College voor Toetsen en Examens

# NATUURKUNDE VWO

## 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 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. GOLVEN** **14**
SUBDOMEIN B1. INFORMATIEOVERDRACHT 14
SUBDOMEIN B2. MEDISCHE BEELDVORMING 14

**5 DOMEIN C. BEWEGING EN WISSELWERKING** **15**
SUBDOMEIN C1. KRACHT EN BEWEGING 15
SUBDOMEIN C2. ENERGIE EN WISSELWERKING 16
SUBDOMEIN C3. GRAVITATIE 17

**6 DOMEIN D. LADING EN VELD** **18**
SUBDOMEIN D1. ELEKTRISCHE SYSTEMEN 18
SUBDOMEIN D2. ELEKTRISCHE EN MAGNETISCHE VELDEN 18

**7 DOMEIN E. STRALING EN MATERIE** **19**
SUBDOMEIN E2. ELEKTROMAGNETISCHE STRALING EN MATERIE 19

**8 DOMEIN F. QUANTUMWERELD EN RELATIVITEIT** **20**
SUBDOMEIN F1. QUANTUMWERELD 20

**9 DOMEIN H. NATUURWETTEN EN MODELLEN** **22**

**BIJLAGE 1. EXAMENPROGRAMMA NATUURKUNDE VWO** **23**

**BIJLAGE 2. GROOTHEDEN- EN EENHEDENOVERZICHT** **27**

**BIJLAGE 3. EXAMENWERKWOORDEN BIJ NATUURKUNDE** **30**

# 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 dus 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 | Golven | B1 | Informatieoverdracht | X | | X |
| | | B2 | Medische beeldvorming | X | | X |
| C | Beweging en wisselwerking | C1 | Kracht en beweging | X | | X |
| | | C2 | Energie en wisselwerking | X | | X |
| | | C3 | Gravitatie | X | | X |
| D | Lading en veld | D1 | Elektrische systemen | X | | X |
| | | D2 | Elektrische en magnetische velden | X | | X |
| E | Straling en materie | E1 | Eigenschappen van stoffen en materialen | | X | |
| | | E2 | Elektromagnetische straling en materie | X | | X |
| | | E3* | Kern- en deeltjesprocessen | | bk* | |
| F | Quantumwereld en relativiteit | F1 | Quantumwereld | X | | X |
| | | F2* | Relativiteitstheorie | | bk* | |
| G | Leven en aarde | G1* | Biofysica | | bk* | |
| | | G2* | Geofysica | | bk* | |
| H | Natuurwetten en modellen | | | X | | X |
| I | Onderzoek en ontwerp | I1 | Experiment | | X | |
| | | I2 | Modelstudie | | X | |
| | | I3 | Ontwerp | | X | |

* bk = beperkte keuze: uit deze vier subdomeinen worden er twee gekozen.

# 2 TOELICHTING OP DE SPECIFICATIES

## 2.1 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)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

Bij veel specificaties zijn vakbegrippen 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.

## 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 zijn bij vwo 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.)* minimaal in de contexten: (*zie paragraaf 2.1)*
*y. Specificatie*
– *(Evt.)* verdere beperking/afbakening
– *(Evt.)* vakbegrippen: (*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 vraagstellingen analyseren, gebruik makend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

***Specificatie***

De kandidaat kan:

1. een natuurwetenschappelijk probleem 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, gebruik makend van de begrippen nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en validiteit;
10 *een natuurwetenschappelijk onderzoek op een geschikte manier presenteren.*
11 toelichten dat er naast een experimentele onderzoeksaanpak ook andere onderzoeksaanpakken mogelijk zijn;
12 de aard van de opbrengst van onderzoek duiden en daarbij de begrippen onzekerheid en waarschijnlijkheid hanteren.

## 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 relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model toetsen en beoordelen. 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 en waar nodig kwantificeren;
6 *een adequaat model opstellen of bijstellen;*
7 met een model eigenschappen van een natuurwetenschappelijk verschijnsel beschrijven, verklaren en/of voorspellen;
8 voorstellen doen voor de verbetering en/of uitbreiding van een model;

[2] - De oude specificaties zijn volledig vervangen door nieuwe. Een deel van de oude specificaties is terecht gekomen in subdomein A14.
- NB: het gaat hier om modelleren in brede zin. Numeriek modelleren wordt in specificatie A14.1 beschreven

9 *het tot stand komen, 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].

