

Leerstof voortentamen natuurkunde

Opmerkingen:

Uit de keuze onderwerpen is het volgende toegevoegd:

- *B3 Optica is toegevoegd (wordt behandeld in: Systematische Natuurkunde katern D)*
- *F Oog (deze leerstof wordt behandeld in Systematische Natuurkunde katern B: hoofdstukken B4 t/m B7)*
- *E2 Gassen (deze leerstof wordt behandeld in Systematische Natuurkunde katern C: hoofdstukken C1 en C2)*
- *G2 Technische automatisering is toegevoegd (deze leerstof wordt behandeld in leerstof Systematische Natuurkunde katern A)*
- *De gaswetten en momenten zijn toegevoegd : via E2 Aarde en klimaat en domein F menselijk lichaam*

Domein I is vervallen omdat het zich niet goed leent voor een schriftelijk examen.

In dit document wordt de leerstof beschreven van het programma van het voortentamen natuurkunde op havo niveau te beginnen met het voortentamen van april 2017

Deze specificatie is gebaseerd op de eindtermen van het programma voor het Centraal Examen en het Schoolexamen zoals dat in het middelbaar onderwijs op de havo wordt afgenomen voor het vak natuurkunde vanaf mei 2016.

Indien de leerstof voor het voortentamen natuurkunde op havo-niveau op enig moment afwijkt van de leerstof van het op dat moment geldende programma van het Centraal Examen of Schoolexamen geldt altijd het hieronder weergegeven programma.

datum: 2 maart 2018

1. Het voortentamen natuurkunde

Het voortentamen bestaat uit een schriftelijk examen.

Het voortentamen wordt afgenomen in een zitting van 3 uur.

De leerstof bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A - Vaardigheden

Domein B - Beeld- en geluidstechniek

Domein C - Beweging en energie

Domein D - Materialen

Domein E - Aarde en heelal

Domein F - Menselijk lichaam

Domein G - Meten en regelen

Domein H - Natuurkunde en technologie

(Domein I - Onderzoek en ontwerp is vervallen omdat het zich niet goed leent voor een schriftelijk examen).

Het voortentamen natuurkunde heeft betrekking op de domeinen B tot en met H in combinatie met de vaardigheden uit domein A met uitzondering van die onderdelen die zich naar hun aard niet lenen voor schriftelijke examinering, waaronder vaardigheden die uitdrukkelijk een computer als werkstation vereisen.

Voor voorbeelden van examenvragen wordt verwezen naar de voorbeeldtentamens op de website en naar de schriftelijke examens uit het verleden. Het type vragen kan enigszins afwijken van de vragen op basis van de huidige interpretatie van de eindtermen door de CEVO; het accent bij de voortentamens ligt meer op het doen van berekeningen.

In de hierna volgende specificatie van de leerstof voor het voortentamen natuurkunde zijn aangegeven:

- de domeinen en subdomeinen die getoetst worden;
- per subdomein één geglobaliseerde eindterm;
- een specificatie van de geglobaliseerde eindtermen waar nodig aangevuld met voorbeeldcontexten en deelconcepten.

De genoemde voorbeeldcontexten zijn “minimaal” bedoeld; het is uitdrukkelijk niet bedoeld als een uitsluiting van andere mogelijke voorbeeldcontexten.

Als in deze leerstoflijst sprake is van een eenvoudige berekening, wordt een berekening met maximaal twee denkstappen bedoeld.

2. De leerstof van het voortentamen

Domein A. Vaardigheden

De vaardigheden zijn onderverdeeld in drie categorieën:

Subdomeinen A1 t/m A4: Algemene vaardigheden;

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

Subdomeinen A10 t/m A15: Natuurkunde specifieke vaardigheden.

Subdomein A1 - Informatievaardigheden gebruiken

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

Subdomein A2 - Communiceren

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

Subdomein A3 - Reflecteren op leren

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

Subdomein A4 - Studie en beroep

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.

Subdomein A5 - Onderzoeken

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

Specificatie:

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

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

Subdomein A6 - Ontwerpen

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

Specificatie:

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

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

Subdomein A7 - Modelvorming

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

Specificatie:

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

1. relevante grootheden en relaties in een probleemsituatie identificeren en selecteren;
2. door het doen van aannamen en het maken van vereenvoudigingen een natuurwetenschappelijk probleem inperken tot een onderzoekbare vraagstelling;
3. bij een natuurwetenschappelijk probleem een model selecteren dat geschikt is om het probleem te bestuderen;
4. een beargumenteerde schatting maken voor parameterwaarden van een model op basis van gegevens;
5. toetsbare verwachtingen formuleren over het gedrag van een model;
6. een model met een geschikte tijdstap doorrekenen;
7. een model evalueren op basis van uitkomsten, verwachtingen en (meet)gegevens;
8. een modelstudie presenteren.

