2017 in een nieuwsbericht gepubliceerd op Examenblad.nl.

In onderstaande lijst staan de relevante examenwerkwoorden voor natuurkunde. Als in een natuurkunde-examen een van de woorden uit onderstaande lijst wordt gebruikt, geldt de betekenis die hiervan in deze lijst is gegeven. Deze lijst met examenwerkwoorden is niet uitputtend.

Examen(werk)woord	Betekenis
Algemeen: **Tenzij anders aangegeven, is de wijze waarop het antwoord gevonden wordt vrij.**	
Aantonen dat, laten zien dat	Het geven van een redenering en/of bepaling en/of berekening waaruit de juistheid van het gestelde blijkt. Uit de uitwerking moet blijken welke stappen zijn gezet. In het algemeen geldt dat het gestelde controleren door middel van een of meer voorbeelden niet voldoet
Aantonen of	Het geven van een redenering en/of bepaling en/of berekening waaruit de (on)juistheid van het gestelde blijkt. Het antwoord moet worden afgesloten met een conclusie. Uit de uitwerking moet blijken welke stappen zijn gezet. In het algemeen geldt dat het gestelde controleren door middel van een of meer voorbeelden niet voldoet, tenzij het geven van een tegenvoorbeeld tot de juiste conclusie leidt.
Afleiden van bijvoorbeeld een formule of een eenheid	Het geven van een redenering waaruit de juistheid van de formule of eenheid volgt uit de gegevens en/of formules in de opgave en/of met behulp van toegestane hulpmiddelen, gebruik makend van wiskundige bewerkingen, zoals combineren, herschrijven en substitueren. Uit de uitwerking moet blijken welke stappen zijn gezet. De formule controleren door middel van een of meer getallen of het invullen van eenheden voldoet niet.
Bepalen	Het gevraagde vaststellen en/of uitrekenen uitgaande van gegevens in de opgave en/of andere informatiebronnen. Voor minstens één van de grootheden in de berekening moet een waarde gegenereerd worden uit een grafiek, een figuur, een constructie of andere informatiebron. Uit de uitwerking moet blijken welke formules en/of principes zijn toegepast, welke waarden zijn gebruikt en welke stappen zijn gezet.
Beredeneren, uitleggen	Het geven van een uitwerking waarin de denkstappen staan, waaruit het gestelde/gevraagde blijkt.
Berekenen	Het gevraagde uitrekenen, uitgaande van getalsmatige gegevens in de opgave en/of andere informatiebronnen. Uit de uitwerking moet blijken welke formules en/of principes zijn toegepast, welke waarden zijn gebruikt en welke stappen zijn gezet.
Construeren	Het geven van een grafische voorstelling die de voor de probleemsituatie relevante karakteristieke eigenschappen bevat met een nauwkeurigheid die overeenkomt met de in het correctievoorschrift aangegeven marge. Uit de uitwerking moet blijken welke stappen zijn gezet.

Examen(werk)woord	Betekenis
Noemen, (aan)geven wat, welke, wanneer, hoeveel	Een eindantwoord geven. Een toelichting is niet vereist tenzij anders is aangegeven.
Schatten	Een benadering van een waarde geven door middel van een berekening, bepaling of redenering. Uit de uitwerking moet blijken welke waarden zijn gebruikt en welke stappen zijn gezet.
Schetsen	Het geven van een grafische voorstelling die de voor de probleemsituatie relevante karakteristieke eigenschappen bevat.
Tekenen	Het geven van een grafische voorstelling die de voor de probleemsituatie relevante karakteristieke eigenschappen bevat en voldoende nauwkeurig is. In het geval van een grafiek moet een assenstelsel met schaalverdeling zijn weergegeven. Het assenstelsel moet voorzien zijn van grootheden en eenheden.
Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.	Het geven van een uitkomst in het juiste aantal significante cijfers passend bij de gebruikte gegevens en uitgevoerde berekening. Bij tussentijds afronden dient minimaal het aantal significante cijfers van de uitkomst meegenomen te worden.
Noteer je antwoord in n significante cijfers.	Het geven van een uitkomst in het gevraagde aantal significante cijfers. Bij tussentijds afronden dient minimaal het aantal significante cijfers van de uitkomst meegenomen te worden.

COLLEGE VOOR TOETSEN EN EXAMENS

Het College voor Toetsen en Examens is namens de overheid verantwoordelijk voor de kwaliteit en het niveau van de centrale examens en toetsen in Nederland. Het heeft verschillende examens en toetsen onder zijn hoede.

cvte.nl

SAMEN BOUWEN WE AAN GOEDE TOETSEN EN EXAMENS

Centrale Eindtoets primair onderwijs: de eindtoets die de overheid aanbiedt aan leerlingen uit groep 8. De uitkomst is een advies voor het best passende brugklastype.
Centraleeindtoetspo.nl

Centrale examens voortgezet onderwijs: het centrale deel van de eindexamens vmbo, havo of vwo. Het diploma geeft toegang tot passend vervolgonderwijs.
Examenblad.nl

Staatsexamens voortgezet onderwijs: examens voor iedereen die individueel of op vso-scholen niet in staat is via het regulier voortgezet onderwijs examen af te leggen.
Staatsexamensvo.nl

Centrale examens middelbaar beroepsonderwijs: centrale examens Nederlandse taal en Engels voor studenten in het mbo. De uitkomst is onderdeel van het mbo-diploma.
Examenbladmbo.nl

Staatsexamens Nederlands als tweede taal: examens Nederlandse taal voor iedereen die Nederlands niet als moedertaal heeft. Het diploma toont aan dat het Nederlands voldoende is voor werk of opleiding.
Staatsexamensnt2.nl