***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;
- als de logaritme van een meetwaarde wordt genomen, krijgt het antwoord evenveel decimalen als de meetwaarde significante cijfers heeft;
- 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***

[3] Zie voor de specificaties van de rekenkundige bewerkingen subdomein A12.

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 in de praktijk 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, oscilloscoop, GM-teller;
  - krachtmeter, luchtkussenbaan, stroboscoop;
  - (vloeistof)thermometer, veer;
  - filters, spectroscoop;
  - elektroscoop, voedingsapparaat, regelbare weerstand.

2 gebruik maken van kennis over ICT-toepassingen voor het uitvoeren van experimenten en modelstudies met betrekking tot de in de domeinen genoemde vakinhoud,

- in elk geval de volgende toepassingen:
  - computer met sensoren, lichtpoortje;
  - videometen, meetprogrammatuur;
  - modelleerprogrammatuur;
  - 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;
- de oppervlakte berekenen van een bol;
- de oppervlakte berekenen van een cilinder
- het volume berekenen van een balk, een cilinder en een bol;
- absolute waarde toepassen;

2 wiskundige technieken toepassen,

- herleiden en substitueren van formules;
- redeneren met evenredigheden (recht, omgekeerd, kwadratisch, omgekeerd kwadratisch);
- oplossen van lineaire en tweedegraads vergelijkingen;
- oplossen van twee lineaire vergelijkingen met twee onbekenden;
- toepassen van log x, ln x, $e^{-ax}$, $e^{ax}$, $a^x$, $x^a$ , sin x en cos x;
- 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;
- relaties van de vorm $y = ax^2$, $y = ax^{-1}$, $y = ax^{-2}$, $y = ax^{1/2}$ door coördinatentransformatie weergeven als een rechte lijn door de oorsprong;
- functievoorschriften opstellen van lineaire verbanden, evenredige verbanden (recht, omgekeerd, kwadratisch, omgekeerd kwadratisch) en wortelverbanden, onder andere voor trendlijnen;
- grafieken tekenen met behulp van een functievoorschrift;
- aflezen van diagrammen, waaronder logaritmische diagrammen, dubbel-logaritmische diagrammen en diagrammen met asonderbrekingen;
- interpoleren en extrapoleren in diagrammen en tabellen;
- differentiëren van lineaire en kwadratische functies, machtsfuncties, sinusfuncties en cosinusfuncties;

- 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, parameters 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.

***Specificatie***

De kandidaat kan:

1 numerieke modellen[4] hanteren in contexten binnen alle subdomeinen
- *een numeriek model ontwerpen;*
- *een bestaand rekenmodel omzetten naar een numeriek model;*
- een numeriek model interpreteren, analyseren en de onderliggende natuurkunde herkennen;
- een incompleet numeriek model aanvullen[5];
- een numeriek model aanpassen aan een gewijzigde natuurkundige situatie;
- een numeriek model evalueren op basis van uitkomsten, verwachtingen en (meet)gegevens, rekening houdend met eventuele foutmarges in modelparameters;
- de volgende notaties herkennen: Als..Dan..(Anders..)EindAls, EN, OF, Stop, Teken(), Abs();
- vakbegrippen: modelregel, startwaarde, stopvoorwaarde, stapgrootte, iteratief proces;

2 *de computer gebruiken bij het 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:

[4] In deze syllabus hanteren we daarvoor de definitie: een verzameling modelregels met startwaarden waarmee de tijdsevolutie van een natuurkundige situatie kan worden doorgerekend. Op het centraal examen worden (indien nodig) de modelregels (als modelformules), startwaarden en grafische modelweergave van een numeriek model gezamenlijk getoond.
[5] Kandidaten hoeven deze aanvulling niet in een programmeertaal te formuleren.

- 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, parameters en constanten uitdrukken in getallen);

5 een formule herschrijven naar een andere afhankelijke variabele.

# 4 DOMEIN B. GOLVEN

## 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 en grafisch weergeven,
- aan de hand van een numeriek model het verband laten zien tussen de natuurkundige voorwaarde van een harmonische trilling (kracht evenredig met en tegengesteld gericht aan de uitwijking) en de wiskundige beschrijving ervan (sinusfunctie);
- vakbegrippen: periode, gereduceerde fase, faseverschil;

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

3 golfverschijnselen analyseren en grafisch weergeven,
- gebruiken dat geluid een golfverschijnsel is;
- vakbegrippen: gereduceerde fase, faseverschil, 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 analyseren,
- 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;