Subdomein A8 - Natuurwetenschappelijk instrumentarium

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 (zoals o.a. beschreven in subdomein A12).

Specificatie:

De kandidaat kan:

1. informatie verwerven en selecteren uit schriftelijke, mondelinge en audiovisuele bronnen mede met behulp van ICT:
 - gegevens halen uit grafieken, tabellen, tekeningen, simulaties, schema's en diagrammen;
 - grootheden, eenheden, symbolen, formules en gegevens opzoeken in geschikte tabellen;
2. informatie, gegevens en meetresultaten analyseren, weergeven en structureren in grafieken, tekeningen, schema's, diagrammen en tabellen mede met behulp van ICT;
3. uitleggen wat bedoeld wordt met de significantie van meetwaarden en uitkomsten van berekeningen weergeven in het juiste aantal significante cijfers:
 - bij het optellen en aftrekken van meetwaarden wordt de uitkomst gegeven met evenveel decimalen als de gegeven meetwaarde met het kleinste aantal

- decimalen;
 - bij het delen en vermenigvuldigen wordt de uitkomst gegeven in evenveel significante cijfers als de gegeven meetwaarde met het kleinste aantal significante cijfers;
 - gehele getallen die verkregen zijn door discrete objecten te tellen, vallen niet onder de regels van significante cijfers. Dit geldt ook voor wiskundige constanten en geldbedragen;
4. aangeven met welke technieken en apparaten de belangrijkste grootheden uit de natuurwetenschappen worden gemeten;
 5. verantwoord omgaan met materialen, instrumenten, organismen en milieu.

Subdomein A9 - Waarderen en oordelen

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

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

Subdomein A10 - Kennisontwikkeling en -toepassing

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

Subdomein A11 - Technisch-instrumentele vaardigheden

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

1. gebruik maken van kennis over materialen, meetinstrumenten en apparaten voor het uitvoeren van experimenten en technisch ontwerpen met betrekking tot de in de domeinen genoemde vakinhoud,
 - in elk geval de volgende materialen, meetinstrumenten en apparaten:
 - meetlint, maatglas, stopwatch en weegschaal;
 - stemvork, toongenerator, luidspreker, microfoon, oscilloscoop, GM-teller;
 - krachtmeter, hefboom, luchtkussenbaan, stroboscoop;
 - (vloeistof)thermometer, joulemeter, veer;
 - voedingsapparaat, regelbare weerstand;
2. gebruik maken van kennis over ICT-toepassingen voor het uitvoeren van experimenten met betrekking tot de in de domeinen genoemde vakinhoud,
 - in elk geval de volgende toepassingen:
 - computer met sensoren, lichtpoortje;
 - videometen, meetprogrammatuur;
 - programmatuur voor het verwerken en analyseren van meetgegevens.

Subdomein A12 - Rekenkundige en wiskundige vaardigheden

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

probleemsituaties.

Specificatie:

De kandidaat kan:

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

Subdomein A13 - Vaktaal

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

Subdomein A14 - Vakspecifiek gebruik van de computer

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

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

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

Domein B - Beeld- en geluidstechniek

Bekend verondersteld:

De kandidaat kent:

- de volgende verschijnselen:
 - geluid;
 - echo;
- de volgende verbanden:
 - het verband tussen de amplitude van een oscillogram en de geluidssterkte van de geregistreerde toon;
 - het verband tussen de frequentie van een oscillogram en de toonhoogte van de geregistreerde toon.

