



College voor Examen

NATUURKUNDE HAVO

Syllabus centraal examen 2012

November 2010

Verantwoording:

© 2010 College voor Examens vwo, havo, vmbo, Utrecht.

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

Inhoud

Voorwoord	3
1. Het centraal examen havo	4
1.1 Zittingen centraal examen	4
1.2 Hulpmiddelen	4
1.3 Verdeling examinering CE/SE	4
2. Specificatie van de globale eindtermen voor het CE	5
Domein A1: Vaardigheden.....	5
Domein B: Elektrische processen.....	7
Domein C: Licht en geluid.....	8
Domein D: Kracht en beweging	10
Domein E: Materie en energie	11
Bijlage: Examenprogramma Natuurkunde havo	13

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 examenprogramma geldt tot nader orde.

Het College voor Examens (CvE - voorheen CEVO¹) geeft in een syllabus, die in beginsel jaarlijks verschijnt, een toelichting op het CE-deel van het examenprogramma. Behalve een beschrijving van de exameneisen voor een centraal examen kan de syllabus verdere informatie over het centraal examen bevatten, bijvoorbeeld over een of meer van de volgende onderwerpen: specificaties van examenstof, begrippenlijsten, bekend veronderstelde onderdelen van domeinen of exameneenheden die verplicht zijn op het schoolexamen, bekend veronderstelde voorkennis uit de onderbouw, bijzondere vormen van examinering (zoals computerexamens), voorbeeldopgaven, toelichting op de vraagstelling, toegestane hulpmiddelen.

Ten aanzien van de syllabus is nog het volgende op te merken. De functie ervan is een leraar in staat te stellen zich een goed beeld te vormen van wat in het centraal examen wel en niet gevraagd kan worden. Naar zijn aard is een syllabus dus niet een volledig gesloten en afgebakende beschrijving van alles wat op een examen zou kunnen voorkomen. Het is mogelijk, al zal dat maar in beperkte mate voorkomen, dat op een 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 zodoende een hulpmiddel voor degenen die anderen of zichzelf op een centraal examen voorbereiden. Een syllabus kan ook behulpzaam zijn voor de producenten van leermiddelen en voor nascholingsinstanties. De syllabus is *niet* van belang voor het schoolexamen. Daarvoor zijn door de SLO handreikingen geproduceerd die niet in deze uitgave zijn opgenomen.

Deze syllabus geldt voor het examenjaar 2012. Syllabi van eerdere jaren zijn niet meer geldig en kunnen van deze versie afwijken. Voor het examenjaar 2013 wordt een nieuwe syllabus vastgesteld. Het CvE 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 2012 zijn de wijzigingen ten opzichte van de vorige syllabus voor het examenjaar 2011 duidelijk zichtbaar. Deze veranderingen zijn geel gemarkeerd. Er zijn diverse vakken waarbij de syllabus 2012 geen inhoudelijke veranderingen heeft ondergaan.

Een syllabus kan zo nodig 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 CvE 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 CvE zich steeds aanbevolen. U kunt die zenden aan info@cve.nl of aan CvE, Postbus 315, 3500 AH Utrecht.

De voorzitter van het College voor Examens,
Drs. H.W. Laan

¹ Op 1 oktober 2009 is de CEVO (Centrale Examencommissie Vaststelling Opgaven) opgegaan in het CvE. De CEVO bestaat niet meer, maar besluiten van de CEVO, onder meer over de syllabi, blijven van kracht zolang deze niet herzien zijn door het CvE.

1. Het centraal examen havo

1.1 Zittingen centraal examen

Raadpleeg hiervoor het Examenblad, www.examenblad.nl

1.2 Hulpmiddelen

Raadpleeg hiervoor het Examenblad, www.examenblad.nl

1.3 Verdeling examinering CE/SE

Het centraal examen heeft betrekking op de subdomeinen B1, B2, C1, C2, D1, D2 en E2 in combinatie met de vaardigheden uit domein A1.

In de onderstaande tabel is weergegeven hoe de subdomeinen over het CE en SE verdeeld worden.