6 uitleggen hoe de waargenomen golflengte en frequentie van een golf veranderen als bron en ontvanger ten opzichte van elkaar bewegen.
- vakbegrip: dopplereffect

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$f = \frac{1}{T} \qquad v = f\lambda \qquad \overrightarrow{F_{res}} = -C\vec{u}$$

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

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T} \qquad \Delta\varphi = \frac{\Delta x}{\lambda} \qquad v_{\max} = \frac{2\pi A}{T}$$

$u = A\sin(\frac{2\pi}{T}t)$, niet : uitrekenen van $t$ als $u$ gegeven is

$$\ell = n\tfrac{1}{2}\lambda \qquad \ell = (2n-1)\tfrac{1}{4}\lambda$$

## 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,
- 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 berekenen en bepalen uit een (*N,t*)-diagram;
- de vergelijking opstellen van een kernreactie;
- vakbegrippen: stralingsbron, radioactief verval, isotoop, kern, proton, neutron, elektron, atomaire massaeenheid, ioniserend en doordringend vermogen, dracht, röntgenstraling, α-, β[6]- en γ-straling, kosmische straling, achtergrondstraling, bestraling, besmetting, 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,
- 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[7],
- beeldvormingstechnieken: röntgenopname, CT-scan, MRI-scan, PET-scan, echografie en nucleaire diagnostiek;
- natuurkundige achtergronden: halveringsdikte van menselijke weefsels, magnetisch veld en resonantie, omgevingsafhankelijkheid van relaxatietijd, annihilatie, creatie van een elektron-positronpaar, ultrasone geluidsgolf, geluidsnelheid in menselijke weefsels, absorptie, transmissie, terugkaatsing, tracer.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

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

$$A = -\frac{dN}{dt} \qquad A = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} N$$

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

$$A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{1/2}}}$$

# 5 DOMEIN C. BEWEGING EN WISSELWERKING

## Subdomein C1. Kracht en beweging

***Eindterm***
De kandidaat kan in contexten de relatie tussen kracht en bewegingsveranderingen kwalitatief en

[6] β kan zowel $\beta^+$ als $\beta^-$ zijn. In het examen blijkt dat uit de context of wordt expliciet gesproken over $\beta^+$ of $\beta^-$.
[7] Kandidaten hoeven de kennis uit specificatie B2.4 *niet wendbaar* te kunnen toepassen.

kwantitatief 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 / 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, gebruik makend van het inzicht dat de snelheid de afgeleide is van de plaats naar de tijd;
- uit een (*v,t*)-diagram de (val)versnelling op een bepaald moment bepalen, gebruik makend van het inzicht dat de versnelling de afgeleide is van de snelheid naar de tijd;
- uit een (*v,t*)-diagram de verplaatsing en de gemiddelde snelheid bepalen met behulp van de oppervlakte;

3 krachten op een systeem analyseren zowel aan de hand van een vectortekening als met behulp van goniometrische relaties, waaronder het samenstellen van en ontbinden in componenten en het bepalen van de grootte en/of richting van krachten,
- krachten: zwaartekracht, schuifwrijvingskracht, rolweerstandskracht, luchtweerstandskracht, normaalkracht, spankracht, spierkracht, veerkracht;

4 de eerste wet van Newton uitleggen en toepassen,
- vakbegrip: traagheid;

5 de tweede wet van Newton uitleggen en toepassen;
6 de derde wet van Newton uitleggen en toepassen,
- vakbegrippen: actiekracht, reactiekracht, gewicht;

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$s = vt$, met $v$ constant

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

$v = \dfrac{dx}{dt}$ $\qquad a = \dfrac{dv}{dt}$

$\overrightarrow{F_z} = m\vec{g}$ $\qquad F_v = Cu$

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

$F_{\text{w},\ell} = \frac{1}{2}\rho c_{\text{w}} A v^2$ $\qquad F_{\text{w,s,max}} = fF_{\text{N}}$

$\overrightarrow{F_{\text{res}}} = \sum_i \overrightarrow{F_{\text{i}}} = m\vec{a}$ $\qquad \overrightarrow{F_{AB}} = -\overrightarrow{F_{BA}}$

## Subdomein C2. Energie en wisselwerking
***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,
- de arbeid bepalen uit een kracht-verplaatsingsdiagram;

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, verticale worp, trilling en stuiterbeweging;