Subdomein B1 - Informatieoverdracht

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

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

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$f = \frac{1}{T} \quad v = f \lambda \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}$$

Subdomein B2 - Medische beeldvorming

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 bepalen uit een (N,t)-diagram en de

- gemiddelde activiteit berekenen;
 - de vergelijking opstellen van een vervalreactie;
 - vakbegrippen: stralingsbron, radioactief verval, isotoop, kern, proton, neutron, elektron, atomaire massa-eenheid, ioniserend en doordringend vermogen, dracht, röntgenstraling, α -, β - en γ -straling, kosmische straling, achtergrondstraling, bestraling, besmetting, effectieve totale lichaamsdosis in relatie tot stralingsbeschermingsnormen, dosimeter, MeV;
 - minimaal in de contexten: nucleaire diagnostische geneeskunde, stralingsbescherming;
3. problemen oplossen waarbij de halveringstijd of halveringsdikte een rol speelt,
- berekeningen maken alleen bij een geheel aantal halveringstijden of halveringsdiktes;
 - vakbegrippen: doorlaatkromme, vervalcurve;
 - 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,
- beeldvormingstechnieken: röntgenopname, CT-scan, MRI-scan, echografie en nucleaire diagnostiek;
 - natuurkundige achtergronden: halveringsdikte van menselijke weefsels, magnetisch veld en resonantie, ultrasone geluidsgolf, geluidssnelheid in menselijke weefsels, absorptie, transmissie, terugkaatsing, tracer.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

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

$$A = -\frac{dN}{dt} \quad \text{van de raaklijn} \quad A_{\text{gem}} = -\frac{dN}{dt}$$

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

$$A(t) = A(0) \cdot \frac{1}{2}^{\frac{t}{t_{1/2}}} \quad \text{met } n = \frac{t}{t_{1/2}} \text{ alleen als } n \text{ een geheel getal is}$$

$$N(t) = N(0) \cdot \frac{1}{2}^{\frac{t}{t_{1/2}}} \quad \text{met } n = \frac{t}{t_{1/2}} \text{ alleen als } n \text{ een geheel getal is}$$

$$I(x) = I(0) \cdot \frac{1}{2}^{\frac{x}{d_{1/2}}} \quad \text{met } n = \frac{x}{d_{1/2}} \text{ alleen als } n \text{ een geheel getal is}$$

Subdomein B3 - Optica

De kandidaat kan aan de hand van toepassingen van geometrische optica en golfoptica eigenschappen van licht beschrijven en analyseren. De kandidaat kan de eigenschappen van licht analyseren en toepassen op technieken om beelden vast te leggen.

vakbegrippen:

geometrische optica: breking, spiegelen, brekingsindex, grenshoek, dispersie, beeldvorming, vergroting, lenssterkte;

golfoptica: frequentie, golflengte, golfsnelheid, interferentie, buiging, tralie, staande golven.

De kandidaat heeft kennis van:

- divergente, convergente en evenwijdige lichtbundels, schaduwvorming;
- spiegelende en diffuse terugkaatsing;
- convergerende werking van een positieve lens;
- de werking van het oog: bouw van het oog, accommoderen, vertepunt, nabijheidspunt, oogafwijkingen (verziend, bijziend, oudziend);

Specificatie

De kandidaat kan:

- 1 berekeningen maken met de brekingswetten:
 - tekenen van de lichtweg;
 - hoek van inval, hoek van breking, brekingsindex;
 - grenshoek.
- 2 met de brekingswetten het doorgeven van licht door een glasvezelkabel en de kleurschifting in een prisma beschrijven.
- 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;
 - foto toestel, overheadprojector, diaprojector.
- 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.
- 5 aangeven welke technieken en principes gebruikt worden om beeld en geluid vast te leggen en over te brengen: digitale techniek; magneetband en compactdisc.
- 6 voorbeelden noemen van toepassingen van ultrasoon geluid en laserlicht in de gezondheidszorg:
 - echografie;
 - glasvezeltechniek.

de volgende formules toepassen:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \quad \sin g = \frac{1}{n}$$

$$S = \frac{1}{f} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v} \quad N = \left| \frac{b}{v} \right| = \frac{\text{beeldgrootte}}{\text{voorwerp-grootte}}$$

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

contexten:

fototoestel, telescoop, projector (beamer), microscoop, glasvezelkabel, menselijk oog, technieken om beeld en geluid over te brengen of vast te leggen, laser.

Domein C - Beweging en energie

Bekend verondersteld:

De kandidaat kent:

- het volgende vakbegrip:
 - energieopslag.