Domein		Subdomein	CE	moet in SE	mag in SE
A1	Vaardigheden	<ol style="list-style-type: none">1. Taalvaardigheden2. Reken-/wiskundige vaardigheden3. Informatievaardigheden4. Technisch-instrumentele vaardigheden5. Ontwerpvaardigheden6. Onderzoeksvaardigheden7. Maatschappij, studie en beroep	x x x x x x x	x x x x x x x	
A2	Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en techniek	<ol style="list-style-type: none">1. Kennisvorming2. Toepassing van kennis3. De invloed van natuurwetenschap en techniek		x x x	
B	Elektrische processen	<ol style="list-style-type: none">1. Elektriciteit2. Regelsystemen en signaalverwerking3. Elektromagnetisme4. Opwekking en transport van elektrische energie	x x	x x	x x
C	Licht en geluid	<ol style="list-style-type: none">1. Licht2. Trillingen en golven	x x		x x
D	Kracht en beweging	<ol style="list-style-type: none">1. Beweging2. Kracht, arbeid en energie	x x		x x
E	Materie en energie	<ol style="list-style-type: none">1. Energie2. Straling, gezondheid en kernenergie	x	x	x

2. Specificatie van de globale eindtermen voor het CE

Domein A1: Vaardigheden

Subdomein A1-1: Taalvaardigheden

1. De kandidaat kan adequaat schriftelijk en mondeling communiceren over natuurwetenschappelijke onderwerpen.

Specificatie

De kandidaat kan zowel mondeling als schriftelijk:

- 1.1 correct formuleren.
- 1.2 conventies hanteren bij tekst- en alineaopbouw, tekstsoort en uiterlijke presentatie.
- 1.3 beknopt formuleren.
- 1.4 taalgebruik afstemmen op het doel en het publiek.
- 1.5 informatie inhoudelijk logisch presenteren.
- 1.6 op adequate wijze informatie overbrengen.
- 1.7 een standpunt beargumenteren en verdedigen.
- 1.8 verslag doen.

Subdomein A1-2: Reken-/wiskundige vaardigheden

2. De kandidaat kan een aantal voor het vak relevante reken-/wiskundige vaardigheden toepassen om natuurwetenschappelijke problemen op te lossen.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 2.1 basisrekenvaardigheden uitvoeren:
 - een (grafische) rekenmachine gebruiken;
 - rekenen met verhoudingen, procenten, machten, wortels;
 - omtrek van een cirkel berekenen;
 - de oppervlakte berekenen van een driehoek en een cirkel;
 - absolute waarde toepassen.
- 2.2 berekeningen uitvoeren met bekende grootheden en relaties en daarbij de juiste formules en eenheden hanteren:
 - formules zoals vermeld bij de vakinhoudelijke subdomeinen.
- 2.3 wiskundige technieken toepassen:
 - omwerken van eenvoudige wiskundige betrekkingen;
 - rekenen met evenredigheden (recht en omgekeerd);
 - oplossen van lineaire en tweedegraadsvergelijkingen;
 - twee lineaire vergelijkingen met twee onbekenden oplossen;
 - stelling van Pythagoras toepassen;
 - sinus-, cosinus- en tangensfunctie toepassen;
 - vectoren optellen, aftrekken, ontbinden en vermenigvuldigen met een scalar;
 - berekeningen bij ontbinden alleen bij twee onderling loodrechte richtingen;
 - berekeningen van grootte en richting bij samenstellen van vectoren alleen bij twee onderling loodrechte assen;
 - grafieken tekenen met behulp van een functievoorschrift;
 - interpoleren en extrapoleren in grafieken, tabellen en diagrammen;
 - de grafiek tekenen en het functievoorschrift opstellen bij rechtevenredige verbanden;
 - raaklijn tekenen aan een kromme en de richtingscoëfficiënt bepalen;
 - de oppervlakte onder een grafiek schatten, benaderen.
- 2.4 afgeleide eenheden herleiden tot eenheden van het SI.
- 2.5 uitkomsten schatten en beoordelen.
- 2.6 uitkomsten van berekeningen weergeven in een aanvaardbaar aantal significante cijfers:
 - een uitkomst mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is.