- energieën: kinetische energie, zwaarte-energie, veerenergie, chemische energie, elektrische energie, stralingsenergie, warmte;
- vakbegrippen: potentiële energie, (positieve en negatieve) arbeid, wrijvingsarbeid, periodieke beweging;
- minimaal in de contexten: energiegebruik en energiebesparing in het verkeer, de bewegende mens.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$W = Fs\cos\alpha$$

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

$$E_\mathrm{k} = \tfrac{1}{2}mv^2 \qquad E_\mathrm{z} = mgh \qquad E_\mathrm{v} = \tfrac{1}{2}Cu^2$$

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

$$\sum W = \Delta E_\mathrm{k} \qquad \sum E_\mathrm{in} = \sum E_\mathrm{uit}$$

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

## Subdomein C3. Gravitatie

***Eindterm***

De kandidaat kan ten minste in de context van het heelal bewegingen analyseren en verklaren aan de hand van de gravitatiewisselwerking.

***Specificatie***

De kandidaat kan:

1 cirkelbewegingen met constante baansnelheid analyseren,
- berekeningen maken aan de middelpuntzoekende kracht alleen in situaties waarin slechts één kracht de rol van middelpuntzoekende kracht heeft[8];
- vakbegrippen: omlooptijd, baanstraal, baansnelheid;

2 bewegingen van voorwerpen in een gravitatieveld analyseren met behulp van de gravitatiekracht en de gravitatie-energie,
- het verband toepassen tussen ontsnappingssnelheid en de massa en straal van een hemellichaam;
- uitleggen hoe de valversnelling aan het planeetoppervlak afhangt van de massa en de straal van de planeet;
- vakbegrippen: gravitatiewisselwerking, geostationaire baan;
- minimaal in de contexten: maan, planeet, satelliet.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

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

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

[8] In constructies, tekeningen en redeneringen kan het wel voorkomen dat er meerdere krachten de rol van middelpuntzoekende kracht vervullen. Zie ook specificatie C1.3.

# 6 DOMEIN D. LADING EN VELD

## Subdomein D1. Elektrische systemen

***Eindterm***

De kandidaat kan in contexten elektrische schakelingen analyseren met behulp van de wetten van Kirchhoff[9]. Daarbij kan de kandidaat energieomzettingen analyseren.

***Specificatie***

De kandidaat kan:

1 het verschijnsel elektrische stroom uitleggen als verplaatsing van lading ten gevolge van een aangelegde spanning,
- de definities van stroomsterkte, spanning en soortelijke weerstand gebruiken;
- vakbegrippen: vrij elektron, ion, elementaire lading, spanningsbron, batterij, accu, geleider, isolator;

2 stroomkringen analyseren en daarbij voor serie- en parallelschakelingen 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, opwekking van elektriciteit.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

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

$$U = IR$$

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:

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

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

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

## Subdomein D2. Elektrische en magnetische velden

***Eindterm***

De kandidaat kan in contexten elektromagnetische verschijnselen beschrijven, analyseren en verklaren met behulp van elektrische en magnetische velden.

[9] In de syllabus is dit beperkt tot de wetten zoals deze gelden in serie- en parallelschakelingen. Kandidaten hoeven een algemenere formulering dus niet te kennen.

***Specificatie***
De kandidaat kan:
1 een elektrisch veld beschrijven als gevolg van de aanwezigheid van elektrische lading,
- richting van het elektrisch veld bepalen;
- vakbegrippen: afstotende en aantrekkende elektrische kracht, homogeen en radiaal elektrisch veld, veldlijn;

2 het verband tussen spanning en kinetische energie toepassen op een geladen deeltje in een homogeen elektrisch veld,
- elektrische energie als vorm van potentiële energie gebruiken;
- eenheid elektronvolt uitleggen;
- minimaal in de contexten: röntgenbuis, lineaire versneller;

3 een magnetisch veld beschrijven als gevolg van de aanwezigheid van bewegende elektrische lading,
- richting van het magnetisch veld bepalen bij een permanente magneet, een rechte stroomdraad en een spoel;
- vakbegrippen: homogeen en inhomogeen magnetisch veld, veldlijn, elektromagneet;
- minimaal in de context: aardmagnetisch veld;

4 het effect van een magnetisch veld op een elektrische stroom en op bewegende lading beschrijven,
- grootte en richting van de lorentzkracht bepalen;
- minimaal in de contexten: elektromotor, luidspreker;