Subdomein C1 - Kracht en beweging

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

1. berekeningen maken aan eenparige rechtlijnige bewegingen;
2. eigenschappen van bewegingen bepalen aan de hand van plaats-tijddiagrammen en snelheid-tijddiagrammen:
 - de volgende bewegingen herkennen: eenparige rechtlijnige beweging, eenparig versnelde of vertraagde beweging, vrije val, valbeweging met wrijving;
 - uit een (x,t)-diagram de gemiddelde snelheid bepalen;
 - uit een (x,t)-diagram de snelheid op een bepaald moment bepalen, zo nodig met behulp van een raaklijn;
 - uit een (v,t)-diagram de (val)versnelling op een bepaald moment bepalen, zo nodig met behulp van een raaklijn;
 - uit een (v,t)-diagram de verplaatsing en de gemiddelde snelheid bepalen met behulp van de oppervlakte onder de kromme;
3. krachten op een systeem aan de hand van een vectortekening analyseren, waaronder het samenstellen van en ontbinden in componenten met behulp van een parallellogram en het bepalen van de grootte en/of richting van krachten uit een vectortekening,
 - krachten: zwaartekracht, schuifwrijvingskracht, rolweerstandskracht, luchtweerstandskracht, normaalkracht, spankracht, spierkracht, veerkracht;
4. de eerste wet van Newton uitleggen en toepassen;
5. de tweede wet van Newton uitleggen en toepassen;
6. de hefboomwet toepassen op stilstaande voorwerpen waarop twee krachten werken, waarvan de werklijnen niet door het draaipunt gaan,
 - vakbegrippen: zwaartepunt, aangrijpingspunt, werklijn, arm;
 - minimaal in de context: menselijk lichaam.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

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

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{van raaklijn} \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{van raaklijn}$$

$$F_z = mg \quad F_v = Cu \quad F_{\text{res}} = ma \quad F_1 r_1 = F_2 r_2$$

Subdomein C2 - Energieomzettingen

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

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

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$W = F s$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{W}{t} = F v$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad E_z = m g h \quad E_{ch} = r_v V \quad E_{ch} = r_m m$$

$$W_{tot} = \Delta E_k \quad E_{tot,erin} = E_{tot,eruit}$$

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

Domein D - Materialen

Bekend verondersteld:

De kandidaat kan:

- eenvoudige berekeningen maken met de volgende formule:

De kandidaat kent: $\rho = \frac{m}{V}$

- de volgende vakbegrippen:
 - molecuul, atoom.

Subdomein D1 - Eigenschappen van stoffen en materialen

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

1. het moleculaire model van materie gebruiken bij het verklaren van fasen en faseovergangen,
 - vakbegrippen: gas, vloeistof, vaste stof, smelten, stollen, verdampen, condenseren, sublimeren;
2. warmtetransport verklaren met behulp van materiemodellen,
 - het verband tussen de warmtestroom en de thermische geleidbaarheid van een stof uitleggen en eenvoudige berekeningen aan de warmtestroom maken. (Onder warmtestroom wordt verstaan: de hoeveelheid warmte die per tijdseenheid door een wand gaat. Hierbij mag de invloed van de luchtlagen aan weerszijden van de wand verwaarloosd worden.);
 - vakbegrippen: geleiding, stroming, straling;
 - minimaal in de context: energiebesparing door isolatie;
3. temperatuurveranderingen van een stof beschrijven als gevolg van het toe- of afvoeren van warmte,
 - temperatuur beschrijven in termen van beweging van deeltjes en uitleggen dat er een absoluut nulpunt bestaat;
 - soortelijke warmte als stoffeigenschap;
 - omrekenen van graden celcius naar kelvin en omgekeerd;
4. het verband tussen de dichtheid en de soortelijke warmte bij metalen beschrijven en verklaren,
 - vakbegrip: atomaire massa;

5. het verband tussen de warmtegeleiding en elektrische geleiding bij metalen beschrijven en verklaren,
 - vakbegrip: geleidingselectron;
6. spanning-rekdiagrammen interpreteren in termen van elastische en plastische vervorming en berekeningen maken aan elastische vervormingen,
 - vakbegrip: treksterkte.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$Q = c m \Delta T \quad P = \lambda A \frac{\Delta T}{d} \quad \sigma = \frac{F}{A} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Subdomein D2 - Functionele materialen

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

Vakbegrippen:

(soortelijke) warmte, warmtetransport, elektrische en warmtegeleiding, absorptie en emissie van licht, stevigheid, hardheid, rek- en drukkracht, opbouw en structuur.