Subdomein A1-3: Informatievaardigheden

3. De kandidaat kan, mede met behulp van ICT, informatie selecteren, verwerken, beoordelen en presenteren.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 3.1 informatie verwerven en selecteren uit schriftelijke, mondelinge en audiovisuele bronnen, mede met behulp van ICT.
- 3.2 informanten kiezen en informanten bevragen.
- 3.3 benodigde gegevens halen uit grafieken, tekeningen, simulaties, schema's, diagrammen en tabellen en deze gegevens interpreteren, mede met behulp van ICT:
 - onder andere het in tabellen opzoeken van grootheden, symbolen, eenheden en formules.
- 3.4 gegevens weergeven in grafieken, tekeningen, schema's, diagrammen en tabellen, mede met behulp van ICT.
- 3.5 hoofd- en bijzaken onderscheiden.
- 3.6 feiten met bronnen verantwoorden.
- 3.7 informatie en meetresultaten analyseren, schematiseren en structureren, mede met behulp van ICT.
- 3.8 de betrouwbaarheid beoordelen van informatie en de waarde daarvan vaststellen voor het op te lossen probleem of te maken ontwerp.
- 3.9 natuurkundige grootheden via de computer meten met een sensor.

Subdomein A1-4: Technisch-instrumentele vaardigheden

4. De kandidaat kan op een verantwoorde manier omgaan met voor het vak relevante organismen en stoffen, instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 4.1 gebruik maken van stoffen, instrumenten en apparaten:
 - voor het in de praktijk uitvoeren van experimenten en technische ontwerpen met betrekking tot de in de domeinen genoemde vakinhoud, voorzover veiligheid, milieu-eisen, kosten en beschikbaar instrumentarium dit toelaten.specificatie apparatuur:
 - krachtmeter;
 - stemvork, toongenerator, luidspreker, microfoon, oscilloscoop;
 - prisma, filters, optische bank, optische schijf, brekingslichamen, positieve lens, glasvezels, fototoestel, diaprojector, overheadprojector;
 - vloeistofthermometer, meetlint, maatglas, stopwatch en weegschaal;
 - elektroscop, batterij, voedingsapparaat, schuifweerstand, stroommeter, spanningsmeter, kWh-meter, ohmse weerstand, LDR, NTC, LED;
 - permanente magneten, stroomspoel, transformator;
 - GM-teller.
- 4.2 bij het raadplegen, verwerken en presenteren van informatie en bij het inzichtelijk maken van processen gebruik maken van toepassingen van ICT.
- 4.3 gebruik maken van micro-elektronicasystemen voor meten, sturen en regelen.
- 4.4 aangeven met welke technieken en apparaten de belangrijkste grootheden uit de natuurwetenschappen worden gemeten.
- 4.5 verantwoord omgaan met stoffen, instrumenten en organismen, zonder daarbij schade te berokkenen aan mensen, dieren en milieu.

Subdomein A1-5: Ontwerpvaardigheden

5. De kandidaat kan een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 5.1 een technisch probleem herkennen en specificeren.
- 5.2 een technisch probleem herleiden tot een ontwerpopdracht.

- 5.3 prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen voor het uitvoeren van een ontwerp.
- 5.4 een werkplan maken voor het uitvoeren van een ontwerp.
- 5.5 een ontwerp bouwen.
- 5.6 ontwerpproces en -product evalueren, rekening houdende met ontwerpeisen en randvoorwaarden.
- 5.7 voorstellen doen voor verbetering van het ontwerp.

Subdomein A1-6: Onderzoeksvaardigheden

6. De kandidaat kan een natuurwetenschappelijk onderzoek voorbereiden, uitvoeren, de verzamelde onderzoeksresultaten verwerken en hieruit conclusie trekken.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 6.1 een natuurwetenschappelijk probleem herkennen en specificeren.
- 6.2 verbanden leggen tussen probleemstellingen, hypothesen, gegevens en aanwezige natuurwetenschappelijke voorkennis.
- 6.3 een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een onderzoeksvraag.
- 6.4 hypothesen opstellen en verwachtingen formuleren.
- 6.5 prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen om een natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren.
- 6.6 een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een onderzoeksvraag.
- 6.7 relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen.
- 6.8 conclusies trekken op grond van verzamelde gegevens van uitgevoerd onderzoek.
- 6.9 oplossingen, onderzoeksgegevens, resultaten en conclusies evalueren.