5 elektromagnetische inductieverschijnselen in verschillende situaties analyseren,
- gebruik maken van de definitie van flux;
- toepassen van het inzicht dat de inductiespanning rechtevenredig is met het aantal windingen en met de fluxverandering per tijdseenheid;
- minimaal in de volgende situaties: een bewegende magneet in een spoel en een draaiend draadraam in een homogeen magneetveld;
- minimaal in de contexten: dynamo, microfoon.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$F_{\text{el}} = f\frac{qQ}{r^2} \qquad \overrightarrow{F_{\text{el}}} = q\overrightarrow{E}$$

$$\Delta E_{\text{k}} = -\Delta E_{\text{el}} \qquad \Delta E_{\text{el}} = qU$$

$$F_{\text{L}} = BI\ell \qquad F_{\text{L}} = Bqv$$

$$\Phi = B_{\perp}A$$

$$U_{\text{ind}} \propto N \qquad U_{\text{ind}} \propto \frac{d\Phi}{dt}$$

# 7 DOMEIN E. STRALING EN MATERIE

## Subdomein E2. Elektromagnetische straling en materie

***Eindterm***
De kandidaat kan in astrofysische en andere contexten de wisselwerking tussen straling en materie beschrijven en verklaren aan de hand van de begrippen atoomspectrum, absorptie, emissie en stralingsenergie.

***Specificatie***
De kandidaat kan:
1 voor gebonden elektronen,
- uit energieniveauschema's golflengtes en frequenties van spectraallijnen bepalen;
- absorptie- en emissiespectra verklaren aan de hand van energieniveauschema’s;
- vakbegrippen: foton, grondtoestand, aangeslagen toestand, ionisatie-energie;
- minimaal in de context: atomen;

2 het licht van sterren analyseren,

- in de context van een Hertzsprung-Russelldiagram temperatuur, totaal stralingsvermogen en straal hanteren als eigenschappen van sterren;
- met behulp van het dopplereffect de radiale snelheid van sterren analyseren aan de hand van het spectrum;
- een uitspraak doen over de aanwezigheid van elementen in sterren aan de hand van het spectrum;
- vakbegrippen: fraunhoferlijn, roodverschuiving en blauwverschuiving;

3 Het gegeven dat kernfusie van waterstof de belangrijkste energiebron van sterren is benoemen en toepassen[10]

- vakbegrip: massadefect

4 het verband tussen de uitgezonden golflengtes en de temperatuur beschrijven en toepassen,

- de wet van Wien toepassen;
- vakbegrippen: planck-kromme, continu spectrum;
- minimaal in de contexten: gloeilampen, sterren;

5 verklaren hoe de op aarde waargenomen intensiteit van een ster samenhangt met het totale stralingsvermogen van de ster en de afstand tot de ster,

- de wet van Stefan-Boltzmann toepassen;
- minimaal in de context: zon;

6 beschrijven hoe in het totale spectrum van elektromagnetische straling waarnemingen aan het heelal worden verricht,

- aan de hand van geschikte tabellen en andere bronnen de verschillende onderdelen van het elektromagnetisch spectrum en de eigenschappen van deze stralingssoorten beschrijven: gammastraling, röntgenstraling, ultraviolet, (zichtbaar) licht, infrarood, radiogolven, microgolven;

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$E_\mathrm{f} = hf \qquad E_\mathrm{f} = \frac{hc}{\lambda} \qquad E_\mathrm{f} = \left|E_\mathrm{m} - E_\mathrm{n}\right|$$

$$E = mc^2 \qquad v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}c$$

$$\lambda_\mathrm{max}T = k_\mathrm{W} \qquad I = \frac{P_\mathrm{bron}}{4\pi r^2} \qquad P_\mathrm{bron} = \sigma A T^4$$

# 8 DOMEIN F. QUANTUMWERELD EN RELATIVITEIT

## Subdomein F1. Quantumwereld

***Eindterm***

De kandidaat kan in contexten de golf-deeltjedualiteit en de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg[11] toepassen, en de quantisatie van energieniveaus in enkele voorbeelden verklaren aan de hand van een eenvoudig quantumfysisch model.