Contexten:

nano-materialen, biomaterialen voor toepassingen bij implantaten/prothesen, nieuwe materialen voor het maken van beelden: lcd, led-tv's, nieuwe materialen zoals coatings (voor schepen, voor kleding, voor muren en vensters); ontwikkeling van nieuwe producten zoals: zonnecellen, chips (nanochips, geheugenchips, pic's), 'smart-materials'.

Domein E - Aarde en heelal

Subdomein E1 - Zonnestelsel en heelal

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

1. de structuur van het zonnestelsel beschrijven,
 - waarnemingen van maanfasen en de hemelbaan van zon, maan en sterren interpreteren;
 - vakbegrippen: planeet, komeet, meteoriet;
2. cirkelbewegingen met constante baansnelheid analyseren,
 - berekeningen maken aan de middelpuntzoekende kracht alleen in situaties waarin slechts één kracht de rol van middelpuntzoekende kracht heeft;
 - vakbegrippen: omlooptijd, baanstraal, baansnelheid;
3. de baan van planeten om de zon en van maan en satellieten om de aarde analyseren met behulp van de gravitatiekracht,
 - uitleggen hoe de valversnelling aan het planeetoppervlak afhangt van de massa en de straal van de planeet;
 - vakbegrippen: ellipsbaan, geostationaire baan;
4. de verschillen tussen het heliocentrisch en het geocentrisch wereldbeeld benoemen en daarbij aangeven wat de invloed van deze verandering van het wereldbeeld op het menselijk denken is geweest;
5. het ontstaan, de structuur en de ontwikkeling van het heelal beschrijven,
 - uitleggen hoe de afstand van een ster tot de waarnemer en de tijd tussen uitzenden en waarnemen van het licht van de ster met elkaar samenhangen;

- structuren: cluster, sterrenstelsel, planetenstelsel;
 - vakbegrippen: oerknal, uitdijend heelal, lichtsnelheid, lichtjaar, Melkweg, zonnestelsel;
6. beschrijven hoe in het totale spectrum van elektromagnetische straling waarnemingen aan het heelal worden verricht vanaf de aarde en vanuit de ruimte en dat een deel van die elektromagnetische straling afkomstig is van de warmtestraling van de zon en andere sterren,
- de verschillende onderdelen van het elektromagnetisch spectrum en de eigenschappen van deze stralingssoorten beschrijven: gammastraling, röntgenstraling, ultraviolet, (zichtbaar) licht, infrarood, radiogolven, microgolven;
 - de wet van Wien gebruiken;
 - instrumenten: optische telescoop, radiotelescoop, ruimtetelescoop.
- De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$F_g = G \frac{mM}{r^2} \quad F_{mpz} = \frac{mv^2}{r} \quad v = \frac{2\pi r}{T} \quad \lambda_{\max} T = k_w$$

Onderdelen uit Subdomein E2 - Aarde en klimaat en Domein F - Menselijk lichaam

De kandidaat kan fysische verschijnselen en processen beschrijven, analyseren en verklaren. specificatie:

De kandidaat kan:

1. het moleculaire model van materie gebruiken bij het verklaren van fasen en faseovergangen,
 - vakbegrippen: gas, vloeistof, vaste stof, smelten, stollen, verdampen, condenseren, sublimeren;
2. macroscopische verschijnselen in stoffen verklaren aan de hand van de eigenschappen van moleculen en hun wisselwerking:
 - ideale en reële gassen;
 - vloeistoffen, vaste stoffen;
 - fase en faseovergangen;
 - kinetische opvatting van druk, inwendige energie en temperatuur.
3. beschrijven hoe druk wordt gemeten en hoe drukverschillen stroming kunnen veroorzaken:
 - manometer, barometer, bloeddrukmeter;
 - overdruk, onderdruk.
4. de algemene gaswet voor een ideaal gas toepassen:
 - absolute temperatuurschaal;
 - berekenen van druk, volume of temperatuur;
 - diagram van druk en volume;
 - diagram van druk en temperatuur.
5. De kandidaat kan de hoeveelheid warmte berekenen die bij verwarming en afkoeling tussen systemen wordt uitgewisseld, de vormen van energietransport bij warmte beschrijven.
 - vakbegrippen: warmtehuishouding: warmtegeleiding, warmtestroom, verdampingswarmte, verbrandingswarmte, soortelijke warmte, warmtecapaciteit.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$T_{\text{Kelvin}} = T_{\text{Celsius}} + 273 \quad \rho = \frac{m}{V}$$

$$P = \frac{F}{A} \quad \frac{P \cdot V}{T} = n \cdot R$$

De kandidaat kan krachten weergeven als vectoren en de eerste, tweede en derde wet van Newton en de momentenwet toepassen.