Subdomein A1-7: Maatschappij, studie en beroep

7. De kandidaat kan toepassingen en effecten van natuurwetenschappen en techniek in verschillende maatschappelijke situaties herkennen en benoemen. Tevens kan hij een verband leggen tussen de praktijk van verschillende beroepen en de eigen kennis, vaardigheden en attitude.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 7.1 toepassingen van de natuurwetenschappen herkennen in verschillende maatschappelijke situaties.
- 7.2 maatschappelijke effecten benoemen van natuurwetenschappelijke en technologische toepassingen in verschillende maatschappelijke situaties.
- 7.3 een relatie leggen tussen natuurwetenschappelijke kennis en vaardigheden en de praktijk van verschillende beroepen.
- 7.4 een relatie leggen tussen eigen vaardigheden, kennis en attitudes en de eisen van opleidingen en beroepsuitoefening.

Domein B: Elektrische processen

Basiskennis B0

De kandidaat heeft kennis van:

- positieve en negatieve lading;
- kracht tussen ladingen;
- geleiders en isolatoren;
- stroomgeleiding door vrije elektronen.

Subdomein B1: Elektriciteit

11. De kandidaat kan toepassingen van het gebruik van elektriciteit beschrijven, de bijbehorende schakelingen en de onderdelen daarvan analyseren.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 11.1 toepassingen van het gebruik van elektriciteit beschrijven in de gezondheidszorg en techniek:
 - opwekking van warmte;
 - magnetische werking.
- 11.2 eigenschappen, functie en wijze van aansluiting beschrijven van onderdelen van een elektrische schakeling:
 - spanningsbron;
 - weerstand, LDR, NTC;
 - gloeilamp, verwarmingselement, LED;
 - stroommeter en spanningsmeter;
 - zekering en aardlekschakelaar;
 - kWh-meter.
- 11.3 schema's tekenen van elektrische schakelingen die opgebouwd of beschreven zijn.
- 11.4 problemen oplossen met behulp van formules:
 - spanning, stroom, weerstand, energie en/of vermogen;
 - serie- en parallelschakeling;
 - soortelijke weerstand en draadvormige geleiders;
 - omrekenen kWh naar J en omgekeerd.
- 11.5 de volgende formules toepassen:

$$I = \frac{Q}{t}, \quad U = IR, \quad U = U_1 + U_2 + \dots, \quad R_v = R_1 + R_2 + \dots, \quad I = I_1 + I_2 + \dots, \quad \frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots, \quad R = \rho \frac{\ell}{A},$$
$$P = \frac{E}{t}, \quad P = UI, \quad P = I^2 R.$$

Subdomein B2: Regelsystemen en signaalverwerking

12. De kandidaat kan een geautomatiseerd systeem ontwerpen en de werking van de componenten beschrijven.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 12.1 het gebruik uitleggen van geautomatiseerde meet-, stuur- en regelsystemen in en om het huis, in de milieutechniek en in de gezondheidszorg:
 - de functie van sensor, verwerker en actuator;
 - bij een gegeven doel een keuze maken uit sensoren.
- 12.2 het bereik, de gevoeligheid en de nauwkeurigheid van een sensor experimenteel of op grond van gegevens bepalen.
- 12.3 bij het doen van proeven de elektronische verwerkers bepalen die bij gegeven signalen de gewenste actie uitvoeren:
 - omzetting van analoge in digitale signalen;
 - EN/OF-poort, invertor, comparator;
 - geheugenelement, teller;
 - gehele, decimale, getallen omzetten in binaire code en omgekeerd.

Domein C: Licht en geluid

Basiskennis C0

De kandidaat heeft kennis van:

- divergente, convergente en evenwijdige lichtbundels, schaduwvorming;
- spiegelende en diffuse terugkaatsing;
- convergerende werking van een positieve lens;
- geluidssnelheid, echo;
- regelen toonhoogte snaarinstrument: invloed lengte en spanning.