***Specificatie***

De kandidaat kan:[12]

1 toelichten in hoeverre licht golf- en deeltjesgedrag vertoont,

- het ontstaan van diffractie toelichten bij een enkelspleet;
- uitleggen hoe en onder welke voorwaarden maxima en minima ontstaan bij een dubbelspleet;
- rekenen aan de maxima bij een tralie
- interferentiepatronen interpreteren als waarschijnlijkheidsverdelingen voor de detectie van fotonen; de opbouw van deze patronen beschrijven bij lage intensiteit en daarbij benoemen dat fotonen met zichzelf interfereren
- constructieve en destructieve interferentie herleiden tot faseverschillen en weglengteverschillen en vice versa;

[10] Kandidaten hoeven de kennis uit specificatie E2.3 *niet wendbaar* te kunnen toepassen.
[11] Eén van de aspecten van de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg is het niet tegelijkertijd kunnen praten over golfgedrag en deeltjesgedrag; alleen dit aspect is opgenomen in de syllabus. Kandidaten hoeven de algemene formulering dus niet te kennen.
[12] De oude specificaties zijn volledig vervangen door nieuwe. De nieuwe specificaties overlappen gedeeltelijk met de oude.

- ondeelbaarheid hanteren als kenmerkende deeltjeseigenschap, voor een foton minimaal in de context van specificatie E2.1
- het principe toepassen dat informatie over de genomen weg eventuele interferentie voorkomt,
  - minimaal in de context van het dubbelspleet-experiment met welke-spleetdetectie;

2 toelichten in hoeverre elektronen golf- en deeltjes gedrag vertonen, analoog aan specificatie 1,
- berekeningen maken met de debroglie-golflengte;
- minimaal in de context: diffractie aan kristalroosters;

3 quantumverschijnselen beschrijven bij enkele modellen voor opgesloten deeltjes,
- een deeltje in een oneindig diepe één-dimensionale energieput kwalitatief beschrijven met behulp van knopen en buiken in een golffunctie[13] en de mogelijke energieën van het deeltje berekenen;
- hanteren dat bij een eindig diepe één-dimensionale energieput de golffunctie en de bijbehorende waarschijnlijkheidsverdeling exponentieel afnemend doorlopen in de barrière;
- het energiespectrum van het waterstofatoom hanteren en toelichten dat het discrete karakter van het spectrum samenhangt met het ontstaan van knopen en buiken in de golffunctie voor het elektron;
- (het kwadraat van) de plaatsafhankelijke amplitude van een golffunctie interpreteren als een maat voor de waarschijnlijkheid om het deeltje ter plekke aan te treffen;
- vakbegrippen: quantisatie, grondtoestand, aangeslagen toestand, tunnelen;

4 het principe toepassen dat zich maximaal één elektron in dezelfde toestand kan bevinden,
- het fenomeen elektronspin hanteren als een magneetje dat met een extern magneetveld mee kan staan of er tegenin, bijvoorbeeld twee elektronen met tegenovergestelde spin;
- benoemen dat in vaste stoffen de discrete atomaire toestanden combineren tot vrijwel continue energiebanden met daartussen eventuele band gaps;
- vakbegrip: uitsluitingsprincipe van Pauli;

5 materialen en elektrische componenten analyseren aan de hand van het concept band gap:
- bij een zonnecel
- onderscheid maken tussen geleiders, halfgeleiders en isolatoren;
  - de werking van een LDR en een NTC beschrijven;

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$d\sin\alpha_n = n\lambda$$

$$E_f = hf$$

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \quad \text{(in eV)} \qquad\qquad E_n = n^2\frac{h^2}{8mL^2}$$

[13] De kandidaat hoeft niet te kunnen omgaan met lineaire combinaties van golffuncties en ook de relatie met de schrödingervergelijking wordt niet bekend verondersteld. Het gebruik van het concept golffunctie blijft verder beperkt tot de context van specificatie 3.

# 9 DOMEIN H. NATUURWETTEN EN MODELLEN

***Eindterm***

De kandidaat kan in voorbeelden die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen fundamentele natuurkundige principes en wetmatigheden herkennen, benoemen en toepassen.
Ook kan de kandidaat een model hanteren en de grenzen van de toepasbaarheid en betrouwbaarheid van een bepaald model voor een fysisch verschijnsel beoordelen.

***Specificatie***

De kandidaat kan:

1 in voorbeelden die passen bij de specificaties van de vwo-domeinen uit deze syllabus fundamentele natuurkundige principes en wetmatigheden herkennen, benoemen en toepassen[14],

- principes: universaliteit, schaalonafhankelijkheid, denken in ordes van grootte, analogie;
- wetmatigheden: behoudswetten, wetten van Newton, kwadratenwet;
- vakbegrippen: natuurwet, natuurconstante, verband, vergelijking;

2 voorbeelden die passen bij de specificaties van de vwo-domeinen uit deze syllabus gebruiken om toe te lichten hoe het begrip model in de natuurkunde wordt gehanteerd en de grenzen van de toepasbaarheid en betrouwbaarheid van een bepaald model voor een fysisch verschijnsel beoordelen,

- het inzicht toepassen dat een model een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid is en dit relateren aan de beperkte toepasbaarheid van het model;
- onderscheid maken tussen een denkmodel, schaalmodel, numeriek model en computermodel;

[14] Hier wordt bedoeld dat de kandidaat overzicht heeft over de gehele CE-stof en onderwerpen uit de verschillende domeinen met elkaar kan combineren. Deze specificatie is nadrukkelijk niet bedoeld als een uitbreiding van de stof met nieuwe kennis.