5. krachten op een systeem weergeven als vectoren:
 - aangrijpingspunt, drager/ werklijn;
 - samenstellen in parallellogram;
 - ontbinding langs twee onderling loodrechte assen;
 - berekenen van de grootte van de componenten.
6. de eerste wet van Newton uitleggen aan de hand van voorbeelden:
 - traagheid bij snelheidsverandering;
 - evenwicht van krachten bij constante snelheid.
7. met de tweede wet van Newton de resulterende kracht of de versnelling berekenen:
 - definitie eenheid van kracht;
 - massa, dichtheid en zwaartekracht.
8. krachtwetten toepassen:
 - actiekracht en reactiekracht op verschillende lichamen aanwijzen, derde wet van Newton;
 - normaalkracht;
 - krachten op lichamen op een hellend vlak;
 - spankracht, wrijvingskracht en veerkracht.
9. de werking van hefboomen uitleggen:
 - toepassing van momenten;
 - vergelijking van de arbeid van de uitgeoefende krachten.
10. met de hefboomwet krachten berekenen:
 - zwaartepunt als aangrijpingspunt van de zwaartekracht;
 - hef- en hijswerktuigen, tandwielen, katrol, V-snaren.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a} \quad F_z = mg$$

$$M = Fr \quad \Sigma M = 0 \quad m = \rho V$$

Domein G - Meten en regelen

Bekend verondersteld:

De kandidaat kan:

- schakelschema's tekenen en interpreteren.

De kandidaat kent:

- de volgende vakbegrippen:
 - geleider, isolator.

Subdomein G1 - Gebruik van elektriciteit

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

1. het verschijnsel elektrische stroom uitleggen als verplaatsing van lading ten gevolge van een aangelegde spanning,
 - de definities van stroomsterkte en soortelijke weerstand gebruiken;
 - vakbegrippen: vrij elektron, ion, afstotende en aantrekkende elektrische kracht,

- spanningsbron;
2. stroomkringen analyseren en daarbij voor serie- en parallelschakelingen van weerstanden berekeningen maken over spanning, stroomsterkte, weerstand en geleidbaarheid,
 - 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;
 - vakbegrippen: stroomdeling, spanningsdeling, kortsluiting;
 3. het vermogen en het rendement van energieomzettingen in een elektrische stroomkring analyseren,
 - berekeningen aan elektrische energie in joule en in kilowattuur;
 - minimaal in de contexten: lichtbronnen en apparaten in huis (gloeilamp, spaarlamp, LED, elektromotor, verwarmingselement en kWh-meter), energiegebruik, energiebesparing;
 4. de energie-omzetting bij verschillende opwekkingsvormen van elektriciteit beschrijven, en deze opwekkingsvormen vergelijken ten aanzien van duurzaamheid en energiedichtheid,
 - opwekkingsvormen: kerncentrale, conventionele (fossiele brandstof) centrale, waterkrachtcentrale, zonnecel, waterstofcel, windturbine;
 - apparaat: generator;
 5. verschillende vormen van transport en opslag van elektriciteit beschrijven,
 - opslagvormen: batterij, accu, waterstofcel;
 - apparaat: transformator;
 - Vakbegrip: capaciteit.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$G = \frac{1}{R} \quad I = \frac{Q}{t} \quad I = GU \quad U = IR$$

voor een punt in een schakeling: $\Sigma I_i = 0$

voor een stroomkring: $\Sigma U_i = 0$

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

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

$$P = UI \quad E = Pt \quad \eta = \frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}}$$

Subdomein G2 - Technische automatisering

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

Specificatie

De kandidaat kan:

- 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.
- 2 het bereik, de gevoeligheid en de nauwkeurigheid van een sensor experimenteel of op grond van gegevens bepalen.
 - 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.

Vakbegrippen:

meet-, stuur- en regelsystemen, verschillende sensoren en de werking daarvan, gevoeligheid, bereik, verschillende verwerkers en actuatoren, terugkoppeling, analoge en digitale signalen, binair tellen.

Contexten:

meet- en regeltechniek rond en in het huis, sturing van robots, sturing van productielijnen.

Domein H - Natuurkunde en technologie

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

Specificatie:

De kandidaat kan:

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