Subdomein C1: Licht

15. De kandidaat kan de eigenschappen van licht analyseren en toepassen op technieken om beelden vast te leggen.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 15.1 berekeningen maken met de brekingswetten:
 - tekenen van de lichtweg;
 - hoek van inval, hoek van breking, brekingsindex;
 - grenshoek.
- 15.2 met de brekingswetten het doorgeven van licht door een glasvezelkabel en de kleurschifting in een prisma beschrijven.
- 15.3 de plaats en de grootte van het reële beeld bepalen bij het gebruik van een positieve lens door een tekening en een berekening:
 - sterkte van een lens;
 - lenzenformule en lineaire vergroting;
 - menselijk oog, nabijheidspunt, accommodatie;
 - fototoestel, overheadprojector, diaprojector.
- 15.4 uitleggen op welke wijze een vergroot beeld wordt waargenomen bij het gebruik van een loep in de situatie van een geaccommodeerd oog:
 - in een tekening de vorming van het virtuele beeld schematisch weergeven.
- 15.5 aangeven welke technieken en principes gebruikt worden om beeld en geluid vast te leggen en over te brengen: digitale techniek; magneetband en compactdisc.
- 15.6 voorbeelden noemen van toepassingen van ultrasoon geluid en laserlicht in de gezondheidszorg:
 - echografie;
 - glasvezeltechniek.
- 15.7 de volgende formules toepassen:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n, \quad \sin g = \frac{1}{n}, \quad S = \frac{1}{f}, \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v}, \quad N = \left| \frac{b}{v} \right| = \frac{\text{beeldgrootte}}{\text{voorwerp-grootte}}.$$

Subdomein C2: Trillingen en golven (CE)

16. De kandidaat kan het elektromagnetisch spectrum en de eigenschappen van trillingen en golven beschrijven en toepassen op resonantie- en interferentieverschijnselen.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 16.1 uit de uitwijking-tijd-grafiek van een mechanische of elektrische trilling de trillingstijd, frequentie, amplitude en het soort trilling (harmonisch of niet) bepalen:
 - sinusvorm;
 - cardiogram;
 - oscillogram van stemvork, trillende snaar, menselijke stem, zuivere toon.
- 16.2 het ontstaan van een harmonische trilling met een vaste eigenfrequentie uitleggen als gevolg van een krachtwerking in de richting van de evenwichtsstand, evenredig met de uitwijking:
 - slinger en massaveersysteem;
 - veerconstante.
- 16.3 de uitbreiding van geluid en licht in de vorm van lopende golven beschrijven:
 - golflengte, frequentie en golfsnelheid;
 - faseverschil, afstand en golflengte.
- 16.4 versterking en verzwakking van geluid door interferentie in verband brengen met faseverschillen.
- 16.5 het verschijnsel resonantie verklaren:
 - staande golfpatronen in snaar- en blaasinstrumenten;
 - knopen en buiken (niet het ontstaan ervan);
 - te nemen maatregelen tegen ongewenste resonanties.
- 16.6 een overzicht geven van het elektromagnetisch spectrum met voorbeelden en toepassingen:
 - golfsnelheid elektromagnetische golven in vacuüm als natuurconstante;
 - verband stralingssoort en frequentie;
 - kleuren, infrarood en ultraviolet;
 - betekenis van frequentieafspraken bij radio, TV, telecommunicatie.

16.7 de volgende formules toepassen:

$$f = \frac{1}{T}, \quad \lambda = vT, \quad v = f\lambda, \quad F_{\text{veer}} = Cu, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}, \quad \ell = n \cdot \frac{1}{2}\lambda \quad (n = 1, 2, \dots),$$
$$\ell = (2n-1) \cdot \frac{1}{4}\lambda \quad (n = 1, 2, \dots).$$

Domein D: Kracht en beweging

Subdomein D1: Beweging

De kandidaat kan bewegingen beschrijven en analyseren.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 17.1 plaats-tijd-diagrammen interpreteren:
 - snelheid bepalen met behulp van raaklijn;
 - gemiddelde snelheid;
 - in een diagram van een valbeweging met wrijving de eindsnelheid bepalen.
- 17.2 snelheid-tijd-diagrammen interpreteren:
 - verplaatsing bepalen met behulp van oppervlakte;
 - in een diagram van de vrije val de versnelling bepalen;
 - in een diagram van een valbeweging met wrijving de eindsnelheid bepalen.
- 17.3 berekeningen maken bij een vrije val vanuit rust:
 - valversnelling, valtijd, snelheid, hoogte.
- 17.4 de begrippen baansnelheid, omlooptijd en toerental toepassen bij een eenparig ronddraaiend voorwerp.
- 17.5 de grootheden noemen die een rol spelen bij het eenparig versnellen van voertuigen en hiermee gegeven problemen oplossen:
 - afgelegde weg, gemiddelde snelheid, snelheid en versnelling;
 - versnellen vanuit rust.
- 17.6 problemen over de veiligheid in het verkeer oplossen, gebruikmakend van natuurkundige begrippen en relaties:
 - remweg, reactietijd, veilige snelheid en veilige afstand;
- 17.7 de volgende formules toepassen:

$$s(t) = vt, \quad v_{\text{gem}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}, \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad s(t) = \frac{1}{2}at^2, \quad v = \frac{2\pi r}{T}.$$

Subdomein D2: Kracht, arbeid en energie

18. De kandidaat kan krachten weergeven als vectoren en bij systemen in rust of eenparige beweging de eerste wet van Newton toepassen. Tevens kan hij de tweede en derde wet van Newton, de relaties tussen de begrippen kracht, arbeid en vermogen en de wet van behoud van energie toepassen.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 18.1 de eerste wet van Newton uitleggen aan de hand van voorbeelden:
 - evenwicht van krachten;
 - systemen in rust of eenparige beweging;
 - traagheid, massa en dichtheid.
- 18.2 met de tweede wet van Newton de resulterende kracht of de versnelling berekenen:
 - zwaartekracht en valversnelling.
- 18.3 de derde wet van Newton toepassen in eenvoudige situaties.
- 18.4 krachten op een systeem weergeven als vectoren en hiermee krachten berekenen in situaties van rust en constante snelheid:
 - krachten op een voorwerp benoemen;
 - schematische vectortekening van krachten;
 - in een tekening krachten samenstellen en ontbinden;
 - de grootte berekenen; alleen bij twee onderling loodrechte componenten;
 - hellend vlak.

- 18.5 de grootheden noemen die een rol spelen bij het eenparig versnellen en vertragen van voertuigen en hiermee gegeven problemen oplossen:
- arbeid en kinetische energie;
 - aandrijfkracht;
 - wrijvingskracht: lucht-, schuif- en rolweerstand;
 - normaalkracht;
 - veiligheidsgordel, veiligheidshelm, hoofdsteun, kreukelzone, kooiconstructie, airbag en remsysteem.
- 18.6 de wet van behoud van energie toepassen onder andere bij een vrije val, verticale worp omhoog:
- arbeid door de zwaartekracht, zwaarte-energie;
 - energieomzetting, bewegingsenergie;
 - veerenergie, warmteontwikkeling bij het bereiken van de ondergrond;
 - hoogte, grootte van de beginsnelheid, grootte van de eindsnelheid.
- 18.7 berekeningen maken over kracht, arbeid en vermogen in situaties van voertuigen bij verschillende constante snelheden op een vlakke weg:
- snelheid, vermogen en energiegebruik in het verkeer;
 - verbrandingswarmte/stookwaarde van brandstoffen;
 - rendement van motoren;
 - milieu-effecten van motoren.
- 18.8 de volgende formules toepassen:

$$F_z = mg, \quad m = \rho V, \quad F_{\text{res}} = ma, \quad E_z = mgh, \quad E_k = \frac{1}{2}mv^2, \quad W = Fs, \quad W_{\text{tot}} = \Delta E_k, \quad P = \frac{\Delta E}{\Delta t}, \quad P = \frac{W}{t},$$

$$P = Fv, \quad \eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%, \quad \eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%, \quad \eta = \frac{W_{\text{uit}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%.$$

Domein E: Materie en energie

Subdomein E2: Straling en gezondheid

22. De kandidaat kan eigenschappen en ontstaan van ioniserende straling beschrijven, toepassingen daarvan verklaren en de effecten beschrijven van ioniserende straling op mens en milieu. Daarnaast kan hij de energieproductie in een kerncentrale beschrijven.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 22.1 de verschillende soorten ioniserende straling en hun eigenschappen beschrijven:
- achtergrondstraling, röntgenstraling, α -, β - en γ -straling;
 - ioniserend en doordringend vermogen;
 - detectie: GM-buis, badge.
- 22.2 eenvoudige berekeningen maken waarbij de halveringstijd een rol speelt:
- alleen bij veelvoud van de halveringstijd;
 - vervalcurve, activiteit.
- 22.3 een vervalvergelijking van een radioactieve kern opstellen als gegeven is welke straling wordt uitgezonden:
- atoomnummer, massagetal, isotoop.
- 22.4 de effecten bespreken van ioniserende straling op de mens en het milieu:
- schema: bron, straling, ontvanger;
 - bestraling en besmetting;
 - absorptie, stralingsdosis en dosisequivalent, omrekenen van eV in joule en omgekeerd;
 - stralingsnormen;
 - afwegen van risico's.
- 22.5 toepassing van ioniserende straling verklaren in industrie en techniek:
- doorstraling van voedsel;
 - materiaalonderzoek;
 - meettechniek, halveringsdikte;
 - gebruik van tracers.

- 22.6 toepassingen noemen van beschermingsmaatregelen bij het gebruik van ioniserende straling in de gezondheidszorg en techniek:
- röntgenfoto, in- en uitwendige bestraling;
 - afscherming, dracht.
- 22.7 de werking van een kerncentrale verklaren:
- reactievergelijkingen;
 - massadefect, atomaire massa-eenheid;
 - kettingreactie, kritiek zijn, verrijkt uranium;
 - veiligheidsvoorzieningen bij winning, transport, gebruik, opwerking en afval.
- 22.8 voor- en nadelen noemen van het gebruik van kernenergie op grote schaal en in de hele wereld:
- splijtstofcyclus, afvalprobleem;
 - beargumenteerde mening vormen;
 - risico's beoordelen en afwegen.
- 22.9 de volgende formules toepassen:

$$A = N + Z, \quad H = QD, \quad D = \frac{E_{\text{str}}}{m}, \quad E = mc^2.$$

Bijlage: Examenprogramma Natuurkunde havo

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A1	Vaardigheden
Domein A2	Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en techniek
Domein B	Elektrische processen
Domein C	Licht en geluid
Domein D	Kracht en beweging
Domein E	Materie en energie.

Het centraal examen

Het centraal examen heeft betrekking op de subdomeinen B1, B2, C1, C2, D1, D2 en E2, in combinatie met de vaardigheden uit domein A1.

De CEVO 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.

De CEVO stelt het aantal en de tijdsduur van de zittingen van het centraal examen vast.

De CEVO maakt indien nodig een specificatie bekend van de examenstof van het centraal examen.

Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op domein A1 en:

- de domeinen en subdomeinen waarop het centraal examen geen betrekking heeft;
- 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 A1: Vaardigheden

Subdomein A1-1: Taalvaardigheden

1. De kandidaat kan adequaat schriftelijk en mondeling communiceren over natuurwetenschappelijke onderwerpen.

Subdomein A1-2: Reken-/wiskundige vaardigheden

2. De kandidaat kan een aantal voor het vak relevante reken-/wiskundige vaardigheden toepassen om natuurwetenschappelijke problemen op te lossen.

Subdomein A1-3: Informatievaardigheden

3. De kandidaat kan, mede met behulp van ICT, informatie selecteren, verwerken, beoordelen en presenteren.

Subdomein A1-4: Technisch-instrumentele vaardigheden

4. De kandidaat kan op een verantwoorde manier omgaan met voor het vak relevante organismen en stoffen, instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen.

Subdomein A1-5: Ontwerpvaardigheden

5. De kandidaat kan een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren.

Subdomein A1-6: Onderzoekvaardigheden

6. De kandidaat kan een natuurwetenschappelijk onderzoek voorbereiden, uitvoeren, de verzamelde onderzoeksresultaten verwerken en hieruit conclusie trekken.

Subdomein A1-7: Maatschappij, studie en beroep

7. De kandidaat kan toepassingen en effecten van natuurwetenschappen en techniek in verschillende maatschappelijke situaties herkennen en benoemen. Tevens kan hij een verband leggen tussen de praktijk van verschillende beroepen en de eigen kennis, vaardigheden en attitude.

Domein A2: Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en techniek

Subdomein A2-1: Kennisvorming

8. De kandidaat kan weergeven hoe natuurwetenschappelijke kennis ontstaat, welke vragen natuurwetenschappelijke onderzoekers kunnen stellen en hoe ze aan betrouwbare antwoorden komen.

Subdomein A2-2: Toepassing van kennis

9. De kandidaat kan analyseren hoe natuurwetenschappelijke en technische kennis wordt toegepast en kan reflecteren op de wisselwerking tussen natuurwetenschap, techniek en samenleving.

Subdomein A2-3: De invloed van natuurwetenschap en techniek

10. De kandidaat kan oordelen over de betrouwbaarheid van toegepaste natuurwetenschappelijke kennis en een eigen mening over maatschappelijk-natuurwetenschappelijke vraagstukken vormen.