# BIJLAGE 1. EXAMENPROGRAMMA NATUURKUNDE VWO

**Het eindexamen**

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

| | |
|---|---|
| Domein A | Vaardigheden |
| Domein B | Golven |
| Domein C | Beweging en wisselwerking |
| Domein D | Lading en veld |
| Domein E | Straling en materie |
| Domein F | Quantumwereld en relativiteit |
| Domein G | Leven en aarde |
| Domein H | Natuurwetten en modellen |
| Domein I | Onderzoek en ontwerp |

***Het centraal examen***

Het centraal examen heeft betrekking op de (sub)domeinen B1, B2, C1, C2, C3, D1, D2, E2, F1 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 E1, I1, I2 en I3;
- een keuze van twee uit de subdomeinen E3, F2, G1 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 vraagstellingen analyseren, gebruik makend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken. 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 relevant probleem analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model toetsen en beoordelen. 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 Golven

**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.

Domein C Beweging en wisselwerking

**Subdomein C1: Kracht en beweging**

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

**Subdomein C2: Energie en wisselwerking**

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

**Subdomein C3: Gravitatie**

20 De kandidaat kan ten minste in de context van het heelal bewegingen analyseren en verklaren aan de hand van de gravitatiewisselwerking

Domein D Lading en veld

**Subdomein D1: Elektrische systemen**

21 De kandidaat kan in contexten elektrische schakelingen analyseren met behulp van de wetten van Kirchhoff. Daarbij kan de kandidaat energieomzettingen analyseren.

**Subdomein D2: Elektrische en magnetische velden**

22 De kandidaat kan in contexten elektromagnetische verschijnselen beschrijven, analyseren en verklaren met behulp van elektrische en magnetische velden.

Domein E Straling en materie

**Subdomein E1: Eigenschappen van stoffen en materialen**

23 De kandidaat kan in contexten fysische eigenschappen van stoffen en materialen beschrijven en kan deze eigenschappen verklaren en analyseren aan de hand van deeltjesmodellen.

**Subdomein E2: Elektromagnetische straling en materie**

24 De kandidaat kan in astrofysische en andere contexten de wisselwerking tussen straling en materie beschrijven en verklaren aan de hand van de begrippen atoomspectrum, absorptie, emissie en stralingsenergie.

**Subdomein E3: Kern- en deeltjesprocessen***

25 De kandidaat kan in contexten behoudswetten en de equivalentie van massa en energie gebruiken in het beschrijven en analyseren van deeltjes- en kernprocessen.

Domein F Quantumwereld en relativiteit

**Subdomein F1: Quantumwereld**

26 De kandidaat kan in contexten de golf-deeltjedualiteit en de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg toepassen, en de quantisatie van energieniveaus in enkele voorbeelden verklaren aan de hand van een eenvoudig quantumfysisch model.

**Subdomein F2: Relativiteitstheorie***

27 De kandidaat kan in gedachte-experimenten en toepassingen de verschijnselen tijdrek en lengtekrimp verklaren aan de hand van de begrippen lichtsnelheid, gelijktijdigheid en referentiestelsel.

Domein G Leven en aarde

**Subdomein G1: Biofysica***

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

**Subdomein G2: Geofysica***

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

Domein H Natuurwetten en modellen

30 De kandidaat kan in voorbeelden die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen fundamentele natuurkundige principes en wetmatigheden herkennen, benoemen en toepassen. Ook kan de kandidaat een model hanteren en de grenzen van de toepasbaarheid en betrouwbaarheid van een bepaald model voor een fysisch verschijnsel beoordelen.

Domein I Onderzoek en ontwerp

**Subdomein I1: Experiment**

31 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**

32 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**

33 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 subdomeinen worden er twee gekozen.

