

Examenprogramma natuurkunde havo/vwo

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: Onderzoeksvaardigheden

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:

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

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:

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

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:

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

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}, \quad P = \frac{W}{t}, \quad P = Fv, \quad \eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%, \quad \eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%,$$

$$\eta = \frac{W_{\text{uit}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%.$$

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*

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	Elektriciteit en magnetisme
Domein C	Mechanica
Domein D	Warmteleer
Domein E	Golven en straling.

Het centraal examen

Het centraal examen heeft betrekking op de subdomeinen B1, B3, C1, C2, C3, C4, E1, E2 en E4, in combinatie met de daarbij behorende vaardigheden uit domein A.

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 A 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 A: Vaardigheden

Subdomein A1: Taalvaardigheden

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

Subdomein A2: Reken-/wiskundige vaardigheden

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

Subdomein A3: Informatievaardigheden

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

Subdomein A4: 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 A5: Ontwerpvaardigheden

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

Subdomein A6: Onderzoeksvaardigheden

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

Subdomein A7: 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 B: Elektriciteit en magnetisme

Subdomein B1: Elektrische stroom

8. De kandidaat kan elektrische schakelingen ontwerpen en analyseren en de volgende formules toepassen:

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

Subdomein B2: Signaalverwerking

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

Subdomein B3: Elektromagnetisme

10. De kandidaat kan elektrische en magnetische velden beschrijven, elektromagnetische verschijnselen verklaren en analyseren en de volgende formules toepassen:

$$F_{el} = qE, \quad \Delta E_k = qU, \quad F_L = BI\ell, \quad F_L = Bqv, \quad B = \mu_0 \frac{NI}{\ell}.$$

Subdomein B4: Inductie en wisselstromen

11. De kandidaat kan het principe van elektromagnetische inductie toepassen, het gedrag van wisselspanningen en -stromen beschrijven en analyseren en ten minste de volgende formules toepassen:

$$\Phi = B_n A, \quad U_{ind} = N \frac{|\Delta \Phi|}{\Delta t}, \quad \frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}, \quad P_p = P_s, \quad U(t) = U_{max} \sin(2\pi ft),$$

$$I(t) = I_{max} \sin(2\pi ft),$$

$$U_{eff} = \frac{1}{2} \sqrt{2} U_{max}, \quad I_{eff} = \frac{1}{2} \sqrt{2} I_{max}, \quad \eta = \frac{P_{nuttig}}{P_{in}} \cdot 100\%, .$$

Domein C: Mechanica

Subdomein C1: Rechtlĳnige beweging

12. De kandidaat kan rechtlĳnige bewegingen beschrijven en analyseren en ten minste de volgende formules toepassen:

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

Subdomein C2: Kracht en moment

13. De kandidaat kan krachten weergeven als vectoren en de eerste, tweede en derde wet van Newton en de volgende formules toepassen:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}, \quad F_z = mg, \quad M = Fr, \quad F_{\text{veer}} = Cu.$$

Subdomein C3: Arbeid en energie

14. De kandidaat kan het begrip arbeid bij energieomzettingen en de wet van behoud van energie toepassen, het rendement van energieomzettingen bepalen en de volgende formules toepassen:

$$W = Fs \cos \alpha, \quad W_{\text{tot}} = \Delta E_k, \quad P = \frac{\Delta E}{t} = \frac{W}{t} = Fv, \quad E_k = \frac{1}{2}mv^2, \\ E_z = mgh, \quad E_{\text{veer}} = \frac{1}{2}Cu^2, \quad \eta = \frac{W_{\text{uit}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%.$$

Subdomein C4: Kromlijĳnige beweging

15. De kandidaat kan de kenmerken van een eenparige cirkelbaan beschrijven en de daarbij optredende krachten analyseren, de beweging van voorwerpen in een gravitatieveld beschrijven en modelleren en de volgende formules toepassen:

$$x(t) = v_x t \text{ en } y(t) = \frac{1}{2}gt^2, \quad s(t) = \varphi(t)r \text{ met } \varphi(t) \text{ in rad, } \varphi(t) = \omega t, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \\ v = \omega r, \quad a_{\text{mpz}} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r, \quad F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r, \quad F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

Domein D: Warmteleer

Subdomein D1: Gas en vloeistof

16. De kandidaat kan macroscopische verschijnselen verklaren aan de hand van de eigenschappen en wisselwerking van moleculen en de algemene gaswet en ten minste de volgende formules toepassen:

$$p = \frac{F}{A}, \quad T_{\text{kelvin}} = T_{\text{celsius}} + 273,15, \quad \frac{pV}{T} = nR = \text{constant}.$$

Subdomein D2: Thermische processen

17. De kandidaat kan de hoeveelheid warmte berekenen die bij verwarming en afkoeling tussen systemen wordt uitgewisseld, de vormen van energietransport bij warmte beschrijven en ten minste de volgende formules toepassen:

$$Q = cm\Delta T, \quad Q = C\Delta T, \quad \eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%.$$

Domein E: Golven en straling

Subdomein E1: Trilling en golf

18. De kandidaat kan golf- en trillingsverschijnselen beschrijven en analyseren, resonantie- en interferentieverschijnselen verklaren en de volgende formules toepassen:

$$f = \frac{1}{T}, \quad u(t) = A \sin(2\pi ft), \quad v_{\max} = \frac{2\pi A}{T}, \quad \Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T}, \quad F_v = -Cu,$$

$$E_{\max} = \frac{1}{2}CA^2 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}, \quad \lambda = vT, \quad \Delta\varphi = \frac{\Delta x}{\lambda},$$

$$\ell = n \cdot \frac{1}{2}\lambda \quad (n = 1, 2, \dots), \quad \ell = (2n - 1) \cdot \frac{1}{4}\lambda \quad (n = 1, 2, \dots).$$

Subdomein E2: Licht

19. De kandidaat kan de eigenschappen van licht en toepassingen daarvan beschrijven en analyseren en de volgende formules toepassen:

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

$$\sin \alpha = \frac{n\lambda}{d} \quad (n = 1, 2, \dots).$$

Subdomein E3: Elektromagnetisch spectrum

20. De kandidaat kan het elektromagnetisch spectrum en toepassingen daarvan beschrijven, absorptie en emissie van licht in verband brengen met de spectraallijnen van atomen, het foto-elektrisch effect en de golf-deeltje dualiteit toelichten en ten minste de volgende formule toepassen:

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda}, \quad \Delta E = hf.$$

Subdomein E4: Radioactiviteit

21. 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 kernreacties beschrijven, de werking van een kerncentrale bespreken en ten minste de volgende formules toepassen:

$$A = N + Z, \quad N(t) = N(0) \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}, \quad A(t) = \frac{-\Delta N(t)}{\Delta t}, \quad I(x) = I(0) \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{x}{d_{1/2}}}, \quad E = mc^2.$$

Domein F: Moderne fysica

Subdomein F1: Atoomfysica

22. *Vervallen. (Kwalitatief toegevoegd aan E3.)*

Subdomein F2: Kernfysica

23. *Vervallen. (Gedeeltelijk toegevoegd aan E4.)*

Subdomein F3: Astrofysica

24. *Vervallen.*