Domein B: Elektrische processen

Subdomein B1: Elektriciteit

11. De kandidaat kan toepassingen van het gebruik van elektriciteit beschrijven, de bijbehorende schakelingen en de onderdelen daarvan analyseren en de volgende formules toepassen:

$$I = \frac{Q}{t}, \quad U = IR, \quad U = U_1 + U_2 + \dots, \quad R_v = R_1 + R_2 + \dots, \quad I = I_1 + I_2 + \dots, \quad \frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots, \quad R = \rho \frac{\ell}{A},$$
$$P = \frac{E}{t}, \quad P = UI, \quad P = I^2 R.$$

Subdomein B2: Regelsystemen en signaalverwerking

12. De kandidaat kan een geautomatiseerd systeem ontwerpen en de werking van de componenten beschrijven.

Subdomein B3: Elektromagnetisme

13. De kandidaat kan elektromagnetische verschijnselen verklaren en ten minste de volgende formules toepassen:

$$F_L = BI\ell, \quad \eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%.$$

Subdomein B4: Opwekking en transport van elektrische energie

14. De kandidaat kan de opwekking en het transport van elektrische energie en de werking van de benodigde onderdelen uitleggen en ten minste de volgende formules toepassen:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}, \quad P_p = P_s.$$

Domein C: Licht en geluid

Subdomein C1: Licht

15. De kandidaat kan de eigenschappen van licht analyseren en toepassen op technieken om beelden vast te leggen en de volgende formules toepassen:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n, \quad \sin g = \frac{1}{n}, \quad S = \frac{1}{f}, \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v}, \quad N = \left| \frac{b}{v} \right| = \frac{\text{beeldgrootte}}{\text{voorwerpgrootte}}.$$

Subdomein C2: Trillingen en golven

16. De kandidaat kan het elektromagnetisch spectrum en de eigenschappen van trillingen en golven beschrijven en toepassen op resonantie- en interferentieverschijnselen en de volgende formules toepassen:

$$f = \frac{1}{T}, \quad \lambda = vT, \quad v = f\lambda, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}, \quad \ell = n \cdot \frac{1}{2}\lambda \quad (n = 1, 2, \dots),$$
$$\ell = (2n - 1) \cdot \frac{1}{4}\lambda \quad (n = 1, 2, \dots).$$

Domein D: Kracht en beweging

Subdomein D1: Beweging

17. De kandidaat kan bewegingen beschrijven en analyseren en de volgende formules toepassen:

$$s(t) = vt, \quad v_{\text{gem}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}, \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad s(t) = \frac{1}{2}at^2, \quad v = \frac{2\pi r}{T}.$$

Subdomein D2: Kracht, arbeid en energie

18. De kandidaat kan krachten weergeven als vectoren en bij systemen in rust of eenparige beweging de eerste wet van Newton toepassen. Tevens kan hij de tweede en derde wet van Newton, de relaties tussen de begrippen kracht, arbeid en vermogen, de wet van behoud van energie en de volgende formules toepassen:

$$F_z = mg, \quad m = \rho V, \quad F_{\text{res}} = ma, \quad E_z = mgh, \quad E_k = \frac{1}{2}mv^2, \quad W = Fs, \quad W_{\text{tot}} = \Delta E_k, \quad P = \frac{\Delta E}{\Delta t}, \quad P = \frac{W}{t},$$
$$P = Fv, \quad \eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%, \quad \eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%, \quad \eta = \frac{W_{\text{uit}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%.$$

Subdomein D3: Versnellen en vertragen

19. *Verplaatst*

Subdomein D4: Cirkelbeweging

20. *Vervallen*

Domein E: Materie en energie

Subdomein E1: Materie en energie

21. De kandidaat kan eigenschappen van materie en energie beschrijven en met behulp van modellen verklaren en ten minste de volgende formules toepassen:

$$Q = cm\Delta T, \quad Q = C\Delta T.$$

Subdomein E2: Straling en gezondheid

22. De kandidaat kan eigenschappen en ontstaan van ioniserende straling beschrijven, toepassingen daarvan verklaren en de effecten beschrijven van ioniserende straling op mens en milieu.

Daarnaast kan hij de energieproductie in een kerncentrale beschrijven en de volgende formule toepassen:

$$A = N + Z, \quad H = QD, \quad D = \frac{E_{\text{str}}}{m}, \quad E = mc^2.$$

Subdomein E3: Kernenergie en techniek

23. *Vervallen*