# BIJLAGE 2. GROOTHEDEN- EN EENHEDENOVERZICHT

| grootheid | symbool | Eenheid | symbool |
|---|---|---|---|
| aantal kernen | $N$ | - | - |
| aantal neutronen in kern | $N$ | - | - |
| aantal windingen in spoel | $N$ | - | - |
| activiteit | $A$ | (deeltjes) per seconde, becquerel | $s^{-1}$, Bq |
| afstand[15] | $\Delta x$, $s$ | meter | m |
| amplitude | $A$ | meter | m |
| arbeid | $W$ | joule | J |
| atoomnummer | $Z$ | - | - |
| dichtheid | $\rho$ | kilogram per kubieke meter | kg $m^{-3}$ |
| elektrische veldsterkte | $\vec{E}$ | volt per meter | V $m^{-1}$ |
| energie | $E$ | joule, kilowattuur, elektronvolt | J, kWh, eV |
| equivalente dosis | $H$ | sievert | Sv |
| fase | $\varphi$ | - | - |
| flux | $\Phi$ | weber | Wb |
| frequentie | $f$ | hertz | Hz |
| golflengte | $\lambda$ | meter | m |
| halveringsdikte | $d_{1/2}$ | meter | m |
| halveringstijd | $t_{1/2}$ | seconde | s |
| hoek | $\alpha$ | graad | ° |
| impuls | $p$ | kilogram meter per seconde | kg m $s^{-1}$ |
| hoogte | $h$ | meter | m |
| intensiteit | $I$ | watt per vierkante meter | W $m^{-2}$ |
| intensiteit | $I$ | (deeltjes) per vierkante meter | $m^{-2}$ |
| kracht | $F$ | newton | N |
| lading | $q$, $Q$ | Coulomb | C |
| lengte | $\ell$, $L$ | meter | m |
| luchtweerstandscoëfficiënt | $c_w$ | - | - |
| magnetische veldsterkte | $B$ | tesla | T |
| massa | $m$, $M$ | kilogram, atomaire massaeenheid | kg, u |

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

| grootheid | symbool | Eenheid | symbool |
|---|---|---|---|
| massagetal | $A$ | - | - |
| oppervlakte | $A$ | vierkante meter | $m^2$ |
| plaats | $x$ | meter | m |
| rendement | $\eta$ | - | - |
| schuifwrijvingscoëfficiënt | $f$ | - | - |
| snelheid | $v$ | meter per seconde | $m\ s^{-1}$ |
| soortelijke weerstand | $\rho$ | ohm meter | Ω m |
| spanning | $U$ | volt | V |
| stookwaarde | $r_v$,<br>$r_m$ | joule per kubieke meter,<br>joule per kilogram | $J\ m^{-3}$<br>$J\ kg^{-1}$ |
| straal | $r$ | meter | m |
| stralingsdosis | $D$ | gray | Gy |
| stralingsweegfactor | $w_R$ | - | - |
| stroomsterkte | $I$ | ampère | A |
| temperatuur | $T$ | kelvin, graad Celsius | K, °C |
| totaal stralingsvermogen | $P$ | watt | W |
| tijd | $t$ | seconde | s |
| tralieconstante | $d$ | meter | m |
| 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[16] | $\Delta x$, $s$ | meter | m |
| versnelling | $a$ | meter per secondekwadraat | $m\ s^{-2}$ |
| volume | $V$ | kubieke meter | $m^3$ |
| weerstand | $R$ | ohm | Ω |

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

| natuurconstanten | symbool |
|---|---|
| constante wet van Coulomb | $f$ (=1/4π$\varepsilon_0$) |
| gravitatieconstante | G |
| lichtsnelheid | c |
| constante van Planck | h |
| constante van Stefan-Boltzmann | σ |
| constante van Wien | $k_W$ |

# 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:**<br>**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.<br>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.<br>Uit de uitwerking moet blijken welke stappen zijn gezet.<br>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.<br>Uit de uitwerking moet blijken welke stappen zijn gezet.<br>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.<br><br>Uit de uitwerking moet blijken welke formules en/of principes zijn toegepast, welke waarden zijn gebruikt en welke stappen zijn gezet. |
| Beredeneren,<br>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.<br>Uit de uitwerking moet blijken welke formules en/of principes zijn toegepast, welke waarden zijn gebruikt en welke stappen zijn gezet. |

| Examen(werk)woord | Betekenis |
|---|---|
| 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.<br>Uit de uitwerking moet blijken welke stappen zijn gezet. |
| 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.<br>In het geval van een grafiek moet een assenstelsel met schaalverdeling zijn weergegeven.